

PROSIDING

Sinaltsub III

Seminar Ilmiah Nasional Teknik Sipil

Universitas Bosowa

*Geoteknik Dalam Pembangunan
Infrastruktur Berkelanjutan*





KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS BOSOWA
Nomor : 568/01/Unibos/III/2022

TENTANG

PANITIA SEMINAR NASIONAL SINALTSUB III PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA
REKTOR UNIVERSITAS BOSOWA,

- Menimbang : bahwa untuk kelancaran pelaksanaan Seminar Nasional Sinaltsub III Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa, dipandang perlu membentuk kepanitiaan yang ditetapkan dengan Keputusan Rektor;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan;
5. Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia;
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 62 Tahun 2016 tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan Tinggi;
7. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
8. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 232/U/2000 tentang Pedoman Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Penilaian Hasil Belajar Mahasiswa;
9. Statuta Universitas Bosowa Tahun 2022;
10. Peraturan Akademik Universitas Bosowa Tahun 2021.
- Memperhatikan : Surat Usulan Dekan Fakultas Teknik Nomor : A.593/FT/Unibos/III/2022 Perihal Permohonan SK Panitia Seminar SINALTSUB III, tertanggal 21 Maret 2022.

MEMUTUSKAN;

- Menetapkan Kesatu : Membentuk panitia pelaksana dalam kegiatan Seminar Nasional SINALTSUB III Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dengan susunan keanggotaan sebagaimana tersebut dalam lampiran keputusan ini;
- Kedua : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan di dalamnya akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 23 Maret 2022

Rektor,

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng.
NIP. 19540910 198303 1 003

Tembusan :

1. Ketua BPH Yayasan Aksa Mahmud;
2. Para Wakil Rektor dan Sekretaris Universitas;
3. Dekan Fakultas Teknik;
4. Masing-masing yang bersangkutan;
5. Arsip.

Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Bosowa
Nomor : 568/01/Unibos/III/2022
Tanggal : 23 Maret 2022
Tentang : PANITIA SEMINAR NASIONAL SINALTSUB III PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Pelindung : Ketua BPH Yayasan Aksa Mahmud
Penanggung Jawab : Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng.

Pengarah : Ir. Baharuddin, M.Si., Ph.D.
: Dr. Mas'ud Muhammadiyah, M.Si.
: Dr. Abd. Haris Hamid, S.H., M.H.
: Dr. Ir. Hj. Hadijah, M.Si.
: Dr. Ridwan, S.T., M.T.

Penanggung Jawab : Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
Ketua Pelaksana : Dr. Ahmad Yauri Yunus, M.T.
Wakil Ketua : Dr. Suryani Syahrir, M.T.
Bendahara : Ir. Nur Hadijah Yuniarti, S.T., M.T.

Bidang Sekertariat/Perlengkapan : Ir. Tamrin Mallawangeng, M.T.
: Ir. Eka Yuniarto, S.T., M.T.
: Ir. Arman Setiawan, S.T., M.T.
Ali Baba
Marlina Alwi, ST.
Andi Asyraf
Muh. Akil Al faraby
Anjas Surya Pratama
Ical Mahendra
Syamsul Rijal
Ince Ersah Rayyan
Yusril Febrian
Muh. Rizaldi
Satria Nabila

Bidang Acara : Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si.
: Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, M.T.
: Ir. Abd. Rahim Nurdin, M.T.
Patta Haji, SH.
Faisal
Wanda Mey Fastika
Riska
Salsa
Nurul Insani Suhardi
Fibriani Jenifer Sedan
Sri Sulka Oktavia
M. Aufa Dwiki
Michael Mangontan
Mustaqim Tinulu

Bidang Humas/Publikasi : Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp.
: Ir. Fauzy Lebang, S.T., M.T.
: Ir. Hj. Satriawati Cangara, S.T., M.T.
Muqbil-Hadi

Leonardus Bondang Dita
Marselino Situka
Faturrahman Yusri
Andi Nafasyah Basnar
Hilda Puspitasari
Jihan Putri
Monica
Ryo Arvanka
La Ode Amal Saputra
Citra Angela
Ronaldi
Tri Wahyu Erlangga
Andi Akmal Qadafi
Osama
Devry Robin T.

Bidang Dana Usaha

: Dr. Ir. Hj. Hijriah, S.T., M.T.
Hj. Savitri Prasandi, S.T., M.T.
Icha Natasia

Ditetapkan di : Makassar
Pada tanggal : 23 Maret 2022
Rektor,

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Engg.
NIP. 19540910 198303 1 003

ANALISIS KUAT TEKAN BETON YANG MENGGUNAKAN KERIKIL ALAM SEBAGAI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAH GLENIUM

Abdul Rahim Nurdin¹, Syahrul Sariman²

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: rahimnurdiin@yahoo.co.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : syahrul.sariman@universitasbosowa.ac.id

ABSTRACT

The development of construction in Indonesia occurred so fast, many studies have been done to develop construction technology ranging from construction materials to technology used in the construction itself. The development of these construction materials can be seen from the many types of added materials used as additives in the normal concrete mortar. These added ingredients aim to improve the quality of concrete to be better. This study aims to study and analyze the addition of natural pebbles to the concrete mixture on the effort to increase the compressive strength of concrete. This research was conducted in the laboratory of Civil Engineering University of Bosowa for four months. The number of normal concrete test objects as much as 20 pieces and concrete variations of 21 pieces with dimensions of cylinders size 15x30. This concrete soaking process is done for 28 days. Knowing the optimal value of compressive strength obtained from the composition of natural pebble additions of 20%, 40%, and 60% and the addition of Glenium by 1% of every 1 kg cement. From the test has been obtained concrete compressive strength of natural gravel variation with the addition of Glenium is 0% = 21,80 Mpa, 20% = 16,42 Mpa, 40% = 15,29 Mpa, & 60% = 9.62 Mpa. The concrete strength of concrete variation of natural gravel without Glenium is 20% = 16,14 Mpa, 40% = 14,72 Mpa, and 60% = 9,06 Mpa.

Keyword: Natural Pebbles, Glenium, Strong Press

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan pembangunan dibidang struktur yang mengalami kemajuan yang sangat pesat yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, Jalan, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan.

Kelebihan beton dibandingkan material lain diantaranya adalah tahan api, tahan lama, kuat tekannya cukup tinggi serta mudah dibentuk. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan. Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan massal lainnya dibutuhkan beton kekuatan tinggi, beton mutu tinggi merupakan pilihan yang paling tepat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Komponen Campuran Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain - lain. Dalam konstruksi, beton adalah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) atau jenis agregat lain, dengan air dan semen portland atau semen hidrolik yang lain. Campuran tersebut akan mengeras karena terjadi peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori - pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat membentuk suatu kesatuan yang padat dan tahan lama. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan, maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Untuk mendapatkan beton yang bermutu tinggi, maka yang harus diperhatikan adalah pada waktu

pelaksanaan. Bahan yang akan digunakan harus memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan, pemilihan tipe semen yang akan digunakan, dan faktor air semen (f.a.s).

Batu alam adalah semua bahan yang menyusun kerak bumi dan merupakan suatu agregat mineral-mineral yang telah mengeras akibat proses secara alami seperti, membeku, pelapukan, mengendap dan adanya proses kimia. Jenis batu alam yang biasa digunakan sebagai bahan bangunan adalah batu gamping, dolomit, andesit, basalt, marmer, tras, pasir gunung berapi, batuan gips dan granit.

Sifat Fisik batu alam yang digunakan untuk bangunan adalah : Mempunyai kuat tekan dan kuat lentur yang tinggi, keras dan tidak mudah hancur, daya serap air relative kecil, tahan terhadap pengaruh cuaca, tahan terhadap keausan.

3. METODE PENELITIAN

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (kerikil, pasir, semen dan air) dalam campuran beton. Metode rancangan adukan beton yang dipakai adalah metode yang biasa dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum yaitu metode DOE (*Departemen of Environment*) yang merupakan pengembangan dari metode rancangan adukan beton cara Inggris (*The British Mix Design Method*) dan dimuat dalam SNI 03 – 2834 – 2000 berdasarkan ketentuan umum rancang campur menurut SNI – 2847 – 2013.

Sebelum pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ASTM yang meliputi :

Tabel 1. Pemeriksaan Agregat Halus

No	JenisPemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C136
2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C127
3	Pemeriksaan Kadar Air	ASTM C566
4	Pemeriksaan Berat isi Agregat Halus	ASTM C 29
5	Pemeriksaan kadar lumpur	ASTM C117

Tabel 2. Pemeriksaan Agregat Kasar

No	JenisPemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C136
2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C127
3	Pemeriksaan Kadar Air	ASTM C566
4	Pemeriksaan Agregat Kasar	ASTM C 29

5	Pemeriksaan kadar lumpur	ASTM C117
---	--------------------------	-----------

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

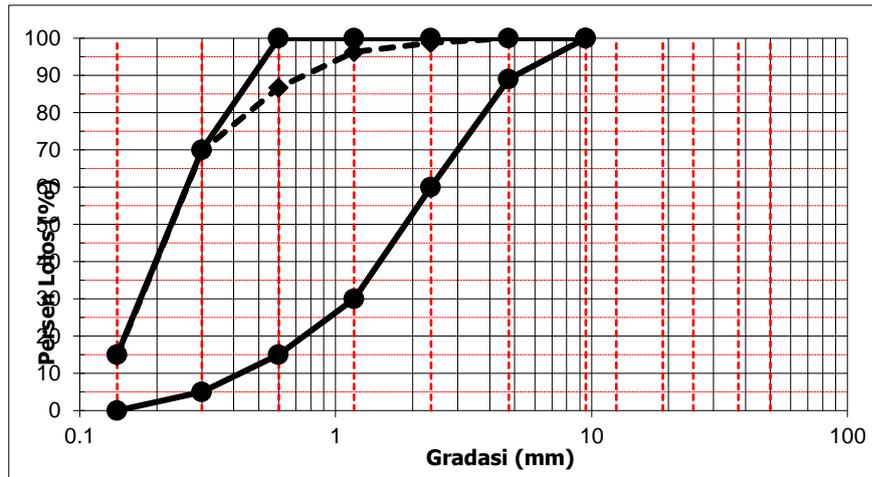
Karakteristik Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari bili-bili (Gowa).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,2% - 6%	5,88%	Memenuhi
3	Kadar air	3% - 5%	3,77%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	a. Lepas	1.4 - 1.9	1,48	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9	1,606	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 2%	1,36%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2,58%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2,65%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2,76%	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 1. Grafik analisa saringan agregat halus (Pasir)

Pengujian Slump Test

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui Keleccakan (*workability*) adukan beton. Keleccakan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi). Tingkat keleccakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Perencanaan Campuran Beton Variasi Kerikil Alam

Komposisi bahan campuran beton kerikil alam dilakukan pendekatan perbandingan kuat tekan pada beton normal. Komposisi beton variasi kerikil alam dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Komposisi campuran beton variasi kerikil alam 1 silinder

No	Kode Sampel	Kerikil Alam (kg)		Batu Pecah (kg)		Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Glenium (kg)
		KA 1-2	KA 2-3	BP 1-2	BP 2-3				
1	BN GL	0,00	0,00	3,86	3,98	2,22	3,86	0,96	0,022
2	KA - 1	0,77	0,80	3,09	3,18	2,22	3,86	0,96	-
3	KA - 1 GL	0,77	0,80	3,09	3,18	2,22	3,86	0,96	0,022
4	KA - 2	1,54	1,59	2,32	2,39	2,22	3,86	0,96	-
5	KA - 2 GL	1,54	1,59	2,32	2,39	2,22	3,86	0,96	0,022
6	KA - 3	2,316	2,388	1,544	1,592	2,22	3,86	0,96	-
7	KA - 3 GL	2,316	2,388	1,544	1,592	2,22	3,86	0,96	0,022

Sumber : Hasil perhitungan

Pengujian Kuat Tekan Beton

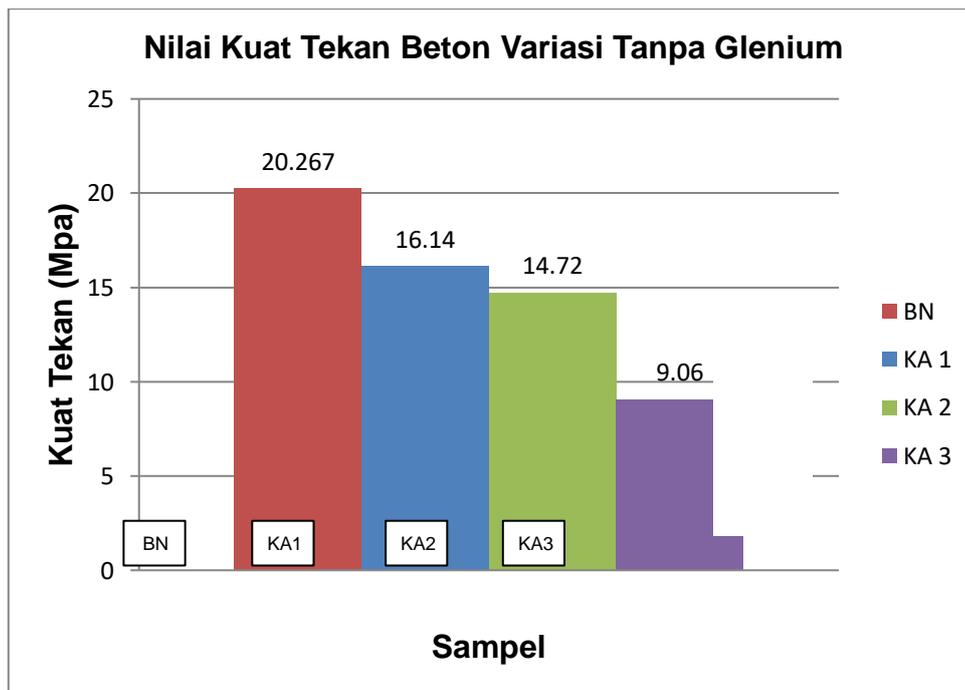
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Strength). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c')

Hasil pengujian kuat tekan beton variasi kerikil alam pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Tanpa Glenium

Notasi Sampel	Keterangan	Slump (mm)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
BN	Beton Normal	60	20,27
KA 1	KA 20%, BP 80%	60	16,14
KA 2	KA 40%, BP 60%	50	14,72
KA 3	KA 60%, BP 40%	60	9,06

Sumber : Hasil Perhitungan

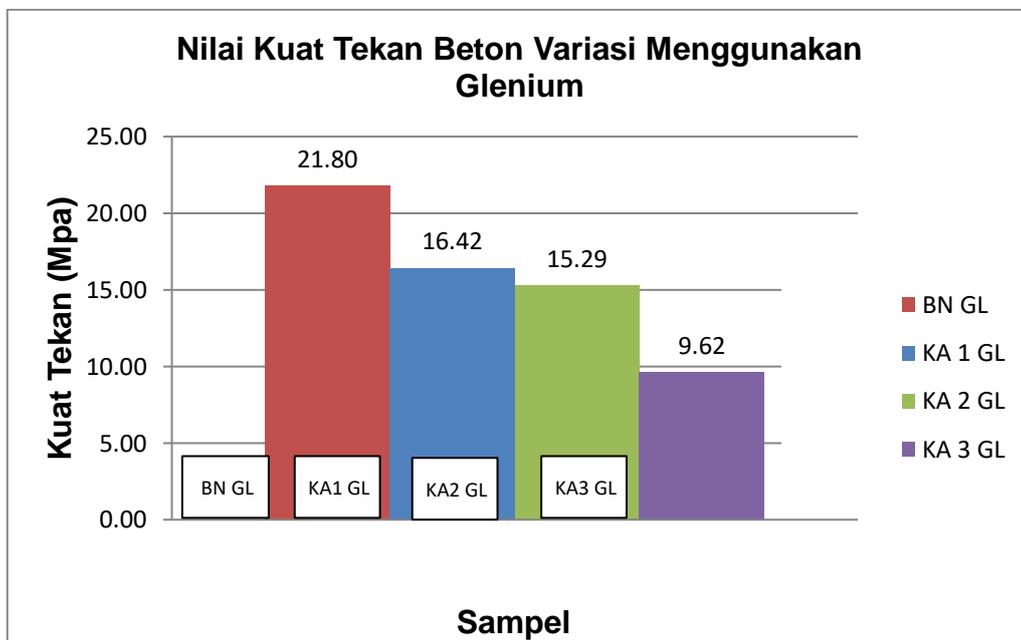


Gambar 1. Grafik nilai Kuat Tekan Beton Variasi Tanpa Glenium

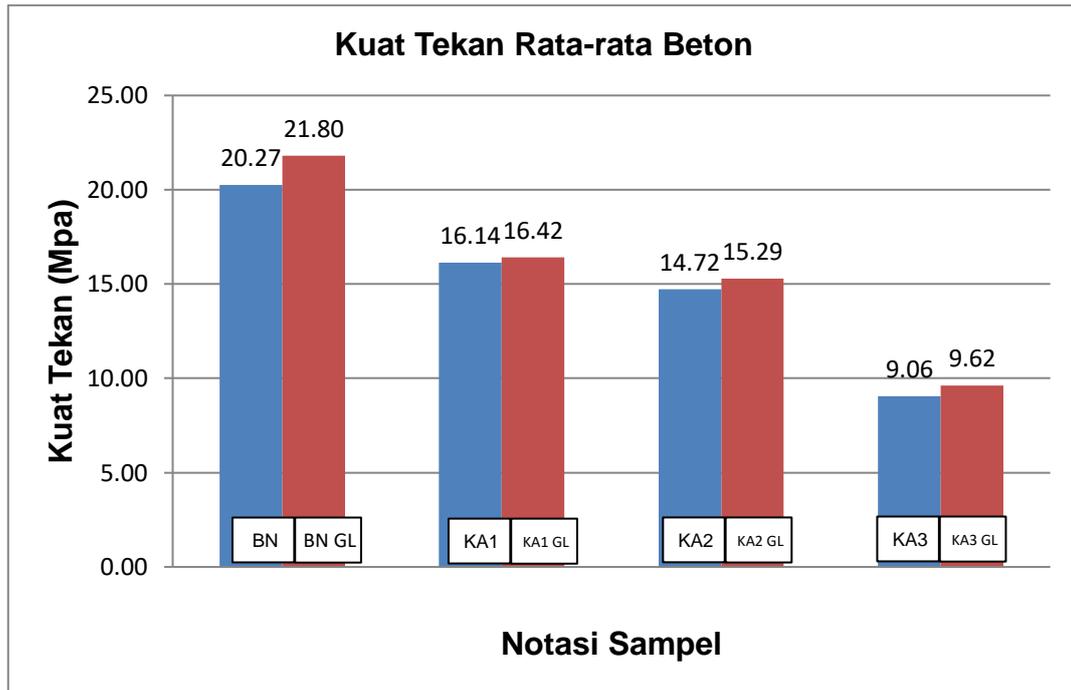
Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Menggunakan Glenium

Notasi Sampel	Keterangan	Slump (mm)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
BN GL	Beton Normal + Glenium 1 %	40	21,80
KA 1 GL	KA 20%, BP 80% + Glenium 1 %	50	16,42
KA 2 GL	KA 40%, BP 60% + Glenium 1 %	50	15,29
KA 3 GL	KA 60%, BP 40% + Glenium 1 %	60	9,62

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 2. Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Variasi Menggunakan Glenium



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Pada Tiap Beton Variasi

Dari hasil penelitian kuat tekan beton variasi pada tabel diatas, terlihat bahwa kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi BN-GL dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 21,80 Mpa yaitu variasi perbandingan komposisi kerikil alam dan batu pecah adalah 0 : 100 serta penambahan *glenium* sebanyak 1 % dari berat semen. Hal ini bisa kita simpulkan bahwa kuat tekan rata-rata beton variasi lebih Tinggi dibanding dengan beton normal karena kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada beton normal sebesar 20,27 Mpa.

Sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada variasi KA-3 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 9,06 Mpa dengan perbandingan komposisi kerikil alam dan batu pecah adalah 60 : 40 tanpa penambahan *admixture glenium*. Jadi, Kerikil alam yang hanya bisa digunakan pada penelitian ini adalah maksimal 20 % dengan hasil kuat tekan sebesar 16,14 %.

Pada penambahan penggunaan *admixture Glenium Sky 8108* mengakibatkan kuat tekan variasi tersebut semakin tinggi dibanding dengan tanpa menggunakan *Glenium Sky 8108*, dapat kita lihat pada grafik 4.7. Hal telah dijelaskan pada referensi *BASF Master Glenium Sky 8108* bahwa salah satu kelebihanannya adalah meningkatkan kekuatan awal beton. Namun pada saat penggunaan kerikil alam, nilai kuat tekan cenderung menurun.

Hal itu disebabkan karena agregat kerikil alam yang berbentuk bulat atau elips, juga campuran tersebut akan berkurang kerapatannya sehingga memiliki banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton pada variasi tersebut menurun. Jadi, semakin banyak penggunaan kerikil alam pada beton variasi maka kuat tekan yang dihasilkan semakin rendah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari dengan perbandingan variasi batu pecah dan kerikil alam yaitu 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, dengan penambahan *Glenium Sky 8108* berturut-turut adalah 21,8 Mpa, 16,42 Mpa, 15,29 Mpa, dan 9,62 Mpa. Serta tanpa penambahan *Glenium Sky 8108* adalah 20,27 Mpa, 16,14 Mpa, 14,72 Mpa, 9,06 Mpa
- Nilai kuat tekan beton maksimum terjadi pada beton variasi 0:100 dengan penambahan *Glenium* yaitu sebesar 21,8 Mpa
- Nilai kuat tekan akan meningkat ketika ditambahkan dengan *Glenium Sky 8108* dibanding tanpa menggunakan bahan tambah *Glenium*. Namun, semakin banyak penggunaan kerikil alam pada beton variasi maka kuat tekan yang dihasilkan cenderung menurun.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat. Saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

- a) Usahakan proses pemadatan dari setiap sampelnya dilakukan secara konsisten agar beton benar-benar padat dan semua pori terisi secara merata
- b) Perlunya penelitian selanjutnya dengan penambahan admixture Glenium Sky 8108 untuk menghasilkan kuat tekan beton yang lebih optimal
- c) Perlunya dilakukan penelitian selanjutnya pada proses curing yang berlanjut agar didapatkan kuat tekan yang lebih tinggi

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C33 – 08, Standard Specification for Concrete Aggregates

Nababan, Boni Antonio., 2015. *Pengaruh Komposisi Genium ACE 8590 Terhadap sifat Mekanik Beton*. Tugas Akhir Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Setiawan., 2015. *Pengaruh Komposisi Glenium ACE 8590 dengan Fly Ash dan Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

SNI 03 - 2834 – 2000., *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2847-2013., *Ketentuan Umum Rancang Campur*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2834-2000., *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.

Supriyanto., 2014, *Pengaruh Additive Superplasticizer (Glenium) Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Tugas Akhir Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.

Teknologi Bahan I., 2011. *Teknologi Beton*.

Vernando, Dasthon., 2002., *Studi Experimental Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan ALWA Mutu Rencana $f'c = 35$ Mpa*.

PENGARUH TEMPERATUR TINGGI TERHADAP KUAT TEKAN BETON AIR LAUT DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER

Syahrul Sariman¹, Hijriah² Feriyal Sumarno³

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

E-mail: syahrul.sariman@universitasbosowa.ac.id

²Dosen jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : hijriah@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : feriyalsumarno@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to know the effect of sea water as a replacement of fresh water and the use of Superplasticizer on sea water concrete against the normal compressive strength of concrete and to know how much the influence of high temperature on the compressive strength of post-burn concrete. This research was designed by using experimental study by conducting a direct experiments in the laboratory. The test specimens are made in this study were 44 pieces with details of 26 pieces for normal concrete (BN), 9 pieces for concrete seawater material (BL) and 9 pieces for sea water concrete + superplasticizer (BSP). Variations of burning at room temperature (29°C), 300°C and 500°C with one hour at age 28 days then tested its compressive strength. The plan of compressive strength is 20 MPa, Superplasticizer used is Sikament LN with 0,8% dosage from weight of cement and treatment of specimen with curing fresh water. The results showed that the concrete of seawater material (BL) decreased the compressive strength of 18.42% toward the normal concrete (BN), while the concrete of the seawater material + Superplasticizer (BSP) decreased the compressive strength of 16.28% toward the normal concrete (BN). The concrete that has been heat/burn treatment at 300°C and 500°C for 1 hour showed a decrease of compressive strength for normal concrete (BN) respectively by 15.56% and 29.77%, for concrete seawater material (BL) respectively 7.83% and 18.25%, and concrete sea water + superplasticizer (BSP) were 8.04% and 14.41% respectively.

Keywords: *compressive strength of concrete, sea water, superplasticizer, high temperature*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Secara umum beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik, dikarenakan beton memiliki daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi hambatan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan berpengaruh terhadap elemen-elemen struktur. Kualitas dan kekuatan beton akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu dan lama terjadinya kebakaran yang menyebabkan beton menjadi getas. Hal ini merupakan masalah utama yang dihadapi para ahli struktur (teknik sipil), bagaimana menaksir kekuatan sisa bangunan pasca kebakaran dan teknik perkuatan bangunan sesuai keperluan sehingga fungsi bangunan dapat dikembalikan seperti sebelum kebakaran. Selain itu, hal lain yang ikut mempengaruhi penurunan kualitas beton adalah jenis bahan struktur penyusunnya.

Salah satu material penyusun beton adalah air yang digunakan untuk bereaksi dengan semen dan sebagai bahan pelumas diantara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Fenomena sekarang ini kebutuhan air yang memenuhi persyaratan dalam penggunaannya sudah mulai berkurang terutama pada kota-kota besar atau negara-negara maju yang mana air bersih hanya diprioritaskan pada kebutuhan primer saja.

Indonesia yang merupakan negara kepulauan, banyak wilayahnya memiliki kualitas sumber air yang tidak memenuhi syarat sebagai air bersih (air tawar). Bahkan dalam waktu dekat, air bersih akan sangat sulit untuk didapatkan dan terbatas. Pembangunan konstruksi beton pada daerah yang kemungkinan kuantitas air bersih/tawar sangat minimal bahkan tidak ada serta melimpahnya air laut di negara ini, maka air laut tidak dapat dihindari dalam pencampuran dan pemeliharaan beton.

¹ Dosen Universitas Bosowa Makassar

² Dosen Universitas Bosowa Makassar

³ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik

Penggunaan air laut sebagai bahan pencampur beton memiliki kekuatan awal yang lebih tinggi daripada beton biasa, tetapi setelah 28 hari kekuatannya akan lebih rendah. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan bahan tambah *superplasticizer* yang sifatnya dapat mengurangi air dan meningkatkan kuat tekan beton.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh material air laut sebagai pengganti air tawar terhadap kuat tekan beton normal.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah *superplasticizer* pada beton material air laut terhadap kuat tekan beton normal.
3. Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh temperatur tinggi terhadap kekuatan tekan sisa paska bakar beton normal, beton material air laut dan beton material air laut + bahan tambah *superplasticizer*.

2. KAJIAN PUSTAKA

Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat” (SNI 03-2834-2000). Pada umumnya beton terdiri dari \pm 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya, perbandingan campuran, cara mencampur, cara mengangkut, mencetak, memadatkan, merawat dan sebagainya yang akan mempengaruhi sifat-sifat beton.

Air Laut

Air laut mengandung 30000-36000 mg garam per liter (3%-3,6%) yang pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton untuk beton tidak bertulang, beton prategang dan pratekan atau dengan kata lain untuk beton-beton mutu tinggi. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida.

Superplasticizer

Superplasticizer (*High Range Water Reducer Admixture*) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kondisi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Bahan tambah dengan fungsi HRWR digunakan untuk mendapatkan tingkat konsistensi yang diinginkan atau ditetapkan dengan mengurangi berat air sebesar 12% atau lebih (sampai 40%). Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton menurut Nugraha, Paul dan Antoni (2007:93) antara lain:

- a. meningkatkan *workability* sehingga menjadi lebih besar daripada *water reducer* biasa.
- b. Mengurangi kebutuhan air (25 – 35%).
- c. Memudahkan pembuatan beton yang sangat cair..
- d. Karena tidak terpengaruh oleh perawatan, yang dipercepat, dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan.
- e. Dapat membantu penuangan dalam air karena gangguan menyebarnya beton dihindari.

Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Beton

Fenomena yang dapat dilihat pada beton yang terkena beban panas (kebakaran) yang ekstrim adalah terjadinya pengelupasan, retak rambut dan retak lebar serta perubahan warna beton. Dari pengamatan secara visual dapat diperkirakan suhu yang pernah dialami oleh beton. Pengaruh temperatur tinggi terhadap beton pada suhu 100°C air kapiler menguap, pada suhu 200°C air yang terserap di dalam agregat menguap, penguapan menyebabkan penyusutan pasta, pada suhu 400°C pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu (Nugraha, Paul dan Antoni 2007)

Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. kuat tekan beton merupakan gambaran dari mutu beton yang berkaitan dengan struktur beton. Kuat tekan beton merupakan parameter terpenting adalah beton lebih tahan terhadap tekan daripada tarik (Tjokrodimuljo, K., 2007). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari, untuk menentukan nilai kuat tekan beton digunakan rumus :

$$f^c = \frac{P_{maks}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

dengan : f^c : Kekuatan tekan hancur beton (N/mm²)
 P_{maks} : Gaya tekan maksimum yang bekerja (N)
A : Luas penampang benda uji (mm²)

3. METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan
Tahap persiapan merupakan suatu tahapan dimana segala sesuatu yang berkaitan dengan persiapan penelitian diantaranya studi literatur, persiapan peralatan dan bahan, tempat pengujian karakteristik bahan, penentuan *mix design* dan teknis pelaksanaan.
2. Tahap pengujian karakteristik agregat
Pengujian karakteristik agregat dimaksudkan untuk memastikan apakah bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi spesifikasi atau tidak. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap perancangan campuran beton
Perancangan campuran beton dilakukan dengan menggunakan metode DoE (*Department of Environment*) berdasarkan SNI-03-2834-2000 dan SNI-2847-2013 serta dalam perancangan campuran beton ditentukan kuat tekan rencana $f'c$ 20 MPa.
4. Tahap pembuatan benda uji
Benda uji dalam penelitian ini adalah silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Tahap pembuatan adukan beton segar dengan mencampur seluruh bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air serta bahan tambah menggunakan mesin pencampur (mixer) hingga adukan menjadi homogen. Sebelum benda uji di masukkan ke dalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengujian slump test. Slump test dimaksudkan untuk mengetahui kekentalan dan kelecakan adukan beton segar. Tahap berikutnya masukkan adukan beton segar ke dalam cetakan silinder kemudian dipadatkan dengan mesin pengetar lalu ratakan permukaan cetakan silinder.
5. Tahap perawatan benda uji
Perawatan untuk semua benda uji dilakukan selama 28 hari dengan cara merendam benda uji di dalam bak perendaman dengan air tawar.
6. Tahap pemanasan benda uji pada temperatur tinggi
Pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan Tanur (oven). Pembakaran pada suhu 300°C dan 500°C dengan waktu penahanan suhu selama 1 jam. Dibutuhkan waktu selama 90 menit untuk mencapai suhu yang ditargetkan dari mulai tanur dinyalakan. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari dalam tanur dan didinginkan selama 1 hari.
7. Tahap uji kuat tekan beton
Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memasukkan benda uji ke dalam alat uji kuat tekan kemudian beri beban maksimal sampai benda uji tidak bisa lagi menahan beban dan benda uji terlihat retak maupun hancur.
8. Analisis data dan kesimpulan

Notasi dan Jumlah Sampel

Notasi dan jumlah sampel yang direncanakan harus diketahui dan dipahami agar tidak terjadi kekeliruan dalam pengujian kuat tekan beton.

Tabel 1. Jumlah benda uji penelitian

Benda Uji	Notasi Benda Uji	Benda Uji untuk Variasi Temperatur (°C)			Total Benda Uji
		Ruang (29)	300	500	
Beton Normal	BN	20	3	3	26
Beton Air Laut	BL	3	3	3	9
Beton Air Laut + superplasticizer	BSP	3	3	3	9
Jumlah Benda Uji					44

Sumber : Rencana penelitian

4. HASIL PENELITIAN

Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks. 5 %	2,42 %	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	Memenuhi
3	Kadar air	2 % - 5 %	3,34 %	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,51 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,61 kg/liter	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks. 2 %	1,93 %	Memenuhi
6	Berat jenis			
	a. Berat jenis kering	1,6 - 3,3	2,44	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	1,6 - 3,3	2,49	Memenuhi
	c. Berat jenis nyata	1,6 - 3,3	2,56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	2,50 - 3,80	2,53	Memenuhi

Sumber : Hasil penelitian dan olah data

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)

No	Jenis Pengujian	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	0,2 % - 1 %	0,60 %	Memenuhi
2	Keausan	15 % - 50 %	17,04 %	Memenuhi
3	Kadar air	0,5 % - 2 %	1,54 %	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,61 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,70 kg/liter	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 4 %	1,10 %	Memenuhi
6	Berat jenis			
	a. Berat jenis kering	1,6 - 3,2	2,74	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	1,6 - 3,2	2,77	Memenuhi
	c. Berat jenis nyata	1,6 - 3,2	2,83	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	5,5 - 8,5	7,42	Memenuhi

Sumber : Hasil penelitian dan olah data

Berdasarkan tabel 3 dan 4 dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan karakteristik agregat memenuhi syarat sesuai dengan spesifikasi SNI dan agregat dapat digunakan sebagai campuran beton.

Karakteristik Air Laut

Air laut yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar. Karakteristik kimia telah diuji pada Laboratorium Uji dan Kalibrasi Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar, yang disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Komposisi Kimia Air Laut Pantai Tanjung Bayang

Salinitas (‰)	Berat Jenis (gr/cm ³)	pH	Klorida Cl (mg/L)
28	1,0257	7,70	18054,4

Sumber : Laboratorium Uji dan Kalibrasi BBIHP Makassar

Komposisi Campuran Beton

Dari hasil perhitungan dan uji coba rancangan campuran (*mix design*) beton, diperoleh komposisi campuran untuk beton normal, beton air laut dan beton air laut + *Superplasticizer* yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini

:

Tabel 5. Komposisi Campuran Beton Berbagai Variasi

Jenis Bahan	Kebutuhan Bahan Campuran		
	BN	BL	BSP
	untuk 1 m ³ (kg)	untuk 1 m ³ (kg)	untuk 1 m ³ (kg)
Semen	349,00	349,00	349,00
Agregat Halus	605,12	605,12	605,12
Agregat Kasar	1285,88	1285,88	1285,88
Air Tawar	185,00	-	-
Air Laut	-	185,00	185,00
Superplasticizer	-	-	2,79

Sumber : Hasil penelitian dan olah data

Pengujian Kelacakan Beton (*slump test*)

besarnya nilai *slump* yang diperoleh dari hasil penelitian ini, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Nilai Slump Adukan Beton Segar

Variasi Benda Uji	Nilai Slump rata-rata (mm)
Beton Normal (BN)	75
Beton Air Laut (BL)	77,5
Beton Air Laut + <i>Superplasticizer</i> (BSP)	110

Sumber : Hasil penelitian dan olah data

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh nilai slump untuk beton normal (BN) dan beton air laut (BL) sesuai slump yang direncanakan sebesar 80 ± 20 mm. adapun nilai slump pada beton air laut + *superplasticizer* diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai yang rencana, ini dikarenakan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* yang memiliki sifat meningkatkan/memperbaiki kecacakan dari campuran beton segar.

Kuat Tekan Beton Normal

Hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Kuat Tekan Beton Normal

No. Sampel	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (fc) (N/mm ²)	Rata-rata (fcr) (N/mm ²)
1	547.2	30.98	26.60
2	433.9	24.57	
3	418.1	23.67	
4	434.4	24.59	
5	458.8	25.98	
6	501.5	28.39	
7	532.7	30.16	
8	550.5	31.17	
9	426.3	24.14	
10	394.7	22.35	
11	455.7	25.80	
12	418.1	23.67	
13	520.8	29.49	
14	495.5	28.05	
15	425.9	24.11	
16	416.6	23.59	
17	585.5	33.15	
18	521.3	29.51	
19	414.8	23.48	
20	443.8	25.13	

Sumber : Hasil penelitian dan olah data

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 26,60 MPa yang telah memenuhi standar nilai kuat tekan minimum yang ingin dicapai yaitu sebesar 20 MPa, dan ini pula menunjukkan bahwa komposisi campuran beton tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan campuran beton variasi Air Laut dan Beton Air Laut + *Superplasticizer*.

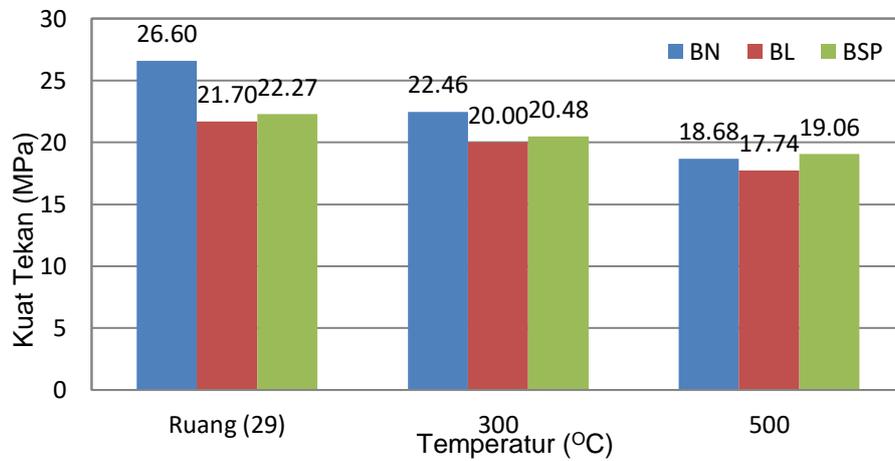
Kuat Tekan Beton Variasi

Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk semua variasi suhu ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 8. Kuat Tekan Beton Variasi

Sampel	Kode Sampel	Kuat tekan rata-rata berdasarkan variasi suhu (MPa)		
		Ruang	300	500
Beton Normal	BN	26.60	22.46	18.68
Beton Air Laut	BL	21.70	20.00	17.74
Beton Air Laut + Superplasticizer	BSP	22.27	20.48	19.06

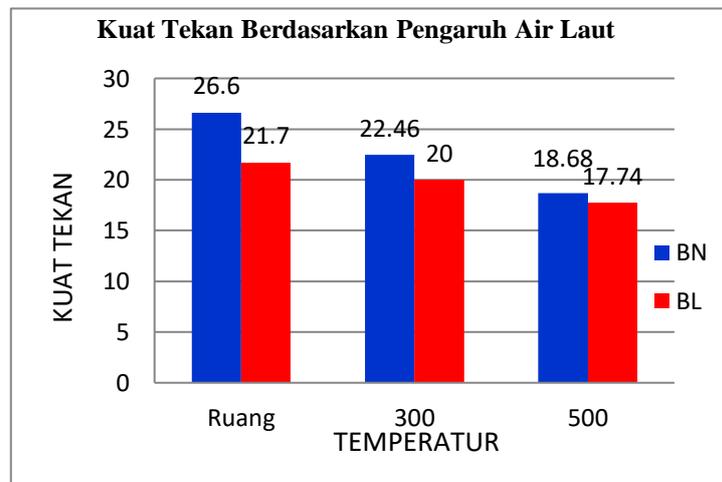
Sumber : Hasil penelitian dan olah data



Gambar 1. Hasil kuat tekan beton sesuai temperatur

5. PEMBAHASAN

5.1. Pengaruh Penggunaan Air Laut



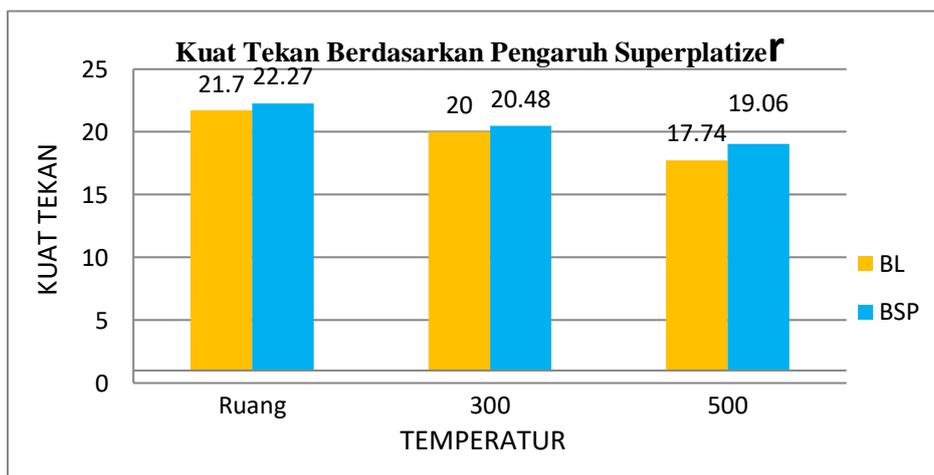
Gambar 2. Grafik Diagram Pengaruh Jenis Air Pencampur Terhadap Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Perhitungan selisih kuat tekan beton air tawar dan beton air laut

TEMPERATUR	Kode Sampel	Kuat tekan rata-rata	Selisih	Persentase
		(MPa)	(MPa)	(%)
RUANG	BNR	26.6	-4.9	-18.42%
	BLR	21.7		
300 °C	BN300	22.5	-2.46	-10.95%
	BL300	20.0		
500 °C	BN500	18.7	-0.95	-5.08%
	BL500	17.7		

Dari grafik dan tabel diatas dapat diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan air laut pada beton dapat menurunkan kuat tekan beton. Penurunan kuat tekan sangat dipengaruhi oleh temperature. Pada temperature ruang penurunan kuat tekan mencapai 18,42 %, pada suhu 300°C penurunan kuat tekan mencapai 10,95 % sedangkan pada suhu 500°C penurunan kuat tekan hanya 5,08 %.

5.2. Pengaruh Bahan tambah Superplasticizer



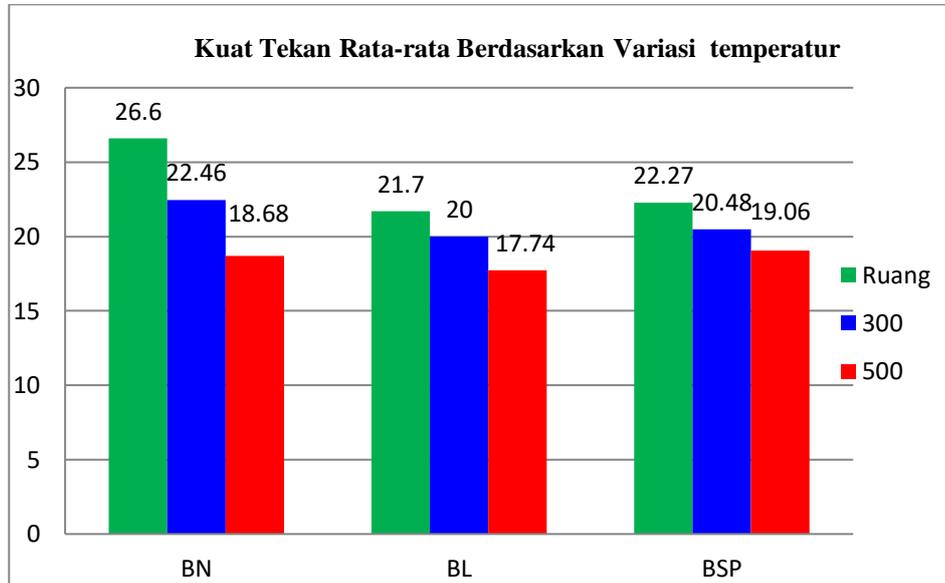
Gambar 3. Diagram Pengaruh bahan tambah Terhadap Kuat Tekan Beton

Tabel 10. Perhitungan selisih kuat tekan beton dengan dan tanpa zat tambah

Temperatur	Kode Sampel	Kuat tekan rata-rata	Selisih	Persentase
		(MPa)	(MPa)	(%)
RUANG	BLR	21.7	0.57	2.63%
	BLRSP	22.3		
300 °C	BL300	20.0	0.48	2.40%
	BL300SP	20.5		
500 °C	BL500	17.7	1.32	7.44%
	BL500SP	19.1		

Sesuai dengan petunjuk penggunaannya, pemakaian zat tambah superplasticizer dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada suhu ruang terjadi peningkatan 2,63 %, pada suhu 300°C terjadi peningkatan kuat tekan 2,40 %. Peningkatan kuat tekan terbesar terjadi pada suhu 500°C, dengan peningkatan kuat tekan sebesar 7.44 %.

5.3. Pengaruh temperature terhadap kuat tekan beton



Gambar 4. Pengaruh peningkatan temperature Terhadap Kuat Tekan Beton

Tabel 10. Perhitungan selisih kuat tekan beton akibat kenaikan temperatur

TEMPERATUR	Kode Sampel	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Selisih (MPa)	Persentase (%)
Beton normal	BNR	26.6		
	BN300	22.5	-4.1	-15.41%
	BN500	18.7	-6.6	-24.81%
Beton air Laut	BLR	22.5		
	BL300	20.0	-2.5	-11.11%
	BL500	17.7	-4.8	-21.33%
Beton air laut + Superplasticizer	BLSPR	22.3		
	BLSP300	20.5	-1.8	-9.63%
	BLSP500	19.1	-3.2	-17.11%

Berdasarkan gambar 3 dan tabel 10 diatas, terlihat bahwa, untuk beton normal (BN) pada suhu 300°C dan suhu 500°C mengalami penurunan kuat tekan berturut-turut sebesar 15,41% dan 24,81%, untuk beton air laut (BL) pada suhu 300°C dan suhu 500°C mengalami penurunan kuat tekan berturut-turut sebesar 11,11 % dan 21,33%, dan untuk beton air laut + *superplasticizer* (BSP) pada suhu 300°C dan suhu 500°C mengalami penurunan kuat tekan berturut-turut sebesar 9,63% dan 17,11% terhadap kuat tekan beton pada suhu ruang.

Hasil pengujian kuat tekan beton untuk semua variasi benda uji menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka kekuatan tekan beton akan semakin rendah. Penurunan kekuatan tekan terjadi karena pada saat beton terbakar, pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali tidak dapat bereaksi dengan unsur silikat (SiO₂) dan Aluminat (Al₂O₂) yang terdapat dalam pozzolan sehingga mengakibatkan kuat tekan beton menurun.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa :

1. Penggunaan air laut menyebabkan kuat tekan beton menurun, pada setiap kondisi. Penurunan paling besar terjadi pada beton normal pada suhu ruang.
2. Bahan tambah Superplasticizer dapat meningkatkan kuat tekan beton pada segala kondisi, dan peningkatan paling besar terjadi pada suhu 500°C
3. Peningkatan temperatur menyebabkan penurunan kuat tekan, walaupun telah ditambah dengan superplasticizer, kuat tekan mula-mula tidak dapat dicapai kecuali pada suhu 500°C

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka sebagai bahan pertimbangan diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap variasi salinitas dan kadar ion klorida air laut yang digunakan sebagai material penyusun beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kuat tekan beton material air laut dengan perlakuan perendaman air laut dan umur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Pravitasari dan Zulfikawaty. 2011. *Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. Tugas Akhir. Makassar. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas 45.*
- Darmadi. Salinitas Laut. <https://dhamadharna.wordpress.com/2010/02/11/salinitas-laut> (di akses 20 Mei 2017).
- Erniati dan M. Wihardi Tjaronge. 2016. *Mikrostruktur Self Compacting Concrete*. Yogyakarta: LeutikaPrio.
- Istiqomah, Ismi. 2016. *Elastisitas dan kuat tekan Beton yang menggunakan air laut, pasir laut dan semen Portland Komposit*. (Online). <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/215121> (di akses 18 Maret 2017)
- Junaid, Annisa. 2014. *Studi Kekuatan Beton Yang Menggunakan Air Laut Sebagai Air Pencampur Pada Daerah Pasang Surut*. (Online). <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/9521> (di akses 18 Maret 2017)
- Malik, Deni. 2015. *Analisa Kajian Beton Pasca Bakar dengan Tambahan Admixture Superplasticizer*. (Online). Jurnal Tugas Akhir. <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/44973> (di akses 20 Maret 2017)
- Marthin, Ivany Cicilia. 2016. *Kuat Lentur Beton Yang Menggunakan Air Laut, Pasir Laut dan Semen PCC*. Jurnal Tugas Akhir. (Online). <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/21512> (di akses 18 Maret 2017)
- Manggolo, Sabdo Try. 2013. *Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Dengan Substitusi Sebagian Semen Oleh Fly Ash dan Penambahan Water Reducer High Range*. (Online). <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/3335> (di akses 20 Maret 2017)
- Mulyono, Try. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nawy, Edward. G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Jilid I. Bandung: Refika Aditama.
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Raharjo, Aidyl Bagus. 2015. *Pengaruh Penggunaan Bahan Additive Silica Fume dan Superplasticizer Terhadap Perilaku Fisis dan Mekanis Beton Mutu Tinggi Pasca Bakar*. Jurnal Tugas Akhir. (Online), <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/50857> (di akses 20 Maret 2017)
- SNI-03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- SNI-2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.

STUDY PENGGUNAAN LIMBAH GYPSUM DAN KAPUR TERHADAP NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG ORGANIK

Fauzy Lebang¹⁾, Burhanuddin Badrun²⁾, Andi Budiman Utomo³⁾

¹*Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: fauzi.lebang@universitasbosowa.ac.id*

²*Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: burhanuddin.badrin@universitasbosowa.ac.id*

³*Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: andibudimanutomo@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan limbah gypsum dan kapur terhadap nilai CBR dan permeabilitas tanah lempung organik. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Bosowa meliputi penelitian sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah lempung organik, yang distabilisasi dengan variasi gypsum dan kapur dengan variasi kadarnya 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari penelitian tanah asli menunjukkan bahwa sampel tanah masuk klasifikasi tanah lempung rganik dengan nilai indeks plastisitas sebesar 22,58%. Dari hasil pengujian CBR tanah asli tanpa rendaman (Unsoaked) untuk kondisi tanah asli adalah 15,03%. Peningkatan nilai CBR terjadi pada penambahan 0%, 5%, 10%, 15%, sebesar 21,00%, 23,00%, 25,50%, 27,00%. Pada pengujian permeabilitas untuk tanah tanah asli tanpa variasi di dapat nilai koefisien permeabilitas dan debit rembesan masing masing sebesar 0.00317 cm/menit dan 0.3491 cm/menit dan terus meningkat seiring pertambahan kadar campuran gypsum dan kapur, menandakan bahwa koefisien permeabilitas dan debit rembesan berbanding lurus

Kata kunci: Tanah lempung organik; limbah gypsum, kapur, CBR, permeabilitas.

ABSTRACT

The study aims to analyze the use of gypsum and lime waste against CBR values and the permeability of organic clay soils. The research conducted at Bosowa University's Civil Engineering Soil Mechanics Laboratory includes research into the physical properties of soil and mechanical properties of organic clay soils, which are stabilized by variations in gypsum and lime with variations in levels of 0%, 5%, 10%, and 15%. Results from native soil research showed that soil samples entered the classification of clay soil rganik with a plasticity index value of 22.58%. From the results of CBR testing of native soil without soaking (Unsoaked) for native soil conditions is 15.03%. The increase in CBR value occurs at the addition of 0%, 5%, 10%, 15%, by 21.00%, 23.00%, 25.50%, 27.00%. In permeability testing for native soil without variation in can the values of permeability coefficient and discharge of seepage of 0.00317 cm / minute and 0.3491 cm / minute respectively and continue to increase with fortitude of the mixture of gypsum and lime levels, indicating that the coefficient of permeability and discharge of seepage is directly proportional.

Keywords: Organic clay soil; gypsum waste, lime, CBR, permeability.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah merupakan material bangunan yang sangat penting karena tanah berfungsi untuk mendukung semua beban bangunan yang ada di atasnya, tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Untuk itu, dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kekuatan dukungan tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya. Maka dari itu, diperlukannya perbaikan tanah guna untuk meningkatkan daya dukung tanah, salah satunya adalah dengan stabilisasi perbaikan tanah secara kimiawi. Salah satu parameter yang dapat diketahui apakah tanah tersebut memiliki daya dukungnya baik atau tidak, bisa dilihat dari nilai CBR pada tanah.

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan. Menurut Bowles 1991, beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut: meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), mengganti tanah yang buruk.

Rumusan Masalah

- a. Seberapa besar pengaruh tanah lempung organik terhadap nilai CBR setelah ditambahkan dengan Gypsum dan kapur.
- b. Seberapa besar pengaruh tanah lempung organik terhadap permeabilitas setelah di tambahkan dengan limbah gypsum dan kapur.

Batasan Masalah

1. Penelitian hanya terbatas pada jumlah variasi campuran.
2. Tidak meneliti sifat kimia pada Kapur dan Gypsum.
3. Pengajuan sifat mekanik hanya dilakukan pada pengujian CBR dan permeabilitas.

Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis pengaruh campuran limbah gypsum dan kapur terhadap nilai CBR pada tanah lempung organik.
2. Untuk menganalisis campuran limbah gypsum dan kapur terhadap permeabilitas pada tanah lempung organik.

Manfaat Penelitian

1. Memanfaat gypsum sebagai bahan stabilisasi terhadap tanah lempung organik untuk mengetahui pengaruh nilai *California Bearing Ratio (CBR)* yang telah disubstitusikan dengan gypsum dan kapur.
2. Memanfaat gypsum sebagai bahan stabilisasi terhadap tanah lempung organik untuk mengetahui pengaruh nilai permeabilitas yang telah disubstitusikan dengan gypsum dan kapur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Tanah merupakan kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air atau kumpulan mineral, bahan *organic* dan endapan-endapan yang *relative* lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Menurut Suyono Sosrodarsono (1984) tanah didefinisikan sebagai partikel-partikel mineral yang tersemem maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia dan organis.

Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das, 1995). Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Joseph E. Bowles, 1989). Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah:

1. Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah (*Unified soil classification system*)
2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USDA
3. Klasifikasi sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transporting Official*)

Tanah Lempung

Menurut *Terzaghi* (1987) tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992) mengatakan Mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

Gypsum

Gypsum mempunyai senyawa $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum secara teknik, dikatakan sebagai zat kapur sulfat. Terbentuknya gypsum disebabkan oleh proses penguapan air laut yang membentuk batuan berwarna putih. Gypsum adalah mineral terbanyak dalam batuan sedimen dan lunak bila murni. beberapa pengaruh positif gypsum pada tanah gambut.

1. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah karena mengandung kalsium yang mampu mengikat tanah gambut yang dipengaruhi oleh agregat tanah.
2. Gypsum yang dicampur pada tanah gambut dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah dapat tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya menjadi lebih kecil.
3. Gypsum mampu meningkatkan kecepatan rembesan air karena gypsum itu sendiri lebih menyerap banyak air. (Ibnu Widiatoro, 2016)

Kapur

Kapur adalah material yang berasal dari batuan sedimen berwarna putih dan halus yang terutama tersusun dari mineral kalsium. Tiga senyawa utama yang mewujudkan kapur adalah kalsium karbonat, kalsium oksida, dan kalsium hidroksida, kapur yang ditemukan di alam juga dapat tercampur mineral magnesium.

Pengujian CBR Laboratorium

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) adalah untuk menentukan daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum. Pengujian CBR berdasarkan standar ASTM D1883 – 87, dilakukan terhadap dua kondisi yaitu kondisi *unsoaked* (sebelum perendaman) dan kondisi *soaked* (setelah perendaman). Sedangkan CBR lapangan (*CBR in place*). digunakan untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan tanah dasar saat itu. CBR lapangan direndam (*undisturbed soaked CBR*).digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum.

Pengujian Permeabilitas Laboratorium

Pada pengujian permeabilitas menggunakan alat modifikasi *constant pressure head*, data-data yang perlu diamati adalah sebagai berikut:

1. Volume rembesan (V), yang dapat diukur dari berat penampung air terisi (W1) dikurangi berat penampung air kosong
2. Berat jenis air (γ_w) = 1 gr/cm³
3. Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan rembesan air (t)

4. Tekanan yang diberikan (P)
5. Luas penampang benda uji (A)
6. Panjang benda uji (L)
7. Koefisien permeabilitas (k)

3. METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji dalam penelitian ini dilakukan di Laboraturium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi Gypsum dan Kapur
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Tanah Lempung Organik.

Notasi Dan Jumlah Sampel

Tabel 1. Jenis Sampel Pengujian Kompaksi

NO	JENIS PERCOBAAN	MATERIAL DAN KOMPOSISI CAMPURAN	KODE SAMPEL	JUMLAH SAMPEL (BUAH)	TOTAL SAMPEL
1	Pembuktian tanah lempung organik	Tanah asli (tanah lempung organik)	TA	1 Set	1
2	CBR	Tanah + 0% Limbah Gypsum + 15% Kapur	CBR0	3	12
		Tanah + 5% Limbah Gypsum + 10% Kapur	CBR5	3	
		Tanah + 10% Limbah Gypsum + 5% Kapur	CBR10	3	
		Tanah + 15% Limbah Gypsum + 0% Kapur	CBR15	3	
3	PERMEABILITAS	Tanah + 0% Limbah Gypsum + 15% Kapur	P0	3	12
		Tanah + 5% Limbah Gypsum + 10% Kapur	P5	3	
		Tanah + 10% Limbah Gypsum + 5% Kapur	P10	3	

Tabel 2. Jenis Sampel Pengujian CBR

No	Tanah Lempung organic		Limbah Gypsum		Kapur		Berat Campuran (g)
	Persentasi	Berat (g)	Persentasi	Berat (g)	Persentasi	Berat (g)	
1	100 %	4250	0 %	0	15 %	750	5000
2	100 %	4250	5 %	250	10 %	500	5000
3	100 %	4250	10 %	500	5 %	250	5000
4	100 %	4250	15 %	750	0 %	0	5000

Metode Analisis

Pada analisa data yang digunakan yaitu analisis terhadap data hasil uji di laboratorium dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Analisis sifat fisik tanah
2. Analisis tanah yang distabilisasi
3. Pengujian kompaksi
4. Pengujian CBR

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat Tanah Asli

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	53,62	%
2	Pengujian berat jenis	2,591	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	55,73	%
	2. Batas Plastis	33,15	%
	3. Batas Susut	32,66	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	22,58	%
	5. Activity	1,41	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100,00	%
	#10 (2,00 mm)	95,22	%
	#20 (0,85 mm)	87,60	%
	#40 (0,43 mm)	82,48	%
	#60 (0,25 mm)	82,02	%
	#80 (0,180 mm)	79,86	%
	#100 (0,15 mm)	77,76	%
	#200 (0,075 mm)	74,92	%
5	Pasir	25,05	%
	Lanau	29,01	%
	Lempung	45,85	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	20,58	%
	γ dry	1,44	gr/cm ³

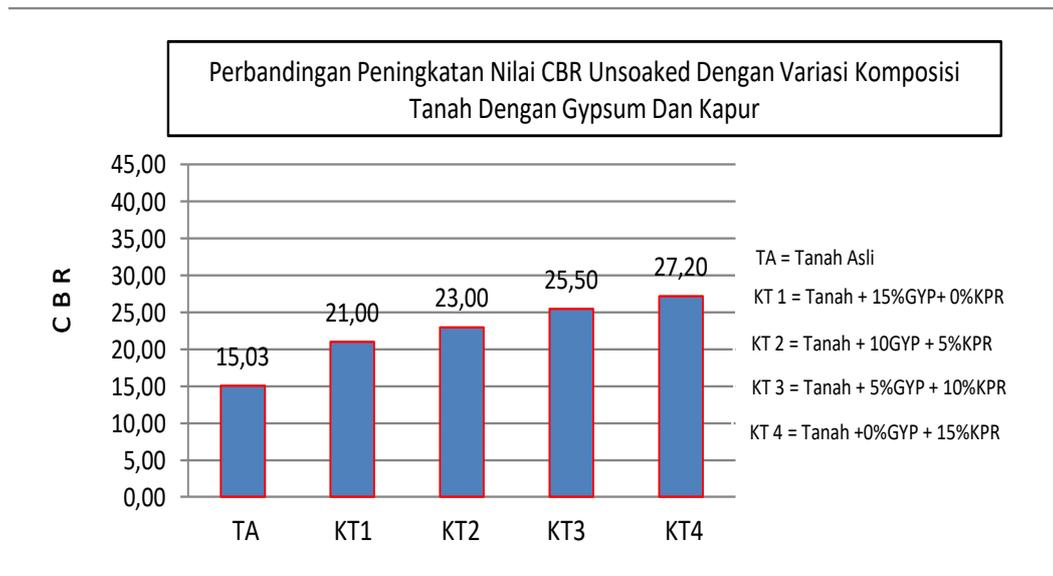
Sifat Mekanis Tanah

Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (Unsoaked)

Tabel 4. Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman

No.	Variasi Campuran	Nilai CBR
		(%)
1	Tanah Asli	15,03
2	Tanah + 15 % GYP +0%KPR	21,00
3	Tanah + 10% GYP +5%KPR	23,00
4	Tanah + 5 % GYP+ 10%KPR	25,50
5	Tanah + 0 % GYP+ 15%KPR	27,03

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

Gambar 1 Grafik Batang Nilai CBR Tanpa Rendaman Dengan Gypsum dan Kapur

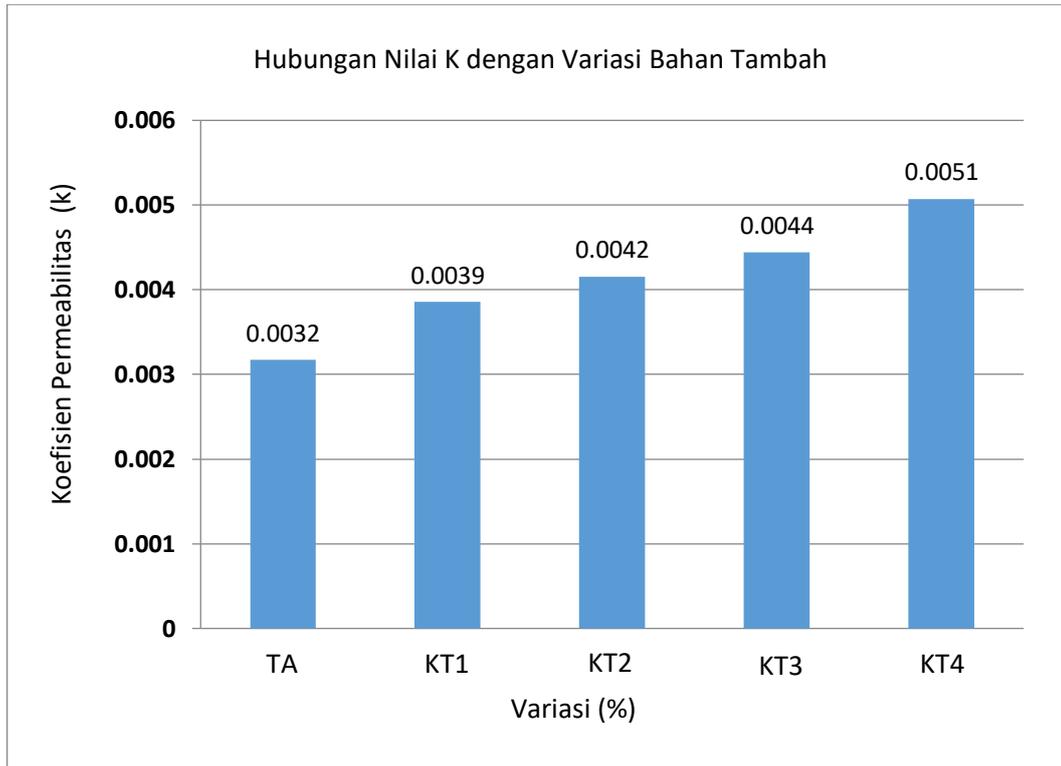
Berdasarkan grafik 4. Nilai CBR tanah asli 15,03% mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar kapur dan gypsum, Kenaikan nilai CBR (unsoaked) tertinggi terjadi pada penambahan prosentase 0% gypsum + 15% kapur, dengan nilai CBR = 27,20%. semakin banyak kadar kapur dan gypsum yang ditambahkan maka semakin kecil pembengkakan (swelling) yang terjadi pada tanah.

Hasil Pengujian Rembesan / Permeabilitas

Tabel 5. Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas

No.	Variasi Campuran	Koefisien Permeabilitas
		k (cm/menit)
1	Tanah Asli	0,003170742
2	TA + GYP 15% + KAPUR 0%	0,003855489
3	TA + GYP 5% + KAPUR 10%	0,004154321
4	TA + GYP 10% + KAPUR 5%	0,004443652
5	TA + GYP 0% + KAPUR 15%	0,005071658

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

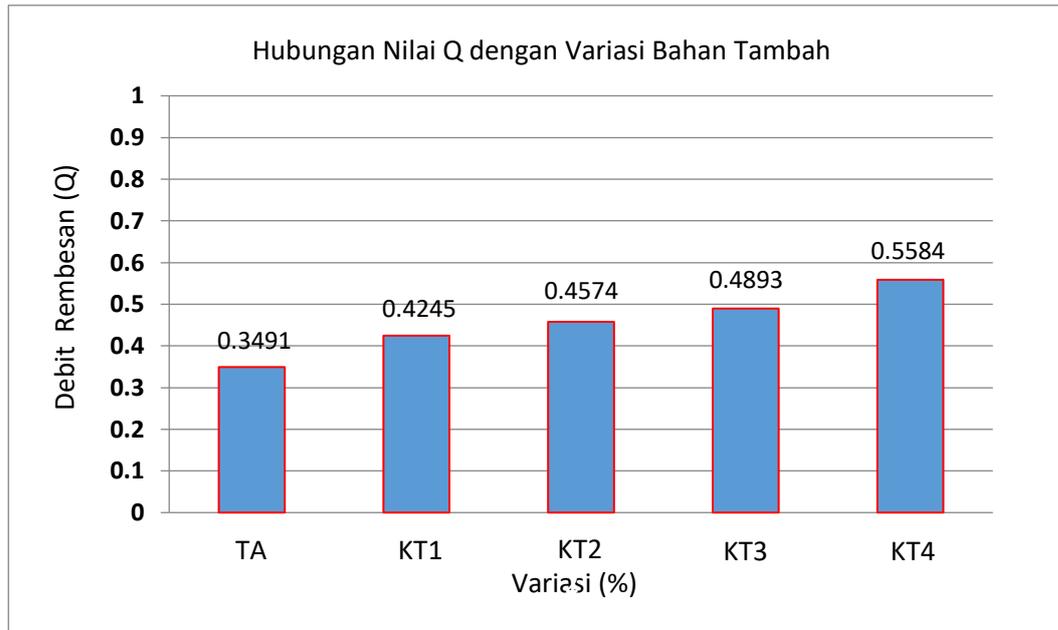
Gambar 2. Grafik Nilai Koefisien Permeabilitas

Berdasarkan gambar 4.2 didapat bahwa nilai koefisien permeabilitas mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah kadar variasi limbah dan kapur yang tetap yaitu sebesar 0.00507 cm/mnt.

Tabel 6. Hasil Uji Debit Rembesan (Q)

No.	Variasi Campuran	Debit Rembesan
		Q (cm/menit)
1	Tanah Asli	0,349135589
2	TA + GYP 15% + KAPUR 0%	0,424534194
3	TA + GYP 5% + KAPUR 10%	0,457439108
4	TA + GYP 10% + KAPUR 5%	0,489297815
5	TA + GYP 0% + KAPUR 15%	0,558448513

(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)



(Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021)

Gambar 3. Grafik Nilai Debit Rembesan

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik debit rembesan yang terus meningkat dengan nilai 0.5584 cm/mnt seiring bertambahnya kadar variasi bahan tambah. Dengan ini maka dapat dikatakan bahwa nilai koefisien permeabilitas (k) dan nilai debit rembesan (Q) berbanding lurus.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium, maka kami menarik beberapa kesimpulan tentang perilaku sampel tanah yang distabilisasi menggunakan bahan substitusi sebagai berikut:

1. Nilai California Bearing Ratio (CBR) tanpa rendaman untuk kondisi tanah asli adalah 0.1” sebesar **14,50%**, 0.2” sebesar **15.30%** sedangkan peningkatan nilai CBR untuk penambahan 15% gypsum + 0% KPR, 10% gypsum + 5% KPR, 5% gypsum + 10% KPR, 0% gypsum + 15% KPR, mengalami peningkatan secara berturut – turut sebesar **21,00%**, **23,00%**, **25,50%**, **27,03%**. Itu dikarenakan ukuran butir pada kapur dan gypsum sangat kecil sehingga dapat menutup pori-pori yang ada pada tanah.
2. Pada pengujian permeabilitas untuk tanah tanah asli tanpa variasi di dapat nilai koefisien permeabilitas dan debit rembesan masing masing sebesar 0.00317 cm/menit dan 0.3491 cm/menit dan terus meningkat seiring pertambahan kadar campuran gypsum dan kapur, menandakan bahwa koefisien permeabilitas dan debit rembesan berbanding lurus.

Saran

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu solusi untuk menangani masalah tanah lempung.
2. Perlu ada penelitian tentang penggunaan material – material bahan campuran lain yang dikombinasikan dengan tanah lempung, Kapur dan gypsum yang lebih variatif.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang judulnya ini, dengan menambahkan proporsi yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E, 1986, **Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua**, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, Joseph E. (1991). **Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah**, edisi kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 1995. **Mekanika Tanah 1**. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Cristiady. 2002. **Mekanika Tanah 1**. Penerbit Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christiady (2006), **Mekanika Tanah 1 edisi, 4 hal.48**. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2001. **Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian I (1st ed)**. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo Christady, Hary. 1996. **Teknik Pondasi 1**. Erlangga: Jakarta.
- Ibnu Widiatoro. 2016. **Laporan Kerja Praktek**. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIKA Soegijapranata Semarang.
- Sosrodarsono, Suyono. 1984. **Perbaikan dan Pengaturan Sungai**. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. **Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa**. Penerbit Erlangga, Jakarta.

PENGARUH KEHILANGAN ENERGI TERHADAP KEKASARAN DINDING PIPA

Andi Rumpang¹⁾, Satriawati Cangara²⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: andi.rumpang@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : satriawati.cangara@universitasbosowa.ac.id

Abstract

Pipes are closed channels that air usually circular cross section, and are used to drain the fluid with a look full flow. Pipes can be differentiated by size, material, usage, durability and hardness the inner surface of the pipe. Energy loss in the pipe at result from the friction between the water pipe wall. Roughness of the pipe, pipe length and diameter of the pipe, and the type of fluid greatly influences the flow rate. The connections, bends, valves (valve), and other accessories. In research on seamless pipes, the greater the flow velocity (0.578 m/s - 3.740 m/s) in the pipeline, then the value of the energy loss (0.030 - 3.954) also will be greater and the greater the value of the rough pipe flow velocity (0.875 m/s - 2.548 m/s) in the pipeline, the energy loss value (0.077- 0.523) also will be greater. The difference with experiments on smooth pipes is its velocity greater, is caused by a cross-section in the pipeline has a smoother surface and has a cross-sectional area smaller than the plumbing rough, and the flow velocity in the pipe of low crude caused friction with the pipe surface rough.

Keyword : coefficient of friction, energy loss, flow rate, rough plumbing, smooth pipes.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya ber penampang lingkaran, dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Aliran fluida didalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Penurunan tekanan aliran didalam pipa sangat penting untuk dipahami dalam perencanaan sistem perpipaan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui kecepatan aliran pipa akibat kekasaran dinding pipa.
2. Untuk mengetahui kehilangan energi akibat kekasaran dinding pipa terhadap kecepatan aliran

2. TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Fluida

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila terkena tegangan geser. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Adapun sifat – sifat dasar fluida yaitu : kerapatan (*density*), berat jenis (*specific gravity*), tekanan (*pressure*), dan kekentalan (*viscosity*).

Sistem Jaringan Pipa

Sistem jaringan pipa adalah pipa – pipa yang saling berhubungan yang menjadi laluan aliran ke suatu lubang keluar tertentu yang dapat datang dari beberapa rangkaian pipa. Sistem jaringan pipa ini berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Adapun system jaringan pipa terdiri pipa hubungan seri, pipa hubungan parallel dan pipa hubungan bercabang.

Kehilangan Energi Aliran Melalui Pipa

Pada zat cair yang mengalir didalam pipa akan terjadi tegangan geser dan gradient kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Dalam hal ini ada beberapa jenis kehilangan energi didalam pipa yaitu kehilangan energi utama (*major*), kehilangan energi sekunder (*minor*) dan Kehilangan Energi Akibat Gesekan.

Kehilangan energi mayor

Kehilangan energi mayor terjadi akibat adanya kekentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas pipa dan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam.

a. Kehilangan Energi

Adapun Rumusnya Kehilangan Energi ditunjukkan pada persamaan :

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Dimana : hf = tinggi hilang akibat gesekan (m)

f = faktor gesek (*friction factor*)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

b. Bilangan Reynolds

Adapun Rumusnya Bilangan Reynolds ditunjukkan pada persamaan :

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

Dimana : Re = Bilangan Reynolds

v = kecepatan aliran (m/s)

D = Diameter pipa (m)

ν = kekentalan kinematika (m²/s)

c. Koefesien Gesek

Adapun Rumusnya Koefesien Gesek ditunjukkan pada persamaan :

$$f = \phi(Re, k/D)$$

Dimana : f = Koefisien gesek (*friction factor*)

φ = Fungsi

Re = Bilangan Reynolds

k = Nilai kekasaran pipa

D = Diameter pipa

d. Kecepatan Aliran

Adapun Rumusnya Kecepatan Aliran ditunjukkan pada persamaan :

$$v = (2 \cdot g \cdot \Delta h)^{1/2} \quad Q_{\text{empiris}} = v \cdot A \quad Q_{\text{percobaan}} = V : t_{\text{rata-rata}}$$

Dimana ; v = Kecepatan Aliran (m/s)

Q = Debit (m³/s)

g = Percepatan gravitasi (m²/s)

Δh = Beda tinggi tekanan

A = Luas penampang (m²)

t_{rata-rata} = Waktu (s)

V = Volume (m³)

Kehilangan energi minor

Disamping adanya kehilangan energi akibat gesekan pipa, terjadi pula kehilangan energi dalam pipa akibat perubahan penampang pipa, belokan, dan akibat katub.

3. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan (Januari - Maret) pada semester dengan lokasi penelitian di Laboratorium Hidraulika Politeknik Negeri Ujung Pandang, Kota Makassar, Propinsi Sulawesi Selatan.

Alat dan Bahan Yang Digunakan

A. Alat fluid friction measurement

Fluid Friction Measurement yaitu perangkat nilai kekasaran untuk menyelidiki nilai kehilangan energi dan nilai kekasaran zat cair yang mengalir dalam suatu pipa akibat belokan, pengecilan, dan pembesaran penampang, dan kondisi lain dalam suatu sistem aliran pipa.



B. Bahan Yang Di gunakan

- perangkat keras berupa laptop dan printer
- perangkat lunak berupa microsoft office dan microsoft excel.

Langkah Kerja / Prosedur Penelitian

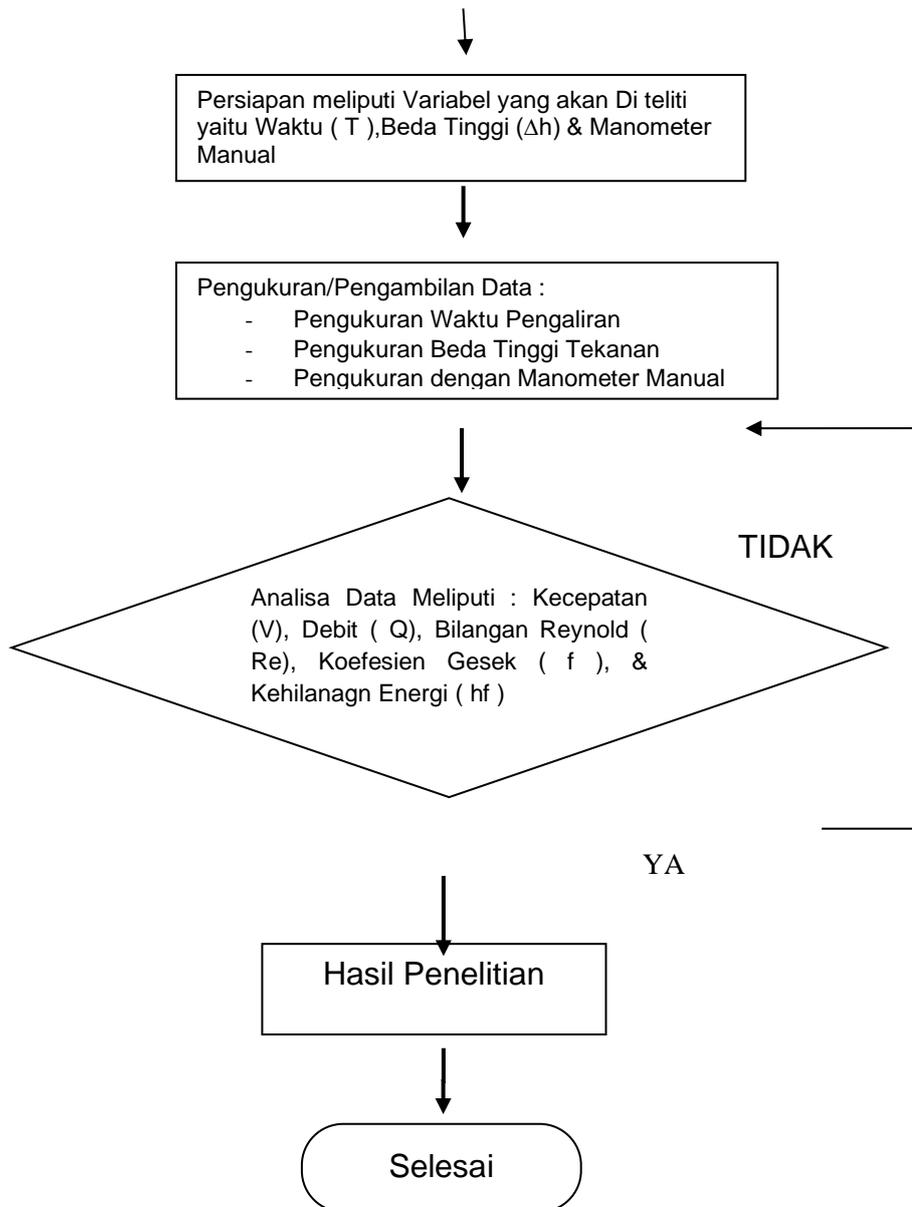
Langkah Kerja / Prosedur Penelitian pipa halus dan pipa kasar :

- 1) Menyalakan mesin pompa air dan membuka katup pengontrol secara perlahan-lahan hingga air kembali ke bak penampungan.
- 2) Setelah aliran penuh, air akan mengalir ke sistem jaringan melalui pipa inlet, hingga dialirkan kembali ke bak penampungan (*reservoir*).
- 3) Semua katup pengatur yang ada pada jaringan dalam keadaan terbuka, termasuk katup untuk *piezometer*.
- 4) Pastikan tidak ada gelembung udara dalam pipa atau pada tabung *piezometer*.
- 5) Menentukan katup mana yang akan digunakan dalam pengujian, dan katup yang tidak digunakan ditutup.
- 6) Katup yang akan digunakan dihubungkan dengan *piezometer*, dengan menggunakan selang, dan hasil dari pembacaannya (H_1 dan H_2) dicatat.
- 7) Kemudian debit (Q) dihitung dengan menentukan volume sebanyak 3 liter, dan mengamati waktu (T) yang dibutuhkan untuk mencapai volume tersebut dengan menggunakan stopwatch, dan hasilnya dicatat (T_1 , T_2 , dan T_3).
- 8) Setelah itu ulangi kembali langkah nomor 4 sampai nomor 8 sebanyak 5 kali.
- 9) Pembacaan dilakukan pada masing - masing jenis pipa halus yang lainnya (pipa nomor 2, pipa nomor 3, dan pipa nomor 4).

Flowchart Penelitian

Prosedur penelitian adalah urutan atau tahapan-tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga akhir penelitian ini. Adapun prosedur penelitian ini dapat dilihat pada model flow chart di bawah ini :

Mulai



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembacaan pada percobaan A, nilai kehilangan energi pada pipa halus menggunakan manometer manual

Tabel 1. Pembacaan percobaan pipa halus dengan manometer manual

No.	Nama Pipa	Volume (liter)	H1	H2	ΔH	Waktu (T)			T rata – rata
						T1	T2	T3	
1	Pipa 1 $\varnothing=4,5$ mm	3	506	474	32	1349,22	1220,58	1454,1	1341,30

		3	522	427	95	491,13	430,5	491,13	470,92
		3	615	352	263	252,57	250,5	247,2	250,09
		3	742	248	494	181,11	181,17	178,02	180,10
		3	841	168	673	135,84	139,11	142,17	139,04
2	Pipa 2 Ø=7,7 mm	3	439	312	127	93,55	91,26	93,18	92,66
		3	458	297	161	81,38	83,28	88,91	84,52
		3	531	234	297	55,1	56,82	55,07	55,66
		3	628	152	476	44,42	43,09	44,73	44,08
		3	754	41	713	32,84	34,29	34,03	33,72

Tabel 2. Pembacaan percobaan pipa halus dengan manometer manual

No.	Nama Pipa	Volume (liter)	H1	H2	ΔH	Waktu (T)			T rata – rata
						T1	T2	T3	
3	Pipa 3 Ø=12,5 mm	3	390	354	36	62,92	70,75	73,13	68,93
		3	408	346	62	50,72	53,08	51,85	51,88

4		3	422	338	84	43,66	43,14	43,68	43,49
		3	457	317	140	34,07	33,04	33,25	33,45
		3	492	298	194	25,03	26,72	26,7	26,15
	Pipa 4 Ø=18,5 mm	3	417	400	17	28,66	28,65	28,53	28,61
		3	448	405	43	18,06	18,18	18,22	18,15
		3	475	417	58	14,05	14,54	14,28	14,29
		3	518	428	90	10,86	10,16	10,88	10,63
		3	585	443	142	7,39	8,5	8,99	8,29

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Pipa Halus

No.	Nama Pipa	Percepatan Gravitasi (m ² /s)	ΔH	Kecepatan (V) (m/s)
1	Pipa 1	9,81	0,032	0,792
		9,81	0,095	1,365

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Pipa Halus

No.	Nama Pipa	Percepatan Gravitasi (m ² /s)	ΔH	Kecepatan (V) (m/s)
1	Pipa 1	9,81	0,263	2,272

		9,81	0,494	3,113
		9,81	0,673	3,634
2	Pipa 2	9,81	0,127	1,579
		9,81	0,161	1,777
		9,81	0,297	2,414
		9,81	0,476	3,056
		9,81	0,713	3,740
		9,81	0,036	0,840
3	Pipa 3	9,81	0,062	1,103
		9,81	0,084	1,284
		9,81	0,140	1,657
		9,81	0,194	1,951
		9,81	0,017	0,578
4	Pipa 4	9,81	0,017	0,578

		9,81	0,043	0,919
		9,81	0,058	1,067
		9,81	0,090	1,329
		9,81	0,142	1,669

a. Perhitungan Debit

Untuk perhitungan debit, digunakan dua metode perhitungan yaitu perhitungan menggunakan rumus empiris dan metode percobaan.

- 1) Debit menggunakan rumus empiris

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\tau D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times 0,0045^2}{4}$$

$$A = 0,000016 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

$$= 0,792 \times 0,000016$$

$$= 0,000013$$

- 2) Debit menggunakan metode percobaan

$$Q = v / t$$

$$Q = 0,003 / 1341,3$$

$$Q = 0,000002$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Debit Pipa Halus

No.	D (m)	Π	A m ²	V m/s	Q _{empiris} (m ³ /s)	Q _{percobaan} (m ³ /s)	Q _{empiris} (m ³ /s)	Q _{percobaan} (m ³ /s)
1	0,0045	3,14	0,000016	0,792	0,000013	0,000002	1,259561	0,223664
	0,0045	3,14	0,000016	1,365	0,000022	0,000006	2,170231	0,637051
	0,0045	3,14	0,000016	2,272	0,000036	0,000012	3,610955	1,199568
	0,0045	3,14	0,000016	3,113	0,000049	0,000017	4,948888	1,665741

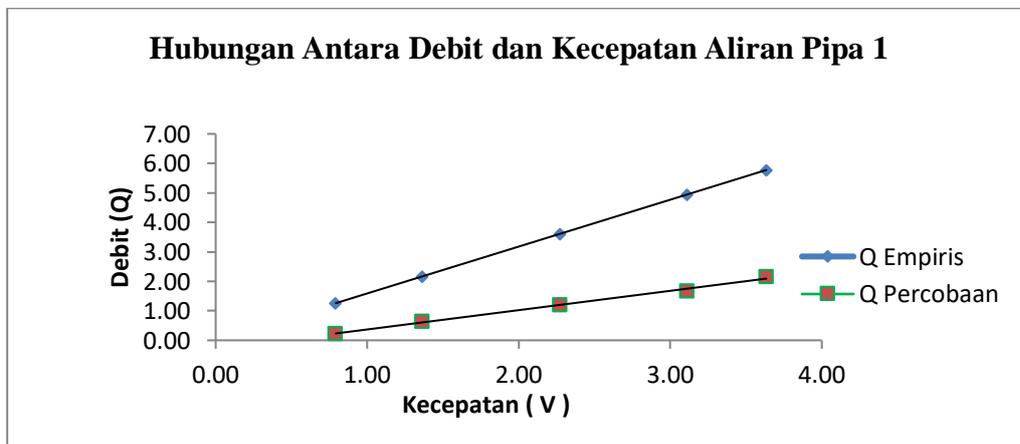
	0,0045	3,14	0,000016	3,634	0,000058	0,000022	5,776326	2,157652
2	0,0077	3,14	0,000047	1,579	0,000073	0,000032	7,346872	3,237527
	0,0077	3,14	0,000047	1,777	0,000083	0,000035	8,272058	3,549316

Tabel 6. Hasil Perhitungan Debit Pipa Halus

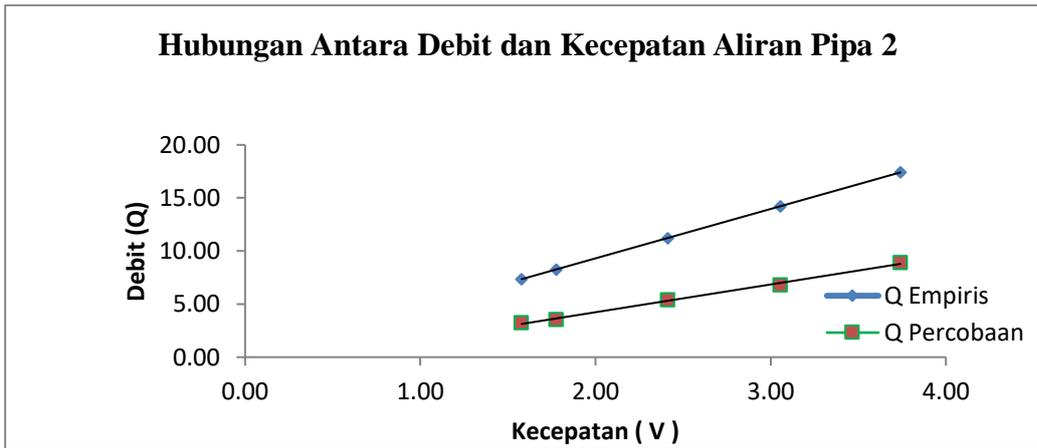
No.	D (m)	T	A (m ²)	V (m/s)	Q ^{empiris} (m ³ /s)	Q ^{percobaan} (m ³ /s)	Q ^{empiris} (m ³ /s)	Q ^{percobaan} (m ³ /s)
2	0,0077	3,14	0,000047	2,414	0,000112	0,000054	11,235149	5,389544
	0,0077	3,14	0,000047	3,056	0,000142	0,000068	14,223422	6,805808
	0,0077	3,14	0,000047	3,740	0,000174	0,000089	17,407860	8,896797
3	0,0109	3,14	0,000093	0,840	0,000078	0,000044	7,838327	4,352031
	0,0109	3,14	0,000093	1,103	0,000103	0,000058	10,286509	5,782204
	0,0109	3,14	0,000093	1,284	0,000120	0,000069	11,973243	6,897609
	0,0109	3,14	0,000093	1,657	0,000155	0,000090	15,457390	8,967716
	0,0109	3,14	0,000093	1,951	0,000182	0,000115	18,195878	11,472275

	0,0172	3,14	0,000232	0,578	0,000134	0,000105	13,412215	10,484623
	0,0172	3,14	0,000232	0,919	0,000213	0,000165	21,330954	16,525891
4	0,0172	3,14	0,000232	1,067	0,000248	0,000210	24,773653	20,993702
	0,0172	3,14	0,000232	1,329	0,000309	0,000282	30,860098	28,213166
	0,0172	3,14	0,000232	1,669	0,000388	0,000362	38,763254	36,173633

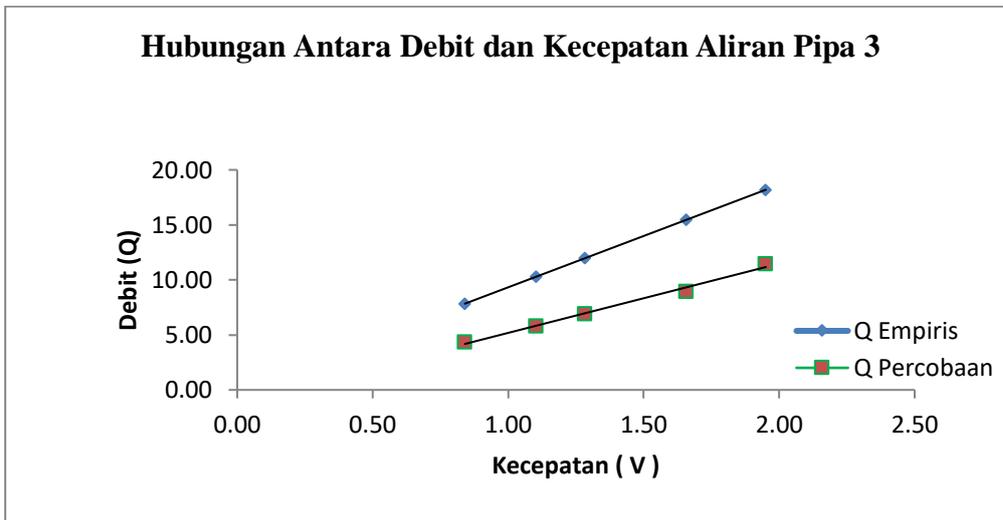
Berdasarkan tabel 6, dapat dibuatkan grafik perbandingan antara nilai perhitungan debit menggunakan rumus empiris dengan nilai perhitungan debit menggunakan metode percobaan pada pipa halus. Grafik hubungan perbandingan antara debit empiris dengan debit percobaan dan kecepatan pada pipa halus dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai gambar 4.4



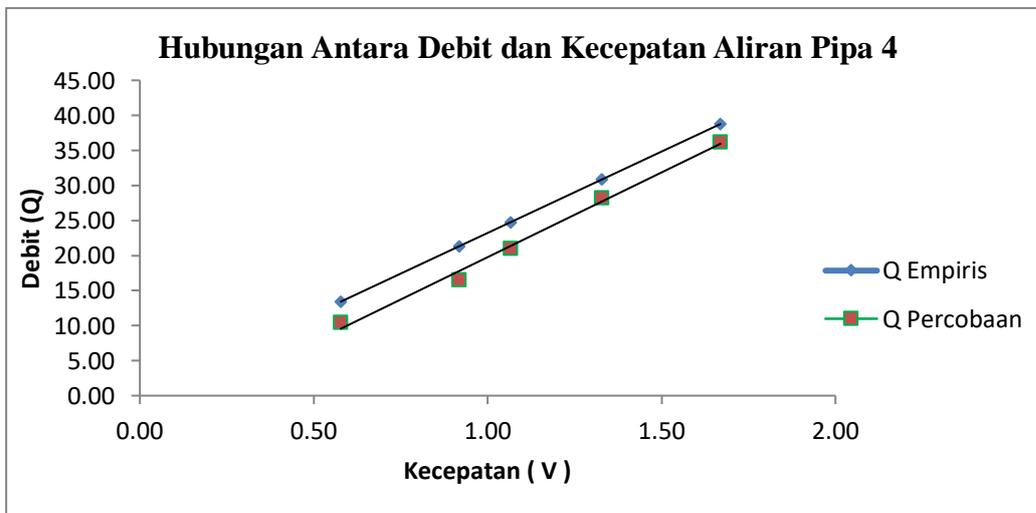
Gambar 1. Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 1



Gambar 2. Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 2



Gambar 3. Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 3



Gambar 4. Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 4

b. Perhitungan bilangan reynold

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,792 \times 0.0045}{8,010 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 4451,481$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Bilangan Reynold Pipa Halus

No.	Diameter (m)	Kekentalan Keinematika	Kecepatan (V) m/s	Angka Reynold	Jenis Aliran
1	0.0045	0.0000008010	0.792	4451.481	Transisi
	0.0045	0.0000008010	1.365	7669.928	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	2.272	12761.666	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	3.113	17490.127	Turbulen
	0.0045	0.0000008010	3.634	20414.419	Turbulen
2	0.0077	0.0000008010	1.579	15174.332	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	1.777	17085.223	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	2.414	23205.233	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	3.056	29377.253	Turbulen
	0.0077	0.0000008010	3.740	35954.436	Turbulen
3	0.0109	0.0000008010	0.840	11436.542	Turbulen

	0.0109	0.0000008010	1.103	15008.570	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.284	17469.607	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.657	22553.165	Turbulen
	0.0109	0.0000008010	1.951	26548.767	Turbulen

Tabel 8. Hasil Perhitungan Bilangan Reynold Pipa Halus

NO	Diameter (m)	Kekentalan Keinematika	Kecepatan (V) (m/s)	Angka Reynold	Jenis Aliran
	0.0172	0.0000008010	0.578	12401.377	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	0.919	19723.304	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.067	22906.537	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.329	28534.265	Turbulen
	0.0172	0.0000008010	1.669	35841.783	Turbulen

c. perhitungan Koefisien Gesekan

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,316}{4451,481^{0,25}}$$

$$f = 0,03869$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Rumus Empiris dan Menggunakan Diagram Moody

No.	Angka Reynold	Koefisien gesekan (f) (Empiris)	Koefisien gesekan (f) (Diagram Moody)
1	4451.481	0.03869	0.03800
	7669.928	0.03377	0.03310
	12761.666	0.02973	0.02915
	17490.127	0.02748	0.02700
	20414.419	0.02644	0.02590

Tabel 9 diatas Hasil Perhitungan Koefisien Gesekan Menggunakan Rumus Empiris dan Menggunakan Diagram Moody

d. Perhitungan Kehilangan Energi

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 0,03869 \frac{1,00}{0,0045} \frac{0,792^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_f = 0,275$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari tabel 4.1 sampai tabel 4.5 dapat dihitung nilai kehilangan energi yang terjadi pada pipa halus selama melakukan penelitian. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai kehilangan energi pada pipa halus dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 10. Hasil perhitungan kehilangan energi Pada Pipa Halus

No.	Panjang Pipa (L) (m)	Diameter Pipa (D) (m)	Percepatan gravitasi (g)	Kecepatan (V) (m/s)	Koefisien Gesekan (f)	Kehilangan energi (hf)
1	1.00	0.0045	9.81	0.792	0.03869	0.275
	1.00	0.0045	9.81	1.365	0.03377	0.713

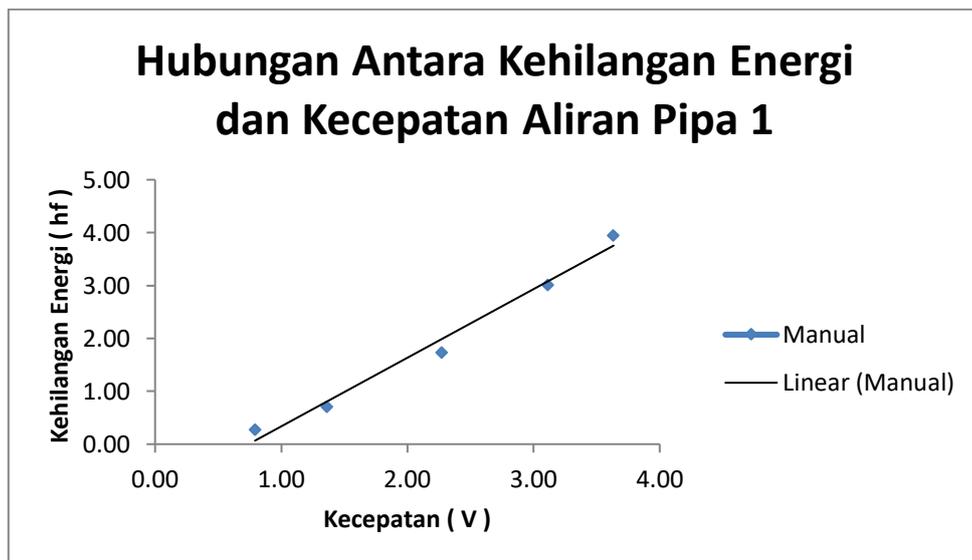
	1.00	0.0045	9.81	2.272	0.02973	1.738
	1.00	0.0045	9.81	3.113	0.02748	3.016
	1.00	0.0045	9.81	3.634	0.02644	3.954
2	1.00	0.0077	9.81	1.579	0.02847	0.470
	1.00	0.0077	9.81	1.777	0.02764	0.578
	1.00	0.0077	9.81	2.414	0.02560	0.988
	1.00	0.0077	9.81	3.056	0.02414	1.492
	1.00	0.0077	9.81	3.740	0.02295	2.125

Tabel 11. Hasil perhitungan kehilangan energi Pada Pipa Halus

NO	Panjang Pipa (L) (m)	Diameter Pipa (D) (m)	Percepatan Gravitasi (g)	Kecepatan (V) (m/s)	Koefesien Gesek (f)	Kehilangan Energi (hf)
3	1.00	0.0109	9.81	0.840	0.03056	0.101
	1.00	0.0109	9.81	1.103	0.02855	0.162
	1.00	0.0109	9.81	1.284	0.02749	0.212
	1.00	0.0109	9.81	1.657	0.02579	0.331

	1.00	0.0109	9.81	1.951	0.02476	0.441
4	1.00	0.0172	9.81	0.578	0.02994	0.030
	1.00	0.0172	9.81	0.919	0.02667	0.067
	1.00	0.0172	9.81	1.067	0.02569	0.087
	1.00	0.0172	9.81	1.329	0.02431	0.127
	1.00	0.0172	9.81	1.669	0.02297	0.190
	1.00	0.0172	9.81			

Setelah dihitung, maka ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran masing – masing pipa halus sebagai berikut :



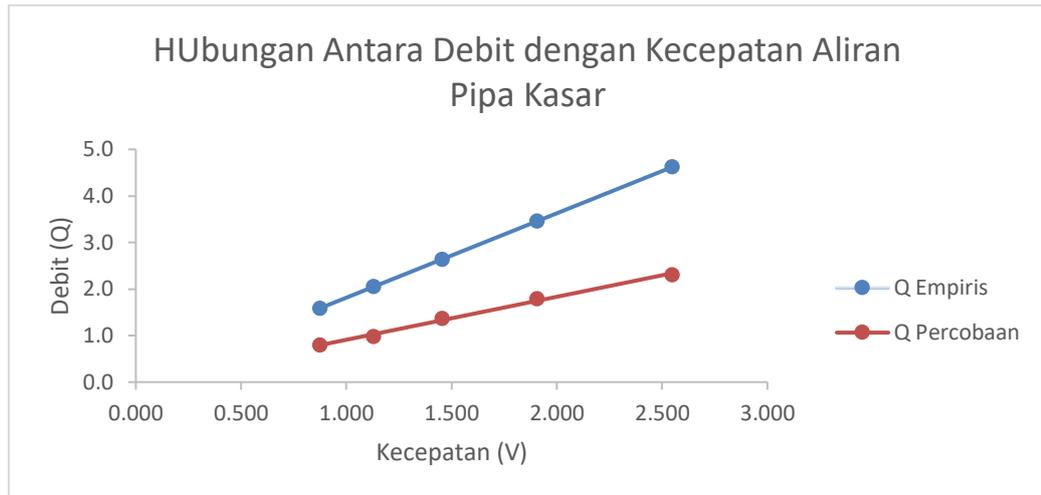
Gambar 5. Grafik Hubungan Kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa 1

1	Pipa 5 (Pipa Kasar)	3	423	384	39	38,22	35,33	39,83	37,79
		3	442	377	65	31,29	30,55	30,09	30,64
		3	472	364	108	20,12	22,78	22,84	21,91
		3	529	344	185	17,43	17,06	15,82	16,77
		3	631	300	331	12,8	13,04	13,13	13,00

Tabel 13. Hasil Perhitungan Debit pada Pipa Kasar

No.	Diameter (m)	π	Luas Penampang (A) m ²	Kecepatan (V) m/s	Debit (Q) ^{Empiris} (m ³ /s)	Debit (Q) Percobaan (m ³ /s)
1	0,0152	3,14	0,000181	0,875	0,0001586	0,0000794
	0,0152	3,14	0,000181	1,129	0,0002048	0,0000979
	0,0152	3,14	0,000181	1,456	0,0002640	0,0001369
	0,0152	3,14	0,000181	1,905	0,0003455	0,0001789
	0,0152	3,14	0,000181	2,548	0,0004622	0,0002308

Untuk grafik hubungan perbandingan antara debit empiris dengan debit percobaan dan kecepatan aliran pada pipa kasar dapat dilihat pada gambar berikut :

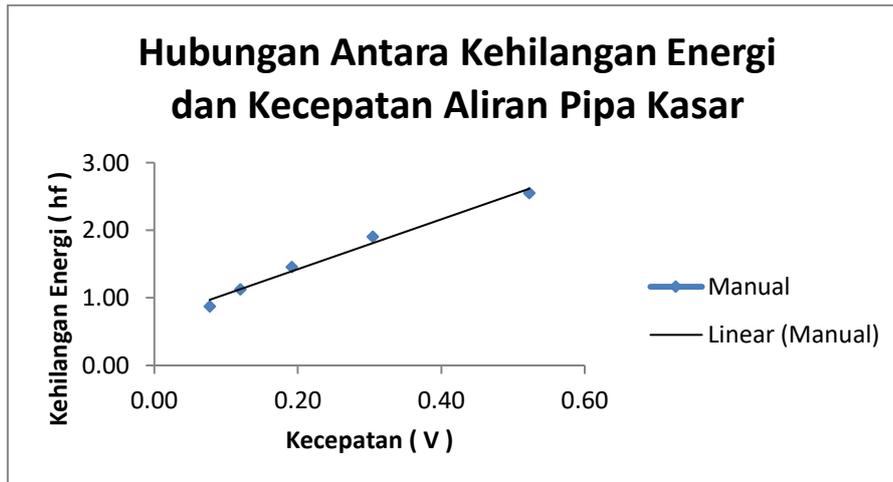


Gambar 9. Grafik Perbandingan Q Empiris dengan Q Percobaan Pipa 5

Tabel 13. Hasil Perhitungan Kehilangan Energi Pada Pipa Kasar

No.	Panjang Pipa (L) (m)	Diameter Pipa(D) (m)	Percepatan gravitasi (g)	Kecepatan (V)(m/s)	Koefisien Gesekan (f)	Kehilangan energi (hf)
1	1,00	0,0152	9,81	0,875	0,03000	0,077
	1,00	0,0152	9,81	1,129	0,02800	0,120
	1,00	0,0152	9,81	1,456	0,02700	0,192
	1,00	0,0152	9,81	1,905	0,02500	0,304
	1,00	0,0152	9,81	2,548	0,02400	0,523

Setelah dihitung, maka ditampilkan dalam grafik hubungan antara kehilangan energi dan kecepatan aliran pada pipa kasar berikut :



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara kehilangan Energi dan Kecepatan Aliran Pipa kasar

5. KESIMPULAN

- a. Pada percobaan pipa halus
Semakin besar nilai kecepatan aliran (0,578 m/s – 3,740 m/s) dalam pipa, maka nilai kehilangan energi (0,030 – 3,954) juga akan semakin besar. Ini membuktikan bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan nilai kehilangan energi.
- b. Pada percobaan pipa kasar
Semakin besar nilai kecepatan aliran (0,875 m/s – 2,548 m/s) dalam pipa, maka nilai kehilangan energi (0,077 – 0,523) juga akan semakin besar. Ini membuktikan bahwa kecepatan aliran berbanding lurus dengan nilai kehilangan energi. Bedanya dengan percobaan pada pipa halus adalah kecepatannya lebih besar, ini diakibatkan karena penampang bagian dalam pipa memiliki permukaan yang lebih halus dan memiliki luas penampang yang lebih kecil dibandingkan dengan pipa kasar, dan kecepatan aliran pada pipa kasar rendah diakibatkan adanya gesekan dengan permukaan pipa yang kasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritama, Ananta. 2007. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi berdasarkan Optimasai Diameter Serat*, (Online), (https://eprints.undip.ac.id/16414/1/Ananta_Ariatama.pdf diakses 15 Oktober 2014).
- Autoshare. 2012. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat pada Beton terhadap Kuat Lentur Beton*, (Online), (<http://autosshare88.blogspot.com/2012/02/engaruh-penambahan-serat-kawat-pada.html> diakses 10 Maret 2015).
- B Wardah. Ansar Fauzin. 2005. *Perbandingan Kuat Tarik dan Tekan Beton Serat Bendrat Spiral dengan Beton Normal*, Tugas Akhir tidak diterbitkan, Makassar : Jurusan Teknik Sipil, Politeknk Negeri Ujung Pandang.
- Dwikusuma. 2012. *Aplikasi Beton Non Pasir Sebagai Pengganti Pipa pada Penampungan Mata*, (online), (<https://dwikusumadpu.wordpress.com/2012/11/21/beton-non-pasir-no-fines-concrete/> diakses 28 okt 2014).
- Dwikusuma. 2012. *Beton Non Pasir (No Fines Concrete)*, (Online), (<https://dwikusumadpu.wordpress.com/2012/11/21/beton-non-pasir-no-fines-concrete/> diakses 10 Maret 2015).
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi beton*. Yogyakarta

Tjaronge,M.W. 2012.*Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga*, CV Telaga Zam Zam, Makassar.

Trisnoyuwono, Diarto.ST.MT. 2014. *Beton Non Pasir*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Widodo, Aris. 2012. Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat pada Campuran Beton, (Online), (<http://www.jtsp-unnes.org/2013/06/pengaruh-penggunaan-potongan-kawat.html> diakses 10 Maret 2015).

PENGGUNAAN IRON SLAG SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN HRS-WC

Tamrim Mallawangeng¹⁾, Abdul Rahim Nurdin²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: tamrimmallawangeng@universitasbosowa.ac.id

²⁾Departemen Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : rahimnurdiin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Aggregate with good qualities and traits needed for pavement directly bear the burden of traffic and pass kelapisan that are below. In the reality on the ground there are certain areas that are difficult to get a standard aggregate for pavement materials, an alternative to the road pavement is utilizing local materials as an example; iron slag aggregate. The research method is a method in laboratory experiments is making mix asphalt aggregate HRS-WC replace the standard 10-20 aggregate mm and 0,5-10 melly meter iron slag. Testing is done by making 12 specimen to obtain the optimum bitumen content at 7.4% and then made again 20 sample that used iron slag with variation 0%, 25%, 50%, and 100% of the values obtained result of marshall Stability, Flow, VIM, VMA and Marshall Quotien between standards and iron slag aggregate experience increase in line with the prevailing usage iron slag while VFB value, density, Film and Thick Asphalt between standard aggregate and iron slag decrease with the size of the use of iron slag. Marshall test soaking the rest of 30 minutes and 24 of the results Obtained the highest value of the remainder marshall 92.26 % on variations 100 % iron slag . Aggregate iron slag aggregate the which meet the requirements of the standard (specification of Highways Ministry of Public Works 2010 Revision 3) can be used to aggregate asphalt mixture .

Keywords : Pavement , Hot Rolled Sheet - Wearing Course , aggregate iron slag , asphalt

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan aspal di Indonesia dapat diterapkan secara meluas dalam program pembinaan jalan. Pada tahun 1980-an Bina Marga mengembangkan campuran aspal yang dikenal dengan Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) atau *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang diyakini menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik. Campuran aspal panas adalah suatu kombinasi pencampuran antar agregat bergradasi senjang yang berisi agregat kasar, halus, dan *filler* sebagai komposisi utama kemudian ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur serta dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu sehingga membentuk suatu campuran yang bisa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan pada jalan.

Jenis perkerasan dengan menggunakan campuran aspal panas adalah jenis perkerasan lentur. Dalam pembuatan campuran aspal panas, terlebih dahulu agregat dan aspal yang digunakan dipanaskan. Fungsi dari pemanasan ini adalah agar memudahkan dalam pelaksanaan pencampuran. Sebagaimana kita ketahui, aspal dalam kondisi dingin memiliki sifat fisik yang relatif kaku, sehingga untuk mencairkan perlu dipanaskan terlebih dahulu pada suhu tertentu barulah dicampurkan dengan agregat. Desain campuran yang dipakai adalah desain untuk jenis campuran Lataston Lapis Aus atau dikenal dengan *Hot Rolled Shet Wearing Coarse (HRS-WC)* yang mengacu pada Spesifikasi Beton Aspal Campuran Panas Tahun 2010, dimana campuran lataston merupakan campuran aspal panas dengan menggunakan gradasi agregat senjang, atau dengan kata lain meniadakan ukuran tertentu dari urutan gradasi agregat dengan harapan mendapatkan suatu campuran aspal yang mempunyai daya tahan atau kelenturan yang tinggi serta tahan terhadap kelelahan plastis.

Salah satu agregat buatan yang sering dijumpai dewasa ini adalah *Iron Slag* atau limbah besi. Limbah besi atau *Iron Slag* merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan besi yang secara fisik menyerupai agregat kasar. *Iron Slag* dapat terbentuk pada saat pengolahan besi-besi reduksi, dimana limbah dari besi tersebut akan membentuk gumpalan-gumpalan kasar.

Pada studi ini penulis memilih limbah Iron Slag sebagai agregat kasar pada campuran HRS-WC dan dapat menghasilkan solusi untuk bahan material alternatif yang memenuhi spesifikasi pada pekerjaan jalan yang murah dan mudah didapat. Sehingga penulis mengangkat judul

“Penggunaan Iron Slag Sebagai Agregat Kasar pada Campuran HRS-WC”, sebagai judul tugas akhir ini.

2. BATASAN MASALAH

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun lingkup penelitian ini terbatas pada ;

1. Perencanaan campuran menggunakan perencanaan campuran untuk lapis permukaan HRS – WC mengacu pada Spesifikasi Beton Aspal Campuran Panas dari Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2010 Revisi 3
2. Sumber campuran beton aspal yang dipakai pada penelitian terdiri dari :
 - a) Aspal yang digunakan adalah jenis aspal minyak penetrasi 60/70.
 - b) Agregat kasar, agregat halus, dan abu batu yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Bili – bili kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.
 - c) Limbah *Iron Slag* dari PT. Barawaja Makassar.
3. Agregat kasar yang akan diganti pada agregat 10-20 dan 0,5-10mm
4. Pengujian dengan *Marshall Test*
5. Test *Marshall* Sisa (Perendaman 30 menit dan 24 jam).
6. Pengujian dilakukan terhadap aspal dan campuran HRS–WC dengan variasi prosentase Iron Slag 0%, 25%, 50%, 75%, 100%
7. Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium dan tidak melakukan pengujian lapangan.
8. Penelitian ini dilakukan selama ± 2 bulan.
9. Penelitian dilakukan di laboratorium aspal Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Jalan

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan permukaan jalan yang terdiri dari campuran agregat yang bisa berupa batu pecah, batu kali dan berfungsi untuk menahan beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Lapis perkerasan tersebut harus mampu dilewati kendaraan-kendaraan yang akan melintas diatas jalan tersebut dengan tingkat kenyamanan tertentu dan harus anti selip.

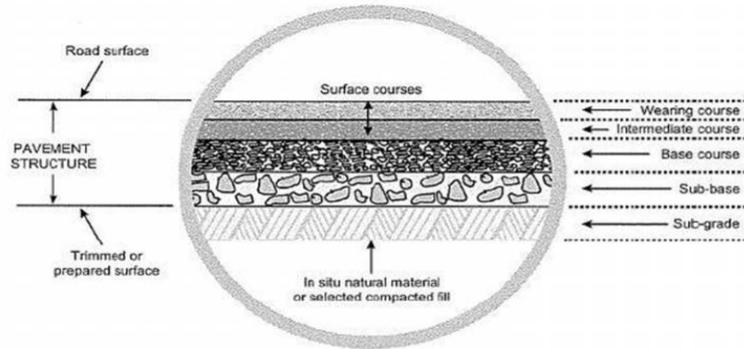
Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan permukaan jalan yang terdiri dari campuran agregat yang bisa berupa batu pecah, batu kali dan berfungsi untuk menahan beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Lapis perkerasan tersebut harus mampu dilewati kendaraan-kendaraan yang akan melintas diatas jalan tersebut dengan tingkat kenyamanan tertentu dan harus anti selip.

Susunan struktur perkerasan biasanya terdiri dari lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapisan tanah dasar (*subgrade course*). Selain mampu menahan gaya-gaya yang terjadi pada permukaan perkerasan, ketebalan dari masing-masing lapisan juga harus memperhitungkan cuaca dan drainase yang akan terjadi pada lokasi jalan tersebut. Berikut adalah jenis-jenis perkerasan sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat aspal.

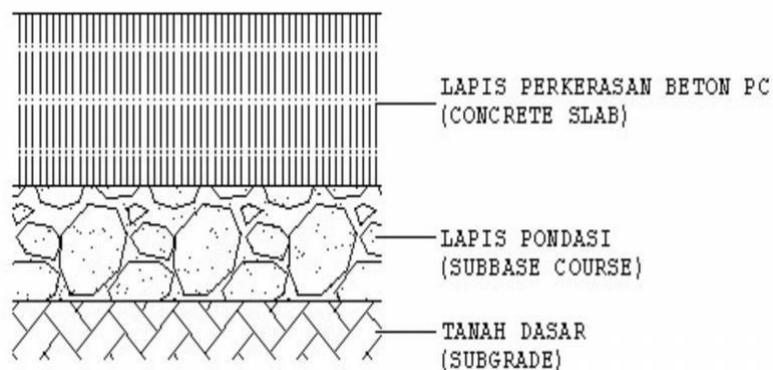
- b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).



Gambar 1. Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

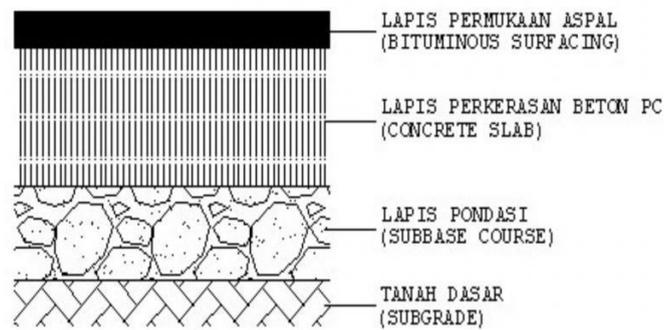
- a. Memakai bahan pengikat semen *portland* (PC).
- b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan.
- e.



Gambar 2. Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

- a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
- b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 3. Komponen Perkerasan Komposit

Pekerasan Lentur

Pekerasan lentur lebih banyak digunakan dalam pembangunan jalan di Indonesia dibandingkan dengan pekerasan kaku. Hal ini disebabkan karena biaya yang dikeluarkan untuk membangun pekerasan lentur lebih kecil dibandingkan dengan biaya untuk membangun pekerasan kaku. Agar struktur pekerasan lentur dapat berfungsi dengan baik, maka perlu dilakukan perencanaan dan pemeliharaan terhadap struktur pekerasan lentur tersebut.

Berikut adalah jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Laston dikenal pula dengan nama *AC (Asphalt Concrete)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm. Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a) Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *AC-WC* adalah 4 cm.
 - b) Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Tebal nominal minimum *AC-WC* adalah 6 cm.
 - c) Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)*. Tebal nominal minimum *AC-BC* adalah 7,5 cm.
2. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:
 - a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *HRS-WC* adalah 3 cm.
 - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-base)*. Tebal nominal minimum *HRS-Base* adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa pula disebut sebagai *SS (Sand Sheet)* atau *HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)*. Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:
 - a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama *HRSS-A* atau *SS-A*. Tebal nominal minimum *HRSS-A* adalah 1,5 cm.
 - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama *HRSS-B* atau *SS-B*. Tebal nominal minimum *HRSS-A* adalah 2 cm. Gradasi agregat *HRSS-B* lebih kasar dari *HRSS-A*
4. Lapisan perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapis perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf *L (Leveling)*. Jadi ada jenis campuran *AC-WC(L)*, *AC-BC(L)*, *AC-*

5. *SMA (Split Mastic Asphalt)* adalah beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Campuran ini mempergunakan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk menstabilisasi kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis *SMA*, yaitu:
 - a. *SMA* 0 / 5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm.
 - b. *SMA* 0 / 8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm.
 - c. *SMA* 0 / 11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm.

Sumber Aspal

Proses pemisahan dari bahan bakar minyak bumi dapat dilihat pada gambar 2.1

Agregat

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur erkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75- 85% agregat berdasarkan prosentase volume.

Limbah Iron Slag

Limbah Iron Slag adalah bongkahan panas yang telah diproses melalui penyemprotan air tekanan tinggi sehingga bongkahan *slag* pecah menjadi ukuran butir tertentu. Limbah Iron Slag adalah limbah pabrik metalurgi berupa leleha material yang sudah diambil kandungan. Metalnya melalui proses pemisahan.

Tabel 1. Persyaratan *iron slag* kasar

Sifat-sifat Agregat Slag	Metode Pengujian	Satuan	Persyaratan
Berat Jenis - Bulk - SSD - Apparent	SNI 03-1969-1990	Kg/m ³	Maks. 3.5
Penyerapan terhadap air	SNI 03-1969-1990	%	Maks. 3
Keausan agregat dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	%	Maks. 40
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat, %	SNI 03-3407-1994	%	Maks. 12
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	%	Min. 95
Partikel pipih dan lonjong*	ASTM D 4791	%	Maks. 10

Niali setara pasir, %	SNI 03-4428-1997	%	Halus maks.50
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	%	Maks. 1

Sumber : Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman

Catatan: * Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1:5 Penggunaan Agregat Slag Besi dan Baja untuk Campuran Beraspal Panas

Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan Pengisi (*filler*) berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Bahan yang sering digunakan sebagai *filler* adalah *fly ash*, abu sekam, debu batu kapur, dan semen *Portland*. *Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks 1%). *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *Portland*.

Campuran Aspal Panas (*Hotmix*)

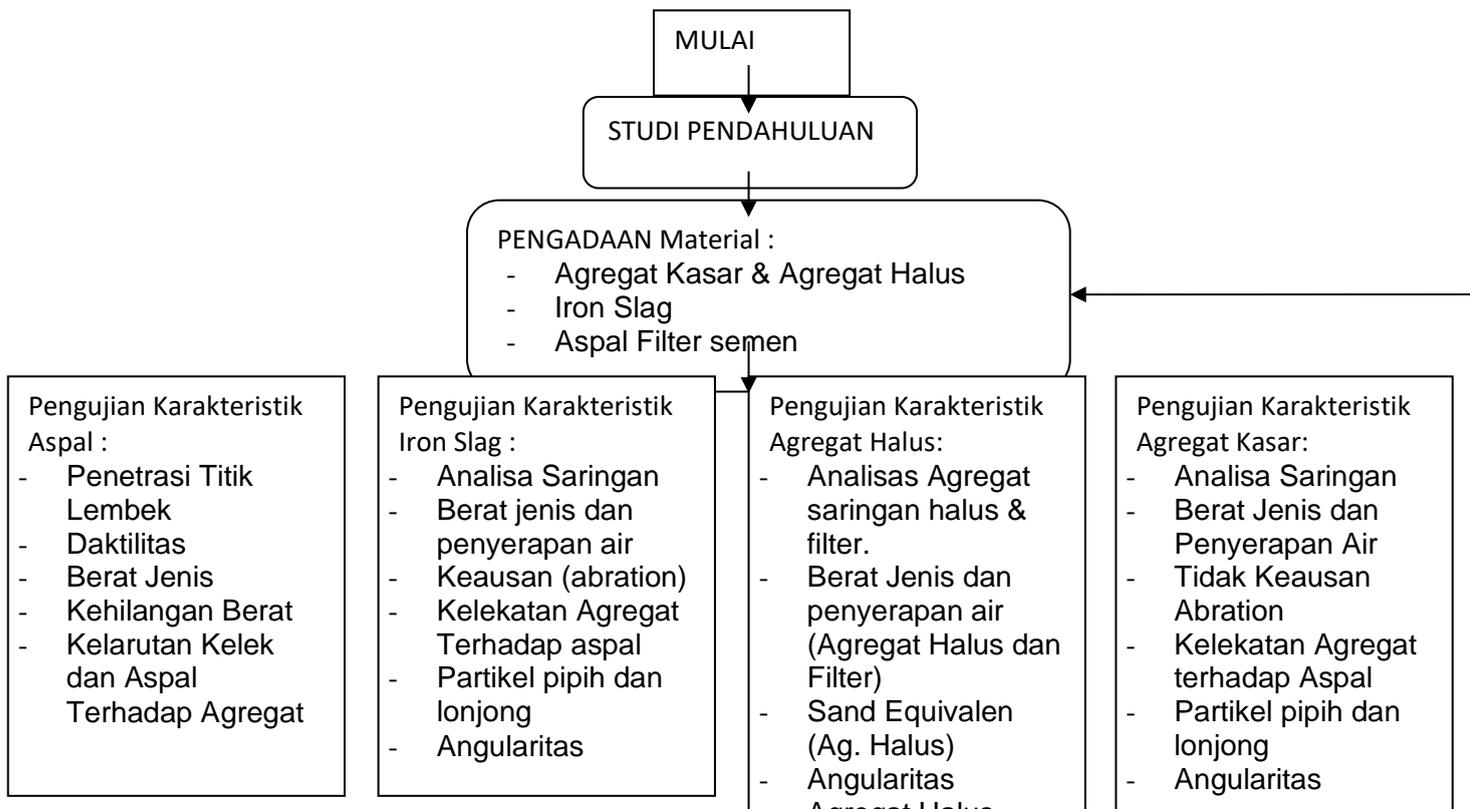
Campuran aspal panas adalah suatu kombinasi pencampuran antar agregat bergradasi rapat yang berisi agregat kasar,halus,dan *filler* sebagai komposisi utama kemudian ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat.Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur serta dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu sehingga membentuk suatu campuran yang bisa digunakan sebagai bahan pelapis pengerasan pada jalan.

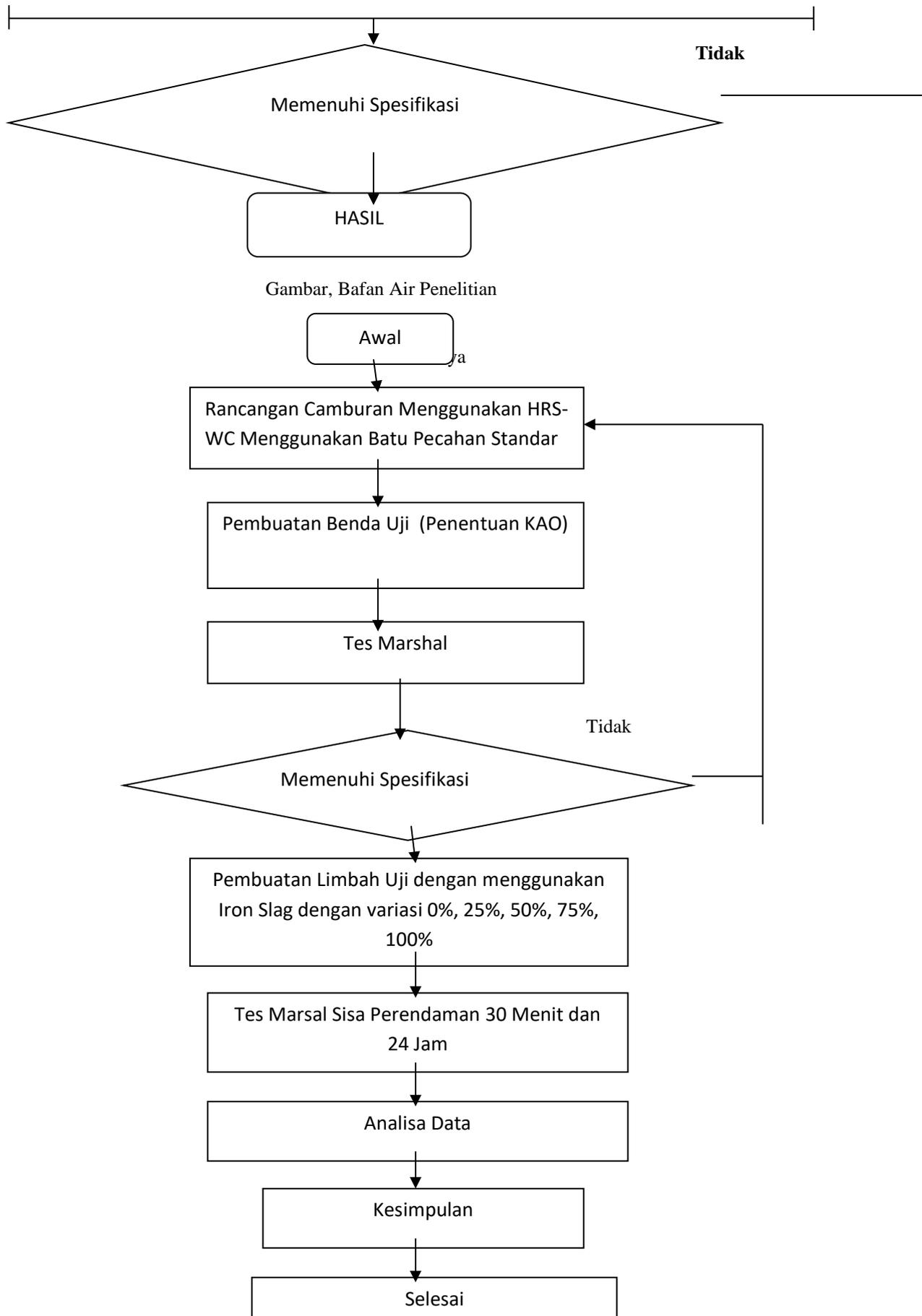
Beton Aspal

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

3. METODELOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian





Gambar 4. Bagan alir Pengujian untuk Campuran Aspal HRS-WC

Lokasi Pengambilan Material

Lokasi pengambilan material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 lokasi, yaitu :

- a) Agregat kasar, agregat halus, dan abu batu yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Bili - bili kab. Gowa, Sulawesi Selatan.
- b) Limbah *Iron Slag* dari PT. Barawaja Makassar.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium bahan jalan dan aspal. Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar. Waktu Pelaksanaan, Penelitian ini dimulai bulan Agustus 2015.

4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar untuk rancangan campuran ataston (HRS-WC) dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 2. Hasil analisa saringan agregat

No	% Lolos Saringan			
	Agregat 1-2	Agregat 0.5 -1	Pasir	Limbah Iron Slag
1 1/2"	100	100	100	100
1"	100	100	100	95.51
3/4"	100	100	100	89.11
1/2"	70.19	99.28	100	59.51
3/8"	0.99	95.66	100	42.57
No.4	0.44	21.59	97.75	8.00
No.8	0.22	0.30	94.87	0.74
No.16	0.10	0.22	89.29	0.56

No.30	0.07	0.20	74.01	0.44
No. 50	0.06	0.19	34.87	0.32
No. 100	0.06	0.15	9.45	0.26
No.200	0.04	0.11	6.09	0.17
PAN	0	0	0	0

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 3. Rekapitulas hasil pemeriksaan agregat kasar (batu pecah 1 - 2)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	23.16	-	30	%
Berat jenis dan penyerapan 1. Bulk 2. SSD 3. Apparent 4. Penyerapan	AASHTO T84-88	2.6 2.67 2.79 2,57	2.5 2.5 2.5	3	%
Angularitas	SNI 7619-2012	98.84	95/90		
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	100	95		%

Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791	8,42	-	10	%
----------------------------	------------	------	---	----	---

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pemeriksaan agregat kasar (Batu pecah 1-2) diatas memenuhi persyaratan spesifikasi 2010 (Revisi 3).

Tabel 4. Hasil pemeriksaan agregat kasar (batu pecah 0.5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
Berat jenis dan penyerapan	AASHTO T84-88				
1. Bulk		2.58	2.5		
2. SSD		2.68	2.5		
3. Apparent		2.81	2.5		
4. Penyerapan		2.66		3	%
Angularitas	SNI 7619-2012	99.17	95/90		%

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pemeriksaan agregat kasar (Batu pecah 0.5-1) diatas memenuhi persyaratan spesifikasi 2010 (Revisi 3).

Tabel 5. Hasil pemeriksaan agregat limbah *iron slag*

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	23.152	-	30	%
Berat jenis dan penyerapan					

1. Bulk	SNI 03-1969- 1990	3.07	-	3.5	
2. SSD		3.12	-	3.5	
3. Apparent		3.24	-	3.5	
4. Penyerapan		1.76		3	%
Angularitas	-	100	95		%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439- 1991	100	95		%
Partikel pipih dan lonjong	-	7,54	-	10	%

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pemeriksaan agregat limbah *iron slag* diatas memenuhi persyaratan spesifikasi 2010 (Revisi 3).

Tabel 6. Hasil pemeriksaan agregat halus (Pasir)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
Berat jenis dan penyerapan	AASHTO T84- 88				
1. Bulk					
2. SSD		2.69	2.5		
3. Apparent		2.76	2.5		
4. Penyerapan		2.91	2.5		
		2.9		3	%

Sand Ekuivalen	SNI 03-4428-1997	98.48	50		%
Angularitas	AASHTO TP-33	45.3	45	-	%

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pemeriksaan agregat halus (Pasir) diatas memenuhi persyaratan spesifikasi 2010 (Revisi 3).

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Bahan Pengikat (Aspal)

Hasil pemeriksaan Karakteristik Bahan Pengikat (aspal) untuk rancangan campuran Lataston (HRS-WC) dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal)

Jenis pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
Penetrasi	SNI 06-2456-1991	68.40	60	79	Mm
Kehilangan berat	SNI 06-2441-1991	0,25	-	0.8	% berat
Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48.10	48	-	o c
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	100	95	-	%
Berat jenis	SNI 2434 : 2011	1.034	1	-	gr/ml
Daktilitas	SNI 2434 : 2011	120.5	100	-	Mm
Kelarutan	AASHTO T44-03	99.52	99	-	%

Sumber : Hasil Pengujian

Dari rekapitulasi hasil pemeriksaan bahan pengikat (aspal) diatas memenuhi persyaratan spesifikasi 2010 (Revisi 3)

Penentuan Proporsi Agregat Gabungan

Dalam penganalisaan gradasi dan penggabungan agregat untuk mendapatkan proporsi agregat yang diinginkan serta sesuai dengan hasil yang diisyaratkan adalah merupakan langkah yang sangat penting dalam mendesain campuran Lataston (HRS-WC). komposisi campuran yang memenuhi spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 8. Gradasi Gabungan Lataston (HRS-WC)

AGGREGATE GRADING					COMBINED AGGREGATE GRADING				TOTAL	SPEC
ASTM	(AVERAGE)			AC - WC (HALUS)						
SIEVE SIZE	Agregat (1-2)	Agregat (0.5 - 1)	Pasir	Filler (Semen)	Agregat 1-2	Agregat (0.5-1)	Pasir	Filler		
3/4"	100	100	100	100	19%	18%	61.00%	2%	100	100
1/2"	70.19	99.28	100	100	13.34	17.87	61	2	94.21	90 – 100
3/8"	0.99	95.66	100	100	0.19	17.22	61	2	80.41	75–85

# 4	0.44	21.59	97.75	100	0.08	3.89	59.63	2	65.6	-
# 8	0.22	0.30	94.87	100	0.04	0.05	57.87	2	59.97	50-72
# 16	0.10	0.22	89.29	100	0.02	0.04	54.46	2	56.52	-
# 30	0.07	0.20	74.01	100	0.01	0.04	45.15	2	47.2	35-60
# 50	0.06	0.19	34.87	100	0.01	0.03	21.27	2	23.32	-
# 100	0.06	0.15	9.45	100	0.01	0.03	5.77	2	7.8	-
# 200	0.04	0.11	6.09	100	0.01	0.02	3.72	2	5.74	10-6

Sumber : Hasil Pengujian

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kami dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Nilai karakteristik dari iron slag memenuhi spesifikasi Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum untuk digunakan dalam campuran aspal HRS-WC.
2. Nilai stabilitas dan flow untuk perendaman 30 menit dengan suhu 60°C yang menggunakan iron slag didapat nilai 1918,6 kg dan flow 3,91 mm
lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRS-WC yang tidak menggunakan iron slag dengan nilai stabilitas 1286,6 kg dan flow 3,29 mm.
3. Nilai Stabilitas sisa 92,26% campuran HRS-WC yang menggunakan iron slag lebih tinggi dari campuran HRS-WC yang tidak menggunakan iron slag dengan nilai stabilitas sisa 88,47 %

Saran

Sebagaimana dengan hasil kesimpulan diatas, kami menyarankan agar :

1. Jika iron slag digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada perkerasan jalan maka perlu memperhatikan lokasi dan jumlah material iron slag yang digunakan karena apabila menggunakan agregat ini perlu adanya industri besi yang mengelolah limbah ini agar lebih mudah memperoleh bongkahan seperti agregat standar.
2. Untuk lebih lanjut karakteristik campuran HRS-WC dengan menggunakan Iron Slag maka perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai jenis campuran ini, misalnya dengan menggunakan iron slag sebagai agregat halus ataupun sebagai filler dengan kondisi yang ekstrim dan menggunakan zat aditif 0,2% sampai 0,4% terhadap berat kadar aspal yang digunakan.
3. Iron slag sebaiknya digunakan pada campuran HRS-Base untuk menghindari besarnya keausan roda kendaraan akibat permukaan iron slag yang kasar dan tajam.
4. Nilai yang diperoleh dalam penelitian ini tidaklah merupakan nilai yang mutlak. Untuk itu perlu dilakukan pengujian di lapangan dengan campuran yang sama dan dapat dibandingkan hasilnya dengan pengujian yang ada di laboratorium dan jika menggunakan iron slag pada campuran aspal, hendaknya pada pelaksanaan penghamparan dilapangan dilakukan pada siang hari karena lebih menguntungkan mengingat sifat panas yang dimiliki iron slag.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Ali. 2009. *Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume*. Semarang : Laporan Akhir
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.(online),
(http://eprints.undip.ac.id/20408/1/ali_akhmadi.pdf. diakses 24 Desember 2014).
- Anonim. 2005. *Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman Penggunaan Agregat Slag Besi dan Baja untuk Campuran Beraspal Panas*. Bandung
- Anonim. 2010. *Spesifikasi Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimus, 2001 *Buku Penuntun Praktikum Aspal dan Jalan Raya*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Gunawan, G, dkk. 2011. *Pemanfaatan Slag Baja untuk Teknologi Jalan yang Ramah Lingkungan*.
- Irawan, Dwi Agus Susilo dan Bahri, Samsul. 2009. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi sebagai Bahan Pengganti Sejumlah Agregat Halus pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*.

Bengkulu : Universitas Bengkulu.

Ismanto, Bambang. 2001. *Perancangan Perkerasan dan Bahan*. Bandung.

Juandi dan Putra, Andi Adriansya. 2011. *Pengaruh Pengganti Agregat Kasar dengan Iron Slag PT. Barawaja Makassar Terhadap Kuat Tekan Beton*. Laporan Tugas Akhir. Makassar : Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Leksminingsih. 2010. *Pengkajian Kinerja Slag dan Batu Gamping pada Perkerasan Jalan*. Bandung. (Online),

(<http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/273101952071907-0284.pdf> diakses 22 Desember 2014).

Sukirman. 1995. *Iron slag*. (Online), (<http://www.PetraChristianuniversityLibrary/jiunkpe/s1/sip4/2001htm>.diakses 7 Januari 2015).

PENGARUH ABU AMPAS TEBU TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN ZAT TAMBAH SUPERPLASTICIZER

Arman Setiawan¹⁾, Eka Yuniarto²⁾, Valentino³⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: arman.setiawan@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: eka.yuniarto@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: valentinovino133@gmail.com

ABSTRAK

Semakin banyaknya kebutuhan manusia dalam bidang konstruksi maka semakin banyak pula material yang di butuhkan. Hal tersebut menyebabkan sebagian orang mulai mengembangkan penemuan dengan metode menggantikan material (semen) dengan material yang tidak terpakai (Abu Ampas Tebu) atau dengan menggunakan beton yang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini digunakan ikatan antara Fly Ash, Abu Ampas Tebu dan Superplastisizer. Abu ampas tebu ini banyak mengandung senyawa silika (SiO₂) yang dapat bereaksi dengan Ca(OH)₂, sedangkan Superplasticizer digunakan untuk membuat beton dengan kelayakan yang baik, sehingga beton dapat dikerjakan dengan mudah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu ampas tebu dengan zat tambah superplasticizer. Penelitian terhadap AAT dilakukan sebagai bahan substitusi parsial fly ash dengan presentase berturut-turut AAT 5%, AAT 10% dan AAT 15% didapatkan nilai kuat tekan yaitu 26,0 MPa, 23,0 MPa, dan 20,3 Mpa. Sedangkan pada variasi AAT 5% SP.2%, AAT 10% SP.2% dan AAT15% SP.2%, didapatkan nilai kuat tekan rata-rata yaitu, 32,0 MPa, 27,2 MPa, dan 25,22 MPa. Serta kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan Superplasticizer sebagai bahan tambah pada pengujian umur 28 hari sebesar 37,0 MPa.

Kata kunci: Geopolimer, Superplasticizer, Abu Ampas Tebu

ABSTRACT

The more human needs in the construction sector, the more materials are needed. This has caused some people to start developing inventions by replacing the material (cement) with unused material (Sugar Bagasse) or by using environmentally friendly concrete. In this study, the bond between Fly Ash, Sugarcane Bagasse Ash and Superplasticizer was used. Bagasse ash contains a lot of silica compounds (SiO₂) which can react with Ca(OH)₂, while Superplasticizer is used to make concrete with good feasibility, so that concrete can be worked easily. This study aims to determine the effect of using bagasse ash with superplasticizer added. Research on AAT was carried out as a partial substitute for fly ash with a successive percentage of AAT 5%, AAT 10% and AAT 15%, the compressive strength values were 26.0 Mpa, 23.0 Mpa, and 20.3 Mpa. While the variations of AAT 5% SP.2%, AAT 10% SP.2% and AAT15% SP.2%, the average compressive strength values obtained are 32.0 Mpa, 27.2 Mpa, and 25.22 Mpa. . As well as the compressive strength of geopolymer concrete using Superplasticizer as an added material in the 28-day age test of 37.0 Mpa.

Keywords: Geopolymer, Superplasticizer, Bagasse Ash

1. PENDAHULUAN

Semakin banyaknya kebutuhan manusia dalam bidang konstruksi maka semakin banyak pula material yang di butuhkan. Hal tersebut menyebabkan sebagian orang mulai mengembangkan penemuan dengan metode menggantikan material (semen) dengan material yang tidak terpakai (Ampas Ampas Tebu) atau dengan menggunakan beton yang rama lingkungan. Contohnya saja beton adalah beton geopolimer. Dalam penelitian ini digunakan ikatan antara Fly Ash, Abu Ampas Tebu dan Superplastisizer. Abu Ampas Tebu merupakan sisa

pembakaran dari ampas tebu yang di peroleh dari PT. Perkebunan Nusantara, Takalar. Abu ampas tebu ini banyak mengandung senyawa silika (SiO_2) yang dapat bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Superplasticizer digunakan untuk membuat beton dengan kelayakan yang baik, sehingga beton dapat dikerjakan dengan mudah. Pemilihan tipe superplasticizer menentukan sifat segar dan keras beton geopolimer sehingga penggunaannya perlu disesuaikan dengan tujuan yang diinginkan seperti workability setting time dan kuat tekan oleh karena itu penelitian tentang berbagai tipe superplasticizer dilakukan. Penelitian dapat dimulai dengan beberapa tipe superplasticizer, seperti superplasticizer Sulphonated Naphthalene. Senyawa yang berbeda akan menghasilkan hasil yang berbeda, beton geopolimer tidak bisa disamakan dengan beton biasa yang menggunakan semen.

Beton polimer merupakan jenis beton yang tidak mengandung semen sama sekali sehingga ramah terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam produksi semen menghasilkan emisi gas CO_2 yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi (Davidovitz, 1994).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum.

Beton geopolimer adalah beton yang menggunakan bahan polimer sebagai pengikatnya menggantikan semen portland. Polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer (Wikipedia). Salah satu contohnya ialah ikatan Si-O-Al-O, sehingga bahan yang digunakan harus mengandung banyak Aluminium (Al) dan Silikon (Si) yang bisa ditemukan di tanah liat, kaolinit, *silica fume*, dan *Fly Ash*. Beton polimer ini terbentuk dari reaksi kimia dan bukan dari reaksi hidrasi seperti pada beton biasa (Davidovits, 1999). Pada tahun 1978, Seorang ahli berkebangsaan Perancis bernama Joseph Davidovits menemukan bahwa cairan alkalin bisa digunakan untuk mereaksikan silikon (Si) dan aluminium (Al) dalam material seperti *fly ash* dan jerami untuk menghasilkan pengikat (Li, Ding dan Zhan). Karena material geologi yang terkandung dalam ikatan polimerisasi beton ini, maka beton polimer jenis ini juga biasa disebut dengan beton geopolymer berbasis *Fly Ash*. Proses polimerisasi yang terjadi di dalam beton polimer meliputi reaksi kimia yang terjadi antara alkalin dengan mineral Si-Al sehingga menghasilkan rantai polimerik konsisten (Davidovitz, 1999). Davidovitz (1978) menggunakan istilah “poly(sialate)” sebagai nama kimia dari beton polimer yang berbahan dasar siliko-aluminate. Sialate adalah singkatan dari silikon-oxo-aluminate

2.2 Abu Ampas Tebu (AAT).

Abu ampas tebu dihasilkan dari pembakaran ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk boiler yang digunakan dalam proses produksi pembuatan gula di Pabrik Gula Takalar. Abu ampas tebu ini banyak mengandung senyawa silika (SiO_2) yang dapat bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Abu ampas tebu yang di hasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran 600°C , sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan dari semula berwarna yang berhitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi cokelat agak kemerahan dimana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang tinggi.

2.3 Fly Ash

Menurut SNI 2049-2014. Abu terbang (fly ash) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. Material ini mempunyai kadar semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozolan, yaitu sifat bahan dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam (aktif) dan air pada suhu kamar, membentuk senyawa yang padat dan tidak larut dalam air.

2.4 Cairan Alkalin Aktivator

Logam Alkalin adalah golongan dalam tabel periodik yang berisi unsur – unsur litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs) dan Fransium (Fr) (Wikipedia). Penggunaan alkali sebagai aktivator dalam pembuatan polimer baik pada polimer mortar maupun polimer beton memiliki peranan yang sangat penting sebagai salah satu bahan pengikat unsur aluminium dan unsur silikat yang terkandung dalam abu terbang sehingga terbentuk suatu ikatan polimerisasi dan mempercepat reaksi yang terjadi antara abu terbang dan unsur-unsur tersebut. Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kuat tekan mortar polimer yang dapat dicapai umumnya juga

semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi aktivator maka jumlah mol yang terdapat di dalamnya semakin banyak sehingga reaksi polimerisasi semakin sempurna (Furmei, 2009).

2.5 Superplasticizer Sulphonated-Naphthalene

Superplasticizer merupakan bahan tambah (admixture). Admixture adalah bahan selain Abu Ampas Tebu, Alkalin, agregat dan air yang ditambahkan pada campuran beton geopolimer, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencana. Ria Utami, Bernardinus Herbudiman, Rulli Ranastra Irawan Reka Racana - 2 6 Superplasticizer juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan workabilitas, superplasticizer merupakan sarana untuk menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadi pemisahan (segregasi/ bleeding) yang umumnya terjadi.

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan melalui pemeriksaan menggunakan alat uji kuat tekan dan benda uji (kubus atau slinder) pada umur 28 hari.

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)}$$

dimana:

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

p = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm)

3. Metode Penelitian

3.1. Proses Mencampurkan Larutan NaOH Padat 10 Molaritas.

Untuk mendapatkan larutan sodium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 10 M Didapatkanebanyak 1 liter sebagai berikut:

$$Mr = 40$$

$$M_{NaOH} = 10 \text{ Molaritas}$$

$$V_{NaOH} = \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ liter}}$$

$$10 \text{ M} = \frac{M_{NaOH}}{40} \times \frac{1000}{1000}$$

$$= 10 \times 40$$

$$= 400 \text{ gram}$$

Proses pencampuran larutan Sodium Hidroksida dilakukan satu hari sebelum dilakukan mix desain pada pasta geopolimer.

3.2. Proses Pencampuran Larutan NaOH dan NaSiO₂

Setelah mendapatkan larutan NaOH 10 Molaritas maka dilakukan proses pencampuran alkali activator yang kemudian akan digunakan.

3.3 Proses Pencampuran activator dengan Prekursor

Pencampuran dilakukan dengan mencampurkan larutan alkali activator dengan binder atau pasta geopolimer yang telah di buat sebelumnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mix Design

Dalam perencanaan campuran beton segar, penentuan proporsinya berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan sebelumnya untuk kemudian disesuaikan terhadap kuat tekan beton geopolimer yang direncanakan sebagaimana yang dapat dilihat di dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel. 4.1 Komposisi Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash per 1 Silinder

Material	Berat/m ³ beton (kg)	Volume benda uji (m ³)	Berat per 1 sampel (kg)
Fly Ash	424,242	0,0053	2,248
Pasir	558,094	0,0053	2,957
BP Maks 10 mm	1125,530	0,0053	5,964
NaOH	84,848	0,0053	0,450
Na ₂ SO ₃	169,679	0,0053	0,899

Sumber : Hasil Pengujian

4.2 Hasil Pengujian Beton Kontrol

Untuk menghitung kekuatan tekan beton rata-rata:

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'c}{N} (\text{Mpa}) = \frac{751,019}{20} = 37,55 \text{ MPa}$$

Pengujian Kuat Tekan Beton dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan silinder berukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 20 buah seperti yang tercantum dalam Tabel 4.2. Pengujian Kuat Tekan mengacu pada SNI 2847 2013 (Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung).

Tabel.4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kontrol.

No Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas	Umur (hari)	Beban	Kekuatan Tekan (Mpa)
			Penampang (cm ²)		Maksimum (KN)	
1	15	30	176,6	28	677	38,303
2	15	30	176,6	28	664	37,595
3	15	30	176,6	28	619	35,070
4	15	30	176,6	28	655	37,102
5	15	30	176,6	28	705	39,928
6	15	30	176,6	28	651	36,842
7	15	30	176,6	28	708	40,103
8	15	30	176,6	28	621	35,160
9	15	30	176,6	28	616	34,849
10	15	30	176,6	28	690	39,084
11	15	30	176,6	28	681	38,535
12	15	30	176,6	28	677	38,337
13	15	30	176,6	28	682	38,597
14	15	30	176,6	28	631	35,721
15	15	30	176,6	28	668	37,821
16	15	30	176,6	28	690	39,056
17	15	30	176,6	28	613	34,702
18	15	30	176,6	28	688	38,971
19	15	30	176,6	28	693	39,231
20	15	30	176,6	28	636	36,015
Jumlah						751,019
Kuat Tekan Rata - rata (F'cr)						37,551

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel.4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi dengan Superplasticizer

Simbol	No Benda Uji	AAT	SP	Luas	Beban	Kekuatan Tekan (Mpa)
		%	%	Penampang (cm ²)	Maksimum (KN)	
SP 2	1	-	2	176,6	660	37,4
	2			176,6	656	37,1
	3			176,6	644	36,5
	Rata - Rata					
AAT 5	1	5	2	176,6	563	31,9
	2			176,6	576	32,6
	3			176,6	559	31,6
	Rata - Rata					
AAT 10	1	10	2	176,6	468	26,5
	2			176,6	487	27,6
	3			176,6	486	27,5
	Rata - Rata					
AAT 15	1	15	2	176,6	454	25,7
	2			176,6	439	24,8
	3			176,6	444	25,1
	Rata - Rata					

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel.4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Tanpa Superplasticizer

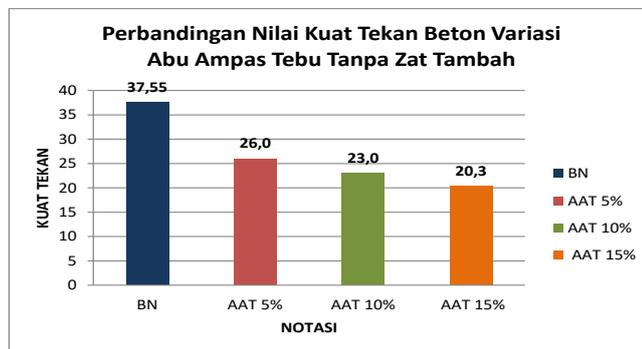
Simbol	No Benda Uji	AAT %	SP %	Luas	Beban	Kekuatan Tekan Mpa
				Penampang (cm2)	Maksimum (KN)	
AAT 5%	1	5	-	176,6	471	26,6
	2			176,6	451	25,5
	3			176,6	456	25,8
	Rata - Rata					26,0
AAT 10 %	1	10	-	176,6	416	23,5
	2			176,6	406	23,0
	3			176,6	398	22,5
	Rata - Rata					23,0
AAT 15 %	1	15	-	176,6	359	20,3
	2			176,6	352	19,9
	3			176,6	365	20,7
	Rata - Rata					20,3

Sumber: Hasil Penelitian

4.3 Pengaruh Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Tanpa Menggunakan Zat Tambah Superplasticizer.

Selain pengaruh zat tambah superplasticizer terhadap kuat tekan beton geopolimer, pada penelitian ini, penting pula mengetahui pengaruh abu ampas tebu terhadap kuat tekan geopolimer tanpa menggunakan zat tambah superplasticizer.

Berdasarkan gambar 4.1 dapat digambarkan pengaruh abu ampas tebu tanpa menggunakan zat tambah superplasticizer terhadap kuat tekan beton geopolimer sebagai berikut:

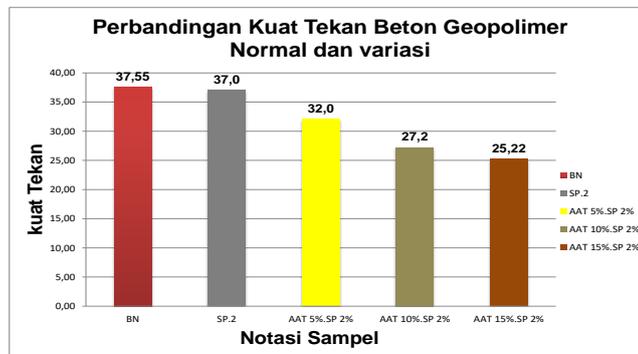


Gambar 4.1 perbandingan nilai kuat tekan beton variasi abu ampas tebu tanpa superplasticizer.

Dari gambar 4.2 di atas dapat dijelaskan bahwa nilai tertinggi kuat tekan rata-rata beton geopolimer terjadi pada penambahan AAT 5% dengan nilai kuat tekan rata-rata yaitu 26,0 Mpa. Sedangkan nilai terendah kuat tekan rata-rata beton terjadi pada substitusi AAT 15% dengan nilai kuat tekan rata-rata yaitu 20,3 Mpa. Dan dapat disimpulkan bahwa yang menjadi penyebab turunnya kuat tekan beton geopolimer yaitu penggunaan abu ampas tebu. Hal ini dikarenakan abu ampas tebu yang digunakan belum terbakar sempurna dengan suhu pembakaran 600°C selama 2 jam (Wibowo, Hatmoko & Wigiyono, 2006), sehingga abu ampas tebu tidak mengalami perubahan warna dari hitam ke warna coklat sehingga senyawa silikat yang dihasilkan dari pembakaran tersebut sangatlah sedikit ketika di reaksikan dengan senyawa larutan NaOH.

4.4 Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dengan bahan Tambah Superplasticizer

Pada penelitian ini, yang menjadi inti permasalahan yang dibahas oleh penulis merupakan variasi substitusi Abu Ampas Tebu terhadap Fly Ash dengan bahan tambah Superplasticizer dan mengetahui pengaruhnya terhadap hasil nilai kuat tekannya. Berdasarkan hasil penelitian, dapat digambarkan grafik hubungan variasi penambahan abu ampas tebu yang menggunakan bahan tambah superplasticizer terhadap kuat tekan beton. Diperlihatkan pula dalam gambar perbandingan kuat tekan beton variasi abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton geopolimer normal (tanpa penambahan abu ampas tebu)



Gambar 4.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton Polimer Normal dan Variasi.

Penambahan abu ampas tebu sebagai substitusi pada fly ash memberikan pengaruh nilai kuat tekan beton. Dari gambar 4.2 diatas dapat di jelaskan bahwa nilai kuat tekan terbesar terletak pada beton silinder dengan komposisi AAT 5%.SP 2% dengan nilai kuat tekan 32,0 MPa.

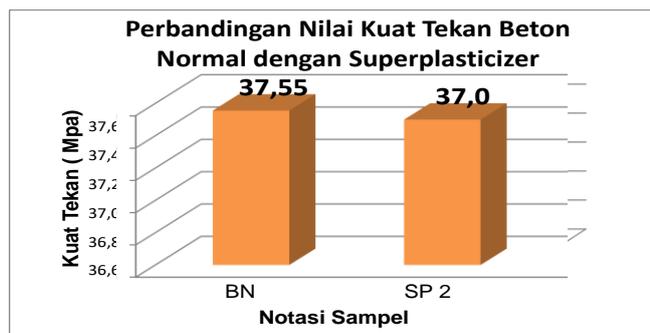
Selain itu juga, pada penambahan SP.2% tanpa Abu ampas tebu memberikan juga pengaruh besar terhadap nilai kuat tekan yang mendekati nilai kuat tekan beton normal dengan nilai kuat tekan beton silinder rata-rata 37,0 MPa. Sedangkan, untuk beton normal tanpa campuran abu ampas tebu nilai kuat tekannya adalah 37,55 MPa.

Namun semakin banyak kadar abu ampas tebu yang di tambahkan, maka nilai kuat tekan beton semakin menurun. Hal ini dapat dilihat melalui gambar grafik diatas, beton silinder dengan komposisi AAT 10%.SP 2% Nilai kuat tekannya turun menjadi 27,2 MPa dan komposisi AAT 15%.SP 2% nilai kuat tekannya 25,22 MPa.

4.5 Pengaruh Penambahan Superplasticizer

Pada penelitian ini, Superplasticizer Sulphonated-Naphthalene menjadi material bahan tambah pada Fly Ash dengan persentase sebesar 2% dari total berat Fly Ash. Sehingga menjadi hal yang perlu diketahui pula pengaruh substitusi Superplasticizer terhadap kuat tekan beton.

Berdasarkan Gambar 4.3 dibawah ini, dapat di gambarkan Gambar beton normal terhadap Superplasticizer Sulphonated-Naphthalene penambahan sebagai berikut :



Gambar 4.3 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal Dengan Superplasticizer.

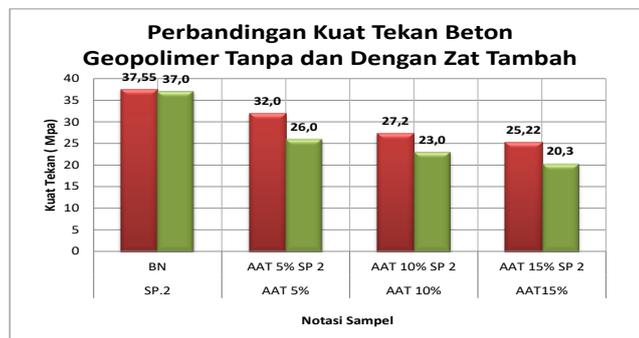
Dari gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton variasi penambahan superplasticizer sebesar 2%, pada umur 28 hari di peroleh nilai kuat tekan beton sebesar 37.0 MPa. Hasil kuat tekan tersebut mengalami penurunan 0,55 MPa atau sekitar 1,46 % terhadap beton normal geopolimer. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan air pada superplasticizer dan menyebabkan penurunan kuat tekan yang mempengaruhi molaritas itu sendiri. Serta dosis penambahan yang berlebihan mengakibatkan pemisahan agregat (*segregasi*) dan naiknya air ke permukaan (*Bleeding*), serta menimbulkan terjadinya *setting time* yang berlangsung lama sehingga menurunkan kekuatan atau mutu beton tersebut. Berdasarkan dosis yang disarankan oleh katalog Sika Grup, Penambahan dosis *Superplasticizer* yang disarankan menggunakan 0,6% - 1,6% dari berat Binder (pasta Geopolimer).

Hal ini juga dibuktikan oleh penelitian sebelumnya Antoni, Handoko Sugianto (2007) bahwa penggunaan dosis superplasticizer yang berlebihan pada campuran beton akan mengalami perlambatan pada perkembangan kekuatan, bahkan dimungkinkan juga kehilangan kuat tekan secara drastis.

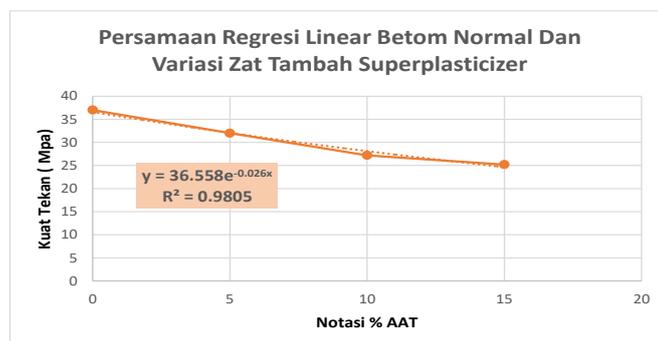
4.6 Perbandingan Kuat Tekan Beton Geopolimer Tanpa dan Dengan Zat Tambah Superplasticizer

Pada penelitian ini, telah di dapatkan nilai kuat tekan beton normal dan beton variasi geopolimer, maka dari itu akan di lakukan perbandingan pula setiap variasi melalui penyajian grafik di bawah ini.

Berdasarkan gambar 4.4 dibawah ini, dapat di gambarkan grafik perbandingan kuat tekan beton geopolimer tanpa dan dengan zat tambah superplasticizer dan grafik persamaan regresi linear sebagai berikut.



Gambar 4.4 Perbandingan Kuat Tekan Beton Geopolimer Tanpa dan Dengan Zat Tambah Superplasticizer.



Gambar 4.5 Persamaan Regresi Linear Beton Normal Geopolimer Dengan VariasiZat Tambah Superplasticizer.

Berdasarkan gambar 4.4 di atas dapat di jelaskan bahwa beton dengan superplasticizer mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton normal geopolimer. Hal ini di karena pengaruh penambahan air pada saat melarutkan superplasticizer sehingga mempengaruhi molaritas itu sendiri dan menyebabkan turunnya kuat tekan beton tersebut. Sedangkan pada variasi abu ampas tebu dengan zat tambah superplasticizer mengalami kenaikan kuat tekan beton pada variasi AAT 5% SP 2% dengan nilai kuat tekan rata-rata yaitu 32,0 Mpa. Selain itu beton dengan variasi AAT 15% tanpa SP mengalah penurunan kuat tekan beton geopolimer dengan nilai kuat tekan rata-rata mencapai 20,3 Mpa. dan persamaan linear regresi di dapatkan yaitu $R^2 = 0,9805$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Komposisi beton geopolimer normal yang di dapatkan dengan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan sebesar 37,55 Mpa. Sedangkan komposisi penambahan parsial abu ampas tebu didapatkan nilai kuat tekan dengan kadar AAT sebesar 5% yaitu 32,0 MPa.
2. Nilai kuat tekan rata-rata beton geopolimer yang menggunakan Abu Ampas Tebu sebagai substitusi terhadap Fly Ash pada pengujian AAT 5%, AAT 10%, dan AAT 15% di dapatkan nilai kuat tekan berturut-turut yaitu 26,0 MPa, 23,0 MPa, dan 20,3 MPa. sedangkan pada pengujian AAT 5%.SP 2%, AAT 10%. SP 2%, dan AAT 15% SP. 2% nilai kuat tekan berturut-turut didapatkan sebesar 32,0 MPa, 27,2 Mpa dan 25,22 MPa. Serta kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan Superplasticizer sebagai bahan tambah tanpa AAT didapatkan 37,0 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa beton yang menggunakan *Superplasticizer* sebagai bahan tambah, tanpa menggunakan Abu Ampas tebu mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton geopolimer normal.
3. Dalam penelitian ini diperoleh bahwa pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap substitusi fly ash yaitu abu ampas tebu tidak dapat menggantikan fly ash karna abu ampas tebu yang digunakan pada penelitian ini tidak terbakar sempurna dengan suhu pembakaran 600⁰ yang mengakibatkan turunnya kuat tekan beton.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian diatas maka diajukan beberapa saran sebagai bahan pertimbangan:

1. Sebaiknya tidak menambahkan air pada zat tambah superplasticizer karna akan mengakibatkan penurunan kuat tekan.
2. Abu ampas tebu yang digunakan seharusnya dibakar secara sempurna dengan suhu pembakaran yaitu 600⁰c selama 2 jam.
3. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai beton geopolimer dengan jenis prekursor yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayuseno, A. P., et. al., 2010. *Sintesis Semen Polimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik Dari Erupsi Gunung Merapi*, Rotari, Vol. 12 No. 4, pp. 10-16, Universitas Diponegoro
- Davidovits, J. 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference: Saint-Quentin, France.
- Davidovits, J. 1994. "High-Alkali Cements For 21st Century Concretes. In concrete Technology, past, Present and Future". In Proceedings of V. Mohan Malhotra Symposium. 1994. Editor: P. Kumar Metha, ACI SP – 144. Pp. 383-397
- Ekaputri, dkk. 2007. *Sifat Mekanik Beton Polimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif*. Jurnal PONDASI, vol 13 no 2 hal. 124-134.
- Hardjito D. 2005. *studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Curtin University of Tecnology: Perth, Australia
- Hardjito D, S. E. Wallah, M. D. J. Sumajouw, B. V. Rangan., 2004. "On The Development Of Fly ash-Base Geopolymer Concrete", *Technical Paper No. 101-M52, ACI Material Journal*, vol. 101, no. 6.
- M.Fildsah Thifari (2015). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Binder pada Peton Geopolimer
- Marthin D.J Sumajouw & Sovie O.Dapas (2013) Elemen trukstur Benton Bertulang Geopolimer. Editor : Putri Cristian DDC'21 : 693-54.
- Metha P. K. (2001) "Reducing the enviromental impact of concrete." ACI Concrete Internasional, 23(10); pp. 61-66.
- Metha P.K. and R. W. Burrows (2001) "Building Durable Structures in the 21st Century." ACI Concrete Internasional 23 (03), pp. 57 -63.
- Oktavian Arief Wijaya, Mahasiswa Teknik Sipil (UNESA), Pengaruh Penambahan *SUPERPLASTICIZER* pada Beton Geopolimer bahan dasar NaOH 14M Molar terhadap kuat tekan dan Porositas.

Utami, R., Herbudiman, B. Dan Irawan, R.R. 2017. Efek Tipe *Superplasticizer* Terhadap Sifat Beton Segar dan Beton Keras Pada Beton. *Geopolimer BerbasisFly Ash*. 3 (1):1-12.m

ANALISIS DURASI WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN (studi kasus : Pekerjaan Jalan Preservasi Makassar – GowaTakalar)”.

Savitri Prasandi ¹⁾, Natsir Abduh ²⁾, Faizal Akil ³⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: savitri.prasandi@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: natsirabduh@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: faizalakilunivbosowa45@gmail.com

Abstrak

Keberhasilan sebuah proyek ditentukan oleh tercapainya waktu, biaya maupun mutu yang telah direncanakan dan Faktor- faktor yang mempengaruhi keberhasilan sebuah proyek adalah pengendalian biaya pelaksanaan, kecepatan waktu pelaksanaan dan pencapaian mutu dari proyek tersebut. Mengacu dari pelaksanaan ketiga faktor tersebut sehingga akan diperoleh hasil yang maksimal. Tujuan penelitian adalah mengetahui durasi waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan dengan perbandingan antara biaya normal dan biaya setelah proyek mengalami percepatan. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Analisis data menggunakan metode *least cost scheduling* adalah menentukan kondisi yang optimal untuk biaya dan waktu dalam proses pelaksanaan proyek. Hasil penelitian ini terdapat beberapa jalur kritis pada pekerjaan konstruksi jalan seperti Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air, Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine, Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi, pembongkaran Beton, Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC Asb), Laston lapis Aus Asbuton (AC-BC Asb), Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine, Perkuatan struktur dengan bahan FRP jenis glass per lapis pada daerah kering, Marka Jalan Termoplastik, Penghamparan lapis penutup bubuk aspal emulsi, tipe 2, CSS-1h / SS-. Sehingga dilakukan percepatan pekerjaan dengan metode *least cost scheduling* menghitung biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Berdasarkan hasil Analisa *least cost scheduling* dengan penambahan jam (lembur) dapat mempercepat 30 hari dengan pengurangan biaya Rp.126,515,448.96 dan penambahan tenaga kerja dapat mempercepat 31 hari dengan pengurangan biaya Rp.131,551,922.06 dengan biaya total normal Rp.16.538.027.000,- dan waktu normal 344 hari.

Kata kunci : Durasi ,Biaya Pelaksanaan, Konstruksi Jalan.

1. PENDAHULUAN

Pengantar

Jalan adalah suatu sarana transportasi darat yang meliputi semua fasilitas termasuk bagian perlengkapan yang digunakan untuk berlalu lintas. Pada perencanaan awal sebuah pekerjaan pembangunan jalan, aspek utama yang diperhitungkan adalah masalah waktu dan biaya. (Silvia Sukirman, 1999).

Faktor- faktor yang mempengaruhi keberhasilan sebuah pekerjaan sangat berpengaruh pada perencanaan proyek baik itu biaya pelaksanaan, waktu pelaksanaan dan pencapaian mutu pada proyek tersebut.

Pada pekerjaan ini terdapat beberapa kendala seperti waktu jam pekerjaan dimana insentitas pengguna jalan padat pada siang hari yang membuat jam kerja dipindahkan ke waktu tertentu atau malam hari dan beberapa pekerjaan struktur yang tersendat yang masuk dalam kategori preservasi rekonstruksi / rehabilitas jalan dan untuk mencapai progres sesuai time sedul maka dari itu dilakukan penambahan durasi waktu jam kerja dan tenaga kerja.

Metode *least cost scheduling* sering biasa digunakan dipekerjaan konstruksi jalan yang mempunyai uraian pekerjaan yang sedikit & segmen yang pendek maka dari itu kami mengambil metode *least cost scheduling* dipekerjaan preservasi yang dimana mempunyai uraian pekerjaan yang banyak dan mempunyai segment yang panjang (long segmen). *Least Cost Scheduling* bertujuan untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek dan

mencari jadwal proyek yang optimal dengan menggunakan biaya langsung, tak langsung dan biaya total yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis perbedaan durasi waktu sebelum dan sesudah dilakukan penambahan jam kerja dan tenaga kerja pada pekerjaan preservasi jalan Makassar-Gowa-Takalar.
2. Menganalisis perbedaan biaya sebelum dan sesudah dilakukan penambahan jam kerja dan tenaga kerja pada pekerjaan preservasi jalan Makassar-Gowa-Takalar.

2. LANDASAN TEORI

Time Schedule

Menurut Husen (2009), kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanum atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana. Dari sini diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Biaya Proyek

Menurut Tjaturono (2006) dalam suatu konstruksi proyek terdiri dari dua jenis biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek, yaitu:

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)
2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Metode Critical Path Method (CPM)

CPM adalah salah satu metode penjadwalan yang dapat memperlihatkan secara logis dan logika ketergantungan antara suatu pekerjaan (aktivitas) dengan aktivitas yang lain.

Pada metode CPM terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (normal estimate) dan perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya dipercepat.

Least Cost Scheduling

Konsep dari Least Cost Scheduling ini adalah menentukan kondisi yang optimal untuk biaya dan waktu dalam proses pelaksanaan proyek konstruksi, dimana untuk mendapatkan kondisi yang optimal tersebut dilakukan percepatan pelaksanaan proyek.

Untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek maka yang harus dipercepat adalah kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis. Ada beberapa alternatif untuk mempercepat durasi proyek, yaitu seperti menambah tenaga kerja, mengadakan lembur.

Untuk membuat perencanaan waktu dan biaya pelaksanaan suatu proyek perlu dilakukan hal-hal mempelajari spesifikasi pekerjaan, melakukan proses optimasi waktu dan biaya langsung pelaksanaan proyek, dari data berupa tabel waktu dan biaya pelaksanaan dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan waktu dan biaya langsung pelaksanaan proyek yang optimal.

Dari uraian di atas ditulis sebagai berikut:

- a. Produktivitas Harian = $\frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}}$
- b. Produktivitas Tiap Jam = $\frac{\text{Produktivitas Harian}}{7 \text{ Jam}}$
- c. Produktivitas Harian Sesudah Crash = Produktivitas harian + Total waktu lembur x produktivitas/jam x presentasi kerja)
- d. Crash Duration = $\frac{\text{volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}}$

Adapun perhitungan biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut, yaitu:

1. Normal ongkos pekerja perhari = Produktivitas harian x Harga Satuan Upah Pekerja
2. Normal ongkos pekerja perjam = Produktivitas perjam x Harga Satuan Upah Pekerja

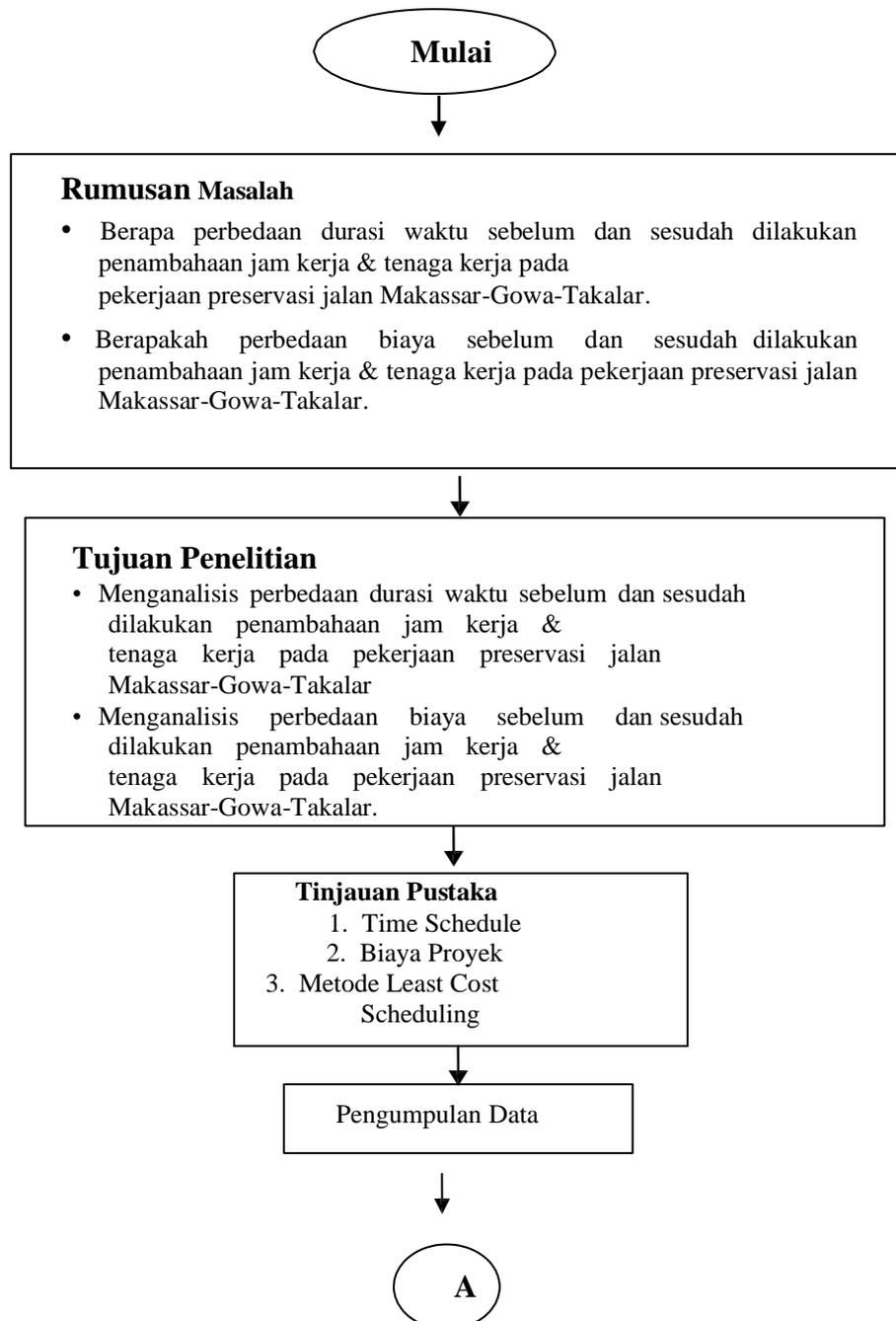
3. Biaya lembur pekerja = 1,5 x Upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama + 2 x n x upah sejam normal untuk jam kerja lembur berikutnya Dimana : n = jumlah penambahan jam kerja
4. *Crash Cost* pekerja perhari = (7 jam x normal cost pekerja) + (n x biaya lembur perjam)
5. *Cost Slope* (penambahan biaya langsung untuk mempercepat

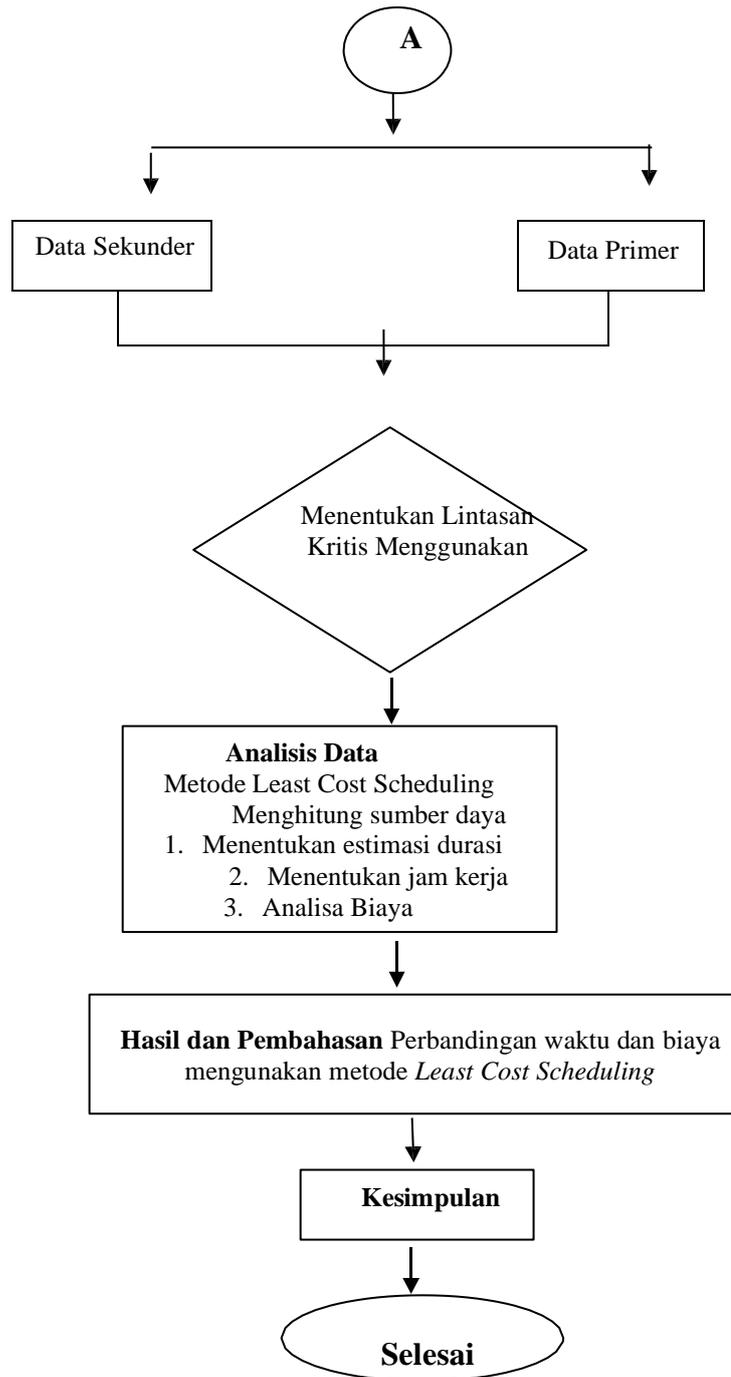
$$\text{suatu aktifitas persatuan waktu) = } \frac{\text{Crash cost-Normal Cost}}{\text{Normal duration-crash duration}}$$

3. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini sebagaimana terlihat pada flowchat penelitian dibawah ini :





Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan jaringan kerja

Data yang diperlukan untuk menyusun jaringan kerja adalah *time schedule*. Susunan pekerjaan diketahui dari *time schedule* dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 1. Kegiatan Dipercepat

Item Pekerjaan	Durasi (Minggu)	Vol	Sat
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	4	1448.16	m3
Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	19	588	m3
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	8	5200	Liter
pembongkaran Beton	7	12.88	m3
Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC Asb)	10	611	Ton
Laston lapis Aus Asbuton (AC-BC Asb)	10	4.2	Ton
Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	19	392	m3
Perkuatan struktur dengan bahan FRP jenis glass per lapis pada daerah kering	18	24.8	m2
Marka Jalan Termoplastik	7	7707.75	m2
Penghamparan lapis penutup bubuk aspal emulsi, tipe 2, CSS-1h / SS-1h	18	18000	m2

Durasi Normal Kegiatan (Dn)

Waktu Normal adalah 8 Jam/hari dan bekerja setiap hari, pekerjaan dimulai dari pukul 08.00 – 12.00 kemudian dilanjutkan pada pukul 13.00 – 17.00.

Waktu normal diperkirakan berdasarkan produktifitas dan sumber daya yang dimiliki. Durasi normal diperkirakan berdasarkan *time schedule* yang dibuat pihak perencana secara umum, pekerjaan proyek yang dilakukan terdapat dalam tabel berikut.

Menghitung Jumlah Resource Dan Upah Pekerjaan Normal

Contoh perhitungan jumlah resource perhari pada pekerjaan Galian Untuk selokan drainase dan saluran air dengan :

$$\text{Volume pekerjaan} = 1,448.16 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi normal (Dn)} = 28 \text{ Hari}$$

1. Kebutuhan jumlah resource perhari pada pekerjaan normal dengan koefisien tenaga kerja :

$$\text{a. Pekerja} = 0.6790$$

$$\text{b. Mandor} = 0.1697$$

Jumlah pekerja perhari :

$$\text{a. Pekerja} = 35 \text{ orang}$$

$$\text{b. Mandor} = 2 \text{ orang}$$

2. Upah pada pekerjaan normal

Upah perjam pekerja

$$\text{a. Pekerja} = \text{Rp. } 16,571.43$$

$$\text{b. Mandor} = \text{Rp. } 25,714.86$$

Upah perhari (Jumlah pekerja perhari x upah perjam pekerja)

$$\text{a. Pekerja} = \text{Rp. } 580,000.05$$

$$\text{b. Mandor} = \text{Rp. } 51,428.58$$

$$\text{Rp. } 631,428.63`$$

Total upah pekerjaan normal

Total upah pekerjaan normal Galian Untuk selokan drainase dan saluran air
=(Total upah pekerja x 8 jam kerja) x durasi normal pekerjaan
= Rp. (631.428,63 x 8) x 28 = Rp.141.440.013,12

Analisis Percepatan Proyek Penambahan Jam Kerja

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 8 jam normal dan 1 jam istirahat (08.00-17.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (17.00-18.00).

1. Durasi Crash (Dc)

Perhitungan penurunan produktivitas pekerjaan pada Galian untuk selokan drainase dan saluran air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. Produktivitas Harian} &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}} \\ &= \frac{1448 \cdot 16}{28} \\ &= 51,72 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Produktivitas / Jam} &= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam kerja Normal}} \\ &= \frac{51,72}{8} \\ &= 6,465 \text{ m}^3/\text{hari/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Produktivitas sesudah } crash &= \text{Produktivitas harian} + (\text{Total Waktu Lembur} \times \text{Produktivitas/jam} \times \\ &\quad \text{Presentasi Kerja}) \\ &= 51,72 + (3 \times 6,465 \times 20\%) \\ &= 55,599/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } Crash \text{ Duration} &= \frac{\text{Volume}}{\text{produktivitas sesudah crash}} \\ &= \frac{1.448 \cdot 16}{55,599} \\ &= 22 \text{ hari} \end{aligned}$$

2. Biaya Crash (Cc)

Crash Cost berarti biaya langsung pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Untuk menghitung *crash cost* pada pekerjaan Galian Biasa antara lain:

a. Biaya upah lembur total

= Jumlah pekerja x (jam lembur x *Crashing*) x ((1.5 x gaji 1 jam upah normal)+(2 x 2 x gaji 1 jam upah normal))

3. Biaya Crash (Cc)

Crash Cost berarti biaya langsung pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Untuk menghitung *crash cost* pada pekerjaan Galian Biasa antara lain:

a. Biaya upah lembur total

$$= \text{Jumlah pekerja} \times (\text{jam lembur} \times \text{Crashing}) \times ((1.5 \times \text{gaji 1 jam upah normal}) + (2 \times 2 \times \text{gaji 1 jam upah normal}))$$

$$= \text{Rp. } 565,714.29 + \text{Rp. } 229.821.43$$

$$= \text{Rp. } 265.178.57$$

b. *Crash Cost*

$$= \text{Biaya langsung normal} + \text{Biaya upah lembur total}$$

$$= \text{Rp. } 1.800.000 + \text{Rp. } 265.178.57$$

$$= \text{Rp. } 2.595.536,-$$

c. *Cost Slope*

$$= \frac{\text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Percepatan}}$$

$$= \frac{2.595.535 - 1.800.000}{14 - 11}$$

$$= \text{Rp. } 265,178.00$$

Tabel 2. Durasi *Crash* Dengan Percepatan Penambahan Jam Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Alternatif				Cost Slope (Cn-Cc)/di
		Normal		Crashing		
		Durasi (Dn)	Biaya (Cn)	Durasi (Dc)	Biaya (Cc)	
1	Mobilisasi	288	120,000,000.00	288	120,000,000.00	120,000,000.00
2	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	24	68,819.24	6	301,237.85	116,260,638.32
3	Pasangan Batu dengan Mortar	18	47,623.27	18	47,623.27	47,623.27
4	Saluran berbentuk U Tipe DS 4a (dengan tutup)	19	1,370,817.00	24	10,722.04	197,929,732.66
55	Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Milling Machine	114	34,783.77	24	34,783.77	34,783.77
6	Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine	114	206,041.51	24	179,102,161.710	206,041.51
7	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	18	174,297.33	18	174,297.330	174,297.33
8	Penyiapan Badan Jalan	12	249,216.76	12	249,216.76	249,216.76
9	Peng lapis penutup bubuk aspal emulsi, tipe 2, CSS-1h/SS-1	108	105,171.04	12	98,133.62	54,163,398.23
10	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	48	14,936.79	10	54,163,398.23	66,054,827.84
11	Bahan anti pengelupasan	24	14,175.00	24	14,175.00	14,175.00
12	Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC Asb)	60	1,299,225.21	12	86,722,080.69	86,722,080.69

13	Laston Lapis Antara Asbuton (AC-BC Asb)	60	1,262,724.79	12	213,779,335.20	213,779,335.20
14	Beton Struktur $f_c' = 30$ Mpa	48	2,340,082.39	48	2,340,082.39	2,340,082.39
15	Beton Struktur $f_c' = 20$ MPa	18	1,463,505.36	18	1,463,505.36	1,463,505.36
16	Pembongkaran Beton	42	14,545.67	10	- 3,109,491.07	66,054,827.84
17	Perkuatan struktur dengan bahan FRP jenis glass per lapis	114	651,401.16	22	316,483.87	94,335,009.93
18	Marka Jalan Termoplastik	42	184,287.81	9	394,821.47	59,043,755.73
19	Penghamparan lapis penutup bubuk aspal emulsi, tipe 2, CSS	36	185,187.12	22	185,187.12	153,585,905.99
20	Galian Tanah untuk saluran air dan lereng	30	89,762.10	30	89,762.10	89,762.10
21	Timbunan Pilihan untuk lereng tepi saluran	30	170,140.72	30	170,140.72	170,140.72
22	Pasangan Batu dengan mortar	30	633,353.73	30	633,353.73	633,353.73
23	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	30	511,280.80	30	511,280.80	511,280.80
24	Campuran Aspal Panas dengan Asbuton	24	2,057,537.12	24	2,057,537.12	2,057,537.12
25	Pengecatan Kerb dan Median	24	2,057,537.12	24	2,057,537.12	2,057,537.12

(Sumber hasil perhitungan data)

Analisis dan Perbandingan Biaya Dan Waktu Proyek

Diambil contoh dari alternatif penambahan Tenaga kerja

Total durasi baru = 314 hari

Cost slope = Rp. 6,339,553

Biaya langsung = biaya langsung normal + cost slope
= Rp. 15,034,571,840.00 + Rp. 6,339,553
= Rp. 15,040,911,393

Biaya tidak langsung = (biaya tidak langsung normal : durasi normal) x durasi baru
= (Rp. 1,503,457,167 : 344) x 314
= Rp. 1,372,341,716

Total cost = biaya langsung + biaya tidak langsung
= Rp. 15,040,911,393 + Rp. 1,372,341,716
= Rp. 16,413,253,109

Penghematan Biaya = Biaya awal – Total biaya setelah

Percepatan = Rp. 16,538,070.000 – Rp. 16,413,253,109
= Rp. 124,816,891.00

Persentase = $\frac{\text{Total biaya proyek awal} - \text{Total biaya setelah percepatan}}{\text{Total biaya proyek awal}} \times 100\%$

$$= \frac{16.538.070.000 - 16.413.253.109}{16.538.070.000} \times 100\%$$

$$= 12,5\%$$

Pembahasan

Proyek pembangunan Jalan Preservasi Jalan Makassar - Gowa - Takalar Provinsi Sulawesi Selatan, Nomor Kontrak HK.02.03/PPK-03- MM.II/APBN/02-JLN/I/2019 total biaya proyek sebesar Rp.16.538.027.000-.

Untuk percepatan dengan metode Least Cost Scheduling penambahan jam kerja (lembur) dengan tujuan memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu pekerjaan akan lebih cepat. Pada proyek pembangunan Jalan Preservasi Jalan Makassar - Gowa - Takalar ini memiliki waktu kerja normal 8 jam dimulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 17:00 dengan waktu istirahat selama 1 jam. Kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal dan dilakukan penambahan jam 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam sesuai yang diinginkan. Tidak dianjurkan untuk penambahan diatas 4 jam dikarenakan akan terjadi penurunan produktifitas. Upah tenaga kerja ketika lembur sebesar 1.5 sampai 2 upah kerja normal dikarenakan produktivitas kerja lembur tidak sama dengan produktivitas kerja normal. Setelah perhitungan *crash duration* dan *cost slope* pada percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja berkurang 30 hari dan menghemat biaya dengan jumlah Rp. 126,515,448.96.

Untuk percepatan dengan menggunakan metode Least Cost Scheduling dengan alternatif penambahan tenaga kerja memungkinkan dikarenakan daya tempat atau lokasi dapat menampung jumlah tenaga kerja, dengan lokasi yang luas kemudahan dalam melaksanakan pekerjaan. Pada alternatif ini kegiatan dilintasan kritis dipercepat dengan asumsi penambahan sebesar 20% dari tenaga kerja normal. Setelah perhitungan *crash duration* dan *cost slope* maka *crash duration* pada alternatif ini menjadi 31 hari dan menghemat biaya dengan jumlah sebesar Rp. 131,551,922.06

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah antara lain sebagai berikut :

1. Perbedaan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan normal 344 hari, setelah dilakukan percepatan pekerjaan dengan menggunakan 2 (dua) alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) diperlukan waktu 314 hari sedangkan dengan alternatif penambahan tenaga kerja diperlukan waktu 313 hari.
2. Sebelum dilakukan percepatan durasi waktu yang diperlukan yaitu 344 hari dengan biaya Rp. 16.538.027.000-. Pada percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja mempercepat 30 hari dengan pengurangan biaya Rp. 126,515,448.96 dan untuk alternatif penambahan tenaga kerja mempersingkat 31 hari dengan Pengurangan biaya Rp. 131,551,922.06.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan alternatif percepatan lain seperti, pemakaian sistem kerja shift, penggunaan metode pelaksanaan yang lebih efektif, serta membandingkan beberapa metode yang ada yang diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih optimal.
2. Melakukan observasi mendetail untuk menentukan jenis keterkaitan antar item pekerjaan dalam menyusun network planning.

DAFTAR PUSTAKA

- Ramayana.M.Nur, Nasrullah 2008, Perencanaan Anggaran Biaya dan schedule pada pembangunan Ruas Jalan BCD Wajo-Parema, Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas 45 Makassar.
- Pradipta, A. Yudha (2013). Optimalisasi Waktu dan Biaya Dengan Project Crashing dan Tahapan Deterministik Least Cost Scheduling (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Pabrik Pipa Baja Tanpa Kampuh (Seamless Steel Pipe) PT. Artas Energi Petrogas) : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Nurhayati. 2010. "Manajemen Proyek". Graha Ilmu. Yogyakarta
- Putri Lynna a. Luthan, Dr. Ir. M.Sc.,IPM. 2017 Stafriandi, ST *Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft Project*. Yogyakarta.
- .Abrar Husen, MT,Ir. 2014 *Manajemen Proyek (perencanaan, Penjadwalan dan Pengendalian Proyek)*. Yogyakarta.
- Badri, Ir. Sofwan. Dasar-dasar Network Planning (Dasar dasar Perencanaan Jaringan Kerja). Jakarta 1991
- Yohezer, Reni. Analisis Crash Program Untuk Optimalisasi Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi Gedung Puskesmas Air Putih samarinda). Tugas Akhir UNMUL. Samarinda : 2016
- Badri, Sofyan. 1997. "Dasar-dasar Network Planning", Rineka Cipta, Jakarta dan Estimasi-Biaya Pelaksanaan.com
- Imam, K., Operation Managemen, <http://elearning.unej.ac.id>
- Khinasih, AP, 2018. " *Evaluasi Waktu dan Biaya Dengan Metoda Crashing Proyek Pembangunan Rumah Sakit UII*" Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Lumbanbatu, Jevri Krisanto. 2002 " *Analisis Percepatan Waktu Proyek dengan Tambahan Biaya Optimum (Studi Kasus : Proyek Pembangunan gedung Sekolah Yayasan Pelita Bangsa di Jl. Iskandar Muda Medan, Sumatera Utara)*" Medan : Universitas Sumatera Utara.
- M. Untung Mulia Uno, 2016 " *Penjadwalan Proyek dan Alokasi Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Aplikasi Microsoft project 2010 (Studi Kasus :Proyek Pembangunan Mall Daya Grand Square Makassar)*" Skripsi Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar
- Nursyamsiah, 2000, Tinjauan Pengendalian Biaya Dan Waktu pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Ujung Pandang-Maros, Skripsi fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas 45 Makassar.
- Priyo, Mandiyo, dan Adi Sumanto. 2016. " *Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana pengendali Banjir*" Jurnal Ilmiah Muhammadiyah Yogyakarta.

ANALISIS PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI WALANAE KAB WAJO – KAB. SOPPENG

Burhanuddin Badrun¹⁾, Ahmad Yauri Yunus²⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: burhanuddin.badrin@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : ahmad.yauriyunus@universitasbosowa.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar dari parameter PH, Fosfor (P) dan Nitrit (N) dan dampak yang ditimbulkan dari pencemaran air sungai Walanae. Pada penelitian ini diawali dengan survey lokasi untuk penentuan titik-titik pengambilan sampel air sungai. Titik-titik lokasi pengambilan sampel, terlebih dahulu diambil debit air sungai, kemudian mengambil sampel air sungai dan memantau keadaan sekitar sungai. Sampel air sungai diuji laboratorium di Balai Dinas Kesehatan Kota Makassar. Selanjutnya, menganalisis data sampel air dengan menggunakan Metode STORET. Hasil Penelitian ini didapatkan status baku mutu air sungai berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 dengan hasil analisis masing-masing parameter memiliki skor 0 yaitu tidak melebihi standar baku mutu.

Kata kunci: Pencemaran air sungai, Baku Mutu Air, Debit Air.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting. Keberadaannya sangat dibutuhkan oleh manusia pada setiap aktifitas kehidupan. Tidak hanya manusia yang sangat bergantung pada air, makhluk hidup lainnya juga bergantung pada air.

Danau Tempe merupakan salah satu Danau terbesar yang berada di propinsi Sulawesi Selatan. Danau Tempe terletak di wilayah tiga Kabupaten, yaitu Kabupaten Wajo, Sidenreng – Rappang (Sidrap) dan Soppeng (trisakti dkk, 2012; Ditjen SDA, 2015). Danau Tempe sebagai pusat atau penampungan penyedia air bersih dan air baku pertanian, pariwisata, pecegah bencana alam hayati, sumber perikanan (baik budidaya maupun tangkap). Danau Tempe memperoleh sumber air yang bersumber dari 23 sungai dan salah satunya adalah Sungai Walanae. Tercemarnya Danau Tempe sebagai sumber air baku karena permasalahan terjadinya penurunan kualitas air Danau yang tercemar dari berbagai aliran air sungai yang masuk ke Danau.

Sungai Walanae adalah salah satu sungai yang membuang airnya ke Danau Tempe. Sungai Walanae berhulu di perbatasan Kabupaten Bone dengan Kabupaten Gowa serta Kabupaten Maros. Sungai Walanae juga merupakan sungai yang banyak mengairi persawahan di Kab. Wajo dan Kab. Soppeng. Ditambah lagi dengan lahan perkebunan di bantaran sungai yang tentunya banyak menggunakan pupuk. Saat air sungai meluap, lahan perkebunan masyarakat tergenang oleh air sungai sehingga air sungai menjadi tercemar.

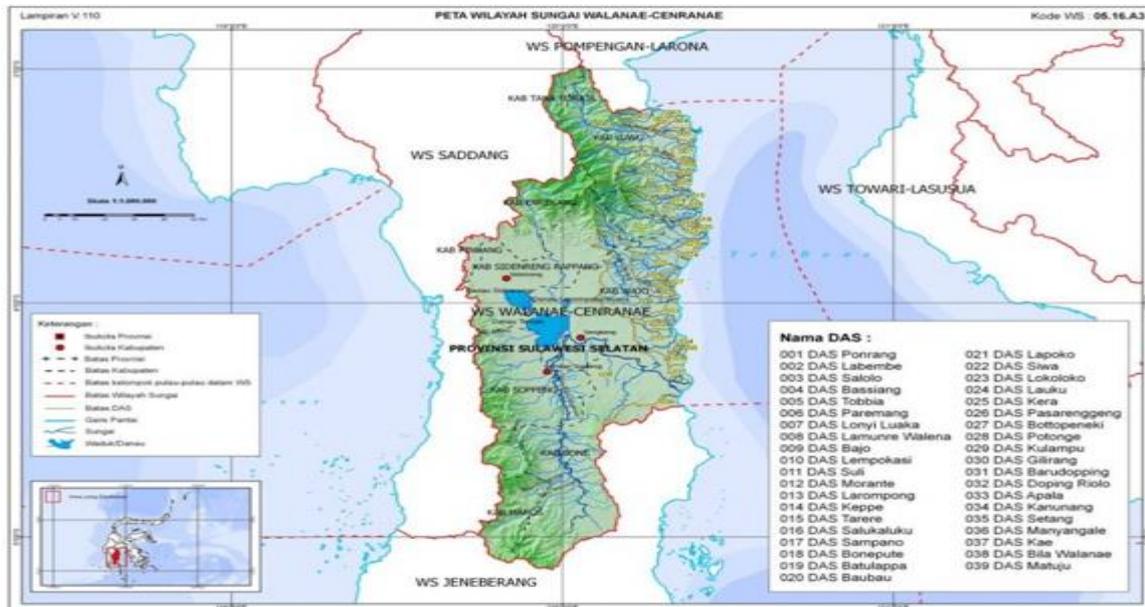
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan bahan pencemar Fosfor (P) dan Nitrit (N) pada Sungai Walanae Kab. Wajo - Soppeng. Dan Mengetahui dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran air sungai Walanae Kab. Wajo - Soppeng.

2. METODE PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Walanae adalah sebuah sungai di provinsi Sulawesi Selatan. Sungai Walanae berhulu di Pegunungan Bonto Tangui-Bohonglangi di perbatasan Kabupaten Bone dengan Kabupaten Gowa serta Kabupaten Maros. Sungai ini kemudian mengalir ±180 Km dari selatan ke utara menuju muara Danau Tempe. Nama Walanae diambil dari nama sebuah dusun di Desa Pattuku, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone. Namun di wilayah hilir, Sungai Walanae lebih dikenal dengan nama Sungai Cenranae.

DAS Walanae adalah salah satu dari 17 DAS yang dikelola BP DAS Jeneberang Walanae. DAS Walanae termasuk dalam kategori DAS prioritas I (satu) dengan luas wilayah 478.932,72 Ha. Secara geografis terletak di posisi 3° 59' 03" -5° 8' 45" LS dan 119° 47' 09" -120° 47' 03" BT dan secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Maros, Bone, Soppeng dan Wajo



Gambar 1. Peta DAS Wilayah Sungai Walanae – Cenranae

b. Langkah Analisis Data

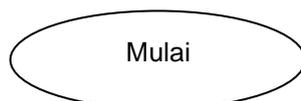
Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, penentuan status mutu air dengan metode STORET. Metode STORET merupakan salah satu metode untuk menentukan status mutu air yang umum digunakan. Dengan metode STORET ini dapat diketahui parameter-parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu air. Secara prinsip metode STORET adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air.

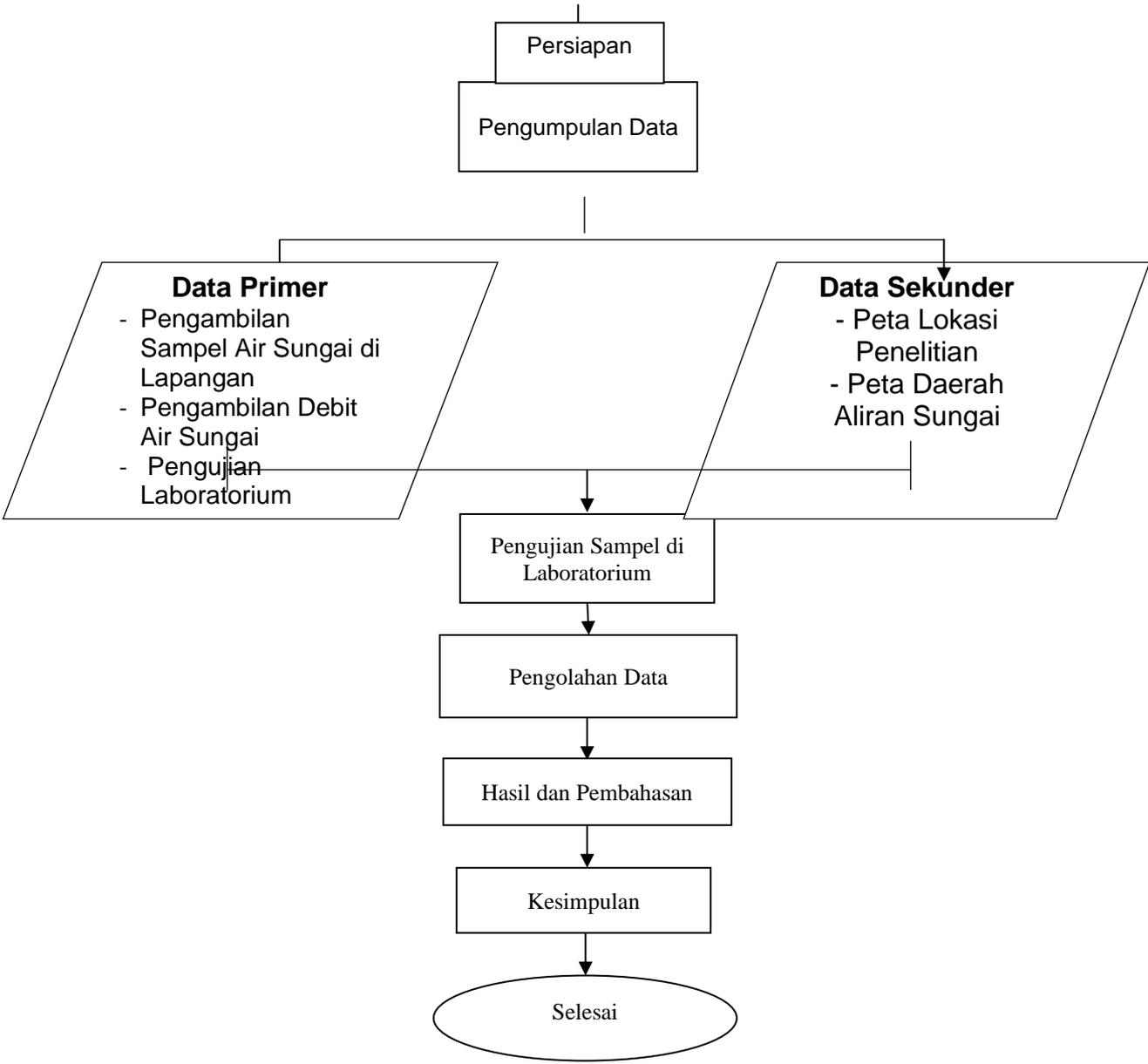
Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan system nilai “US-EPA (*Environmental Protection Agency*)” dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas,

No.	Kelas	Konsidi	Skor	Keterangan
1	Kelas A	Baik Sekali	0	Memenuhi Baku Mutu
2	Kelas B	Baik	- 1 s/d -10	Cemar Ringan
3	Kelas C	Sedang	- 11 s/d -30	Cemar Sedang
4	Kelas D	Buruk	≥ -31	Cemar Berat

Sumber: PP RI No.82 Tahun 2001

Bagan Alir





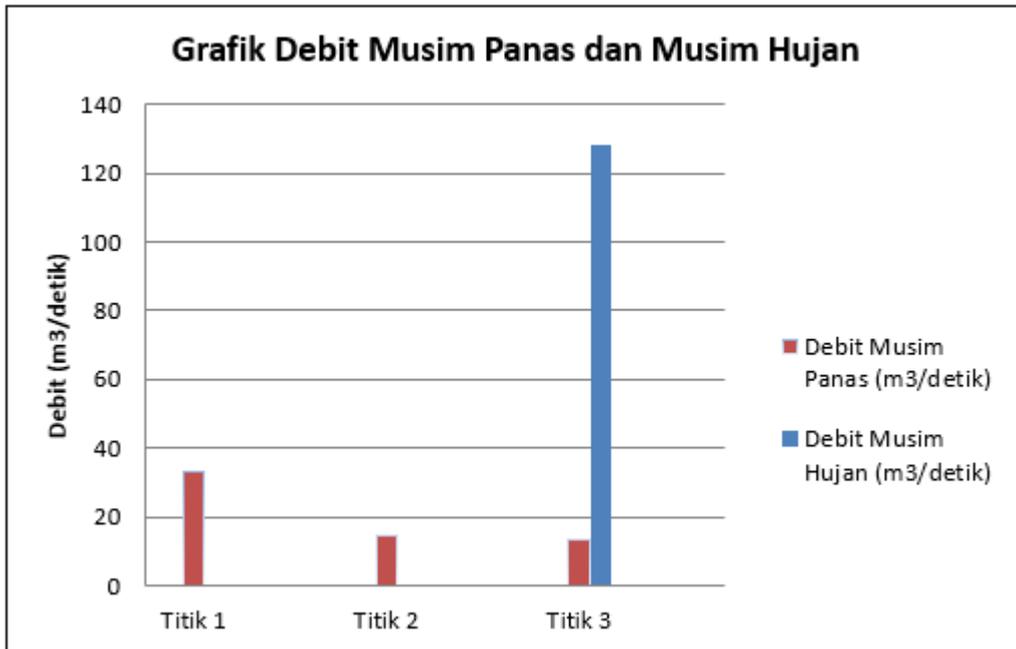
Gambar 2. Bagan Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Perhitungan Debit Sungai Walanae (Jembatan Pacongkang)

Titik	Kecepatan (m/s) (V)	Kecepatan Rata-rata (V)	Lebar Sungai (m)	Kedalaman (m)							Kedalaman Rata-rata (m)	Luas (m ²) (A)	Debit Air (m ³ /s) (Q)
				H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7			
A1	0.78	0.81	56.4	1.4	1.6	2.9	4.6	3.4	3	1.6	2.81	158.4	127.50
A2	0.83												
B1	0.82	0.83											
B2	0.84												
C1	0.78	0.80											
C2	0.81												

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 3. Debit Musim Panas dan Musim Hujan

Tabel 2. Hasil Pengujian Laboratorium

No.	Titik Sampel	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu Air	Hasil Pengujian
1	Pacongkang	PH	-	6-9	7.0
2	Pacongkang	Nitrit sebagai (N)	mg/l	0.06	0.0
3	Pacongkang	Phospat sebagai (P)	mg/l	0.2	0.130

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Tabel 3. Hasil Hasil Analisa Kualitas Air ketiga Parameter

No.	Titik Sampel	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil Pengujian		Skor
					Musim Kemarau	Musim Hujan	
1	Titik 1 (Jembatan Pacongkang)	PH	-	6-9	7.77	0.0	0
2		Nitrit sebagai (N)	mg/l	0.06	0.004	0.000	0
3		Phospat sebagai (P)	mg/l	0.2	0.002	0.000	0

Sumber: Hasil Analisa berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 metode STORET

Dampak Pencemaran Air Sungai Walanae

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, kandungan fosfor dan nitrit di ketiga titik lokasi penelitian tidak begitu besar yaitu ketiga parameter tidak melebihi standar baku mutu air sesuai Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 . Dalam hal ini, air sungai walanae masih layak untuk digunakan dalam keperluan masyarakat sekitar.

Dampak jika fosphor (P) dan nitrit (N) tersebut melebihi dari standar baku mutu air, beberapa dampaknya yaitu kandungan fosfat cenderung dapat merangsang pertumbuhan gulma air dan eceng gondok. Kandungan dari fosfat yang sebagian merupakan residu dapat meresap ke tanah dan mencemari air tanah dan selanjutnya masuk ke aliran sungai (DAS). Kondisi tersebut apabila berkelanjutan tentu dapat mengganggu aktivitas manusia, hal tersebut dikarenakan air juga dikonsumsi oleh manusia untuk mencukupi kebutuhan tubuhnya akan air. Penggunaan fosfat (P) dan nitrit (N) yang berlebihan dapat mempercepat proses *eutrofikasi* di perairan yaitu suatu pengkayaan bahan organik fosfat (P) dan nitrit (N) yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan dapat mengakibatkan bertumbuh dengan cepat unsur hara pada air sungai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kandungan bahan pencemar dari ketiga parameter penelitian berdasarkan yang dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan, sesuai PP RI No.82 Tahun 2001 dengan menggunakan metode STORET, pada setiap titik lokasi penelitian diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Parameter PH didapatkan skor 0. Skor 0 ini menunjukkan bahwa parameter PH tidak melebihi standar baku mutu air yang tergolong dalam Kelas A (baik sekali).
 - b. Parameter Fosfor sebagai P didapatkan skor 0. Skor 0 ini menunjukkan bahwa parameter fosfor tidak melebihi standar baku mutu air yang tergolong dalam Kelas A (baik sekali).
 - c. Parameter Nitrit sebagai N didapatkan skor 0. Skor 0 ini menunjukkan bahwa parameter Nitrit tidak melebihi standar baku mutur air yang tergolong dalam Kelas A (baik sekali).
2. Kandungan fosfor (P) dan nitrit (N) diketiga titik lokasi penelitian tidak begitu besar (tidak melebihi standar baku mutu air). Dalam hal ini, air sungai tersebut masih layak untuk digunakan dalam keperluan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Azwar. Soemarno. Purnomo, Mangku. Kajian Kualitas Air dan Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang.
- Bahri, Samsul. 2016. Identifikasi Sumber Pencemar Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada Pertumbuhan Melimpah Tumbuhan Air di Danau Tempe Sulawesi Selatan.
- Effendi, H., Iklh, F., Kualitas, I., Hidup, L., Kualitas, P., Lingkungan, K., & Nsf-wqi, K. A. (2015). Simulasi Penentuan Indeks Pencemaran dan Indeks Kualitas Air (NSF-WQI).
- KLH., 2010. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Paul, E.A. dan F. E.Clark. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Pulb. Toronto.
- Warlina, L. (2004). Pencemaran Air : Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya. Institut Pertanian Bogor, 1–26.

RENCANA BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN PEMBANGUNAN JALAN TOL LAYANG DENGAN MICROSOFT OFFICE PROJECT

(Studi Kasus : Jl. A.P. Pettarani Makassar Sulawesi Selatan)

Satriawati Cangara¹⁾, Suryani Syahrir²⁾, dan Rani Nur Fadhillah³⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

E-mail: savitri.prasandi@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : suryani.syahrir@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : nurfadhillah@gmail.com

ABSTRAK

Pelaksanaan konstruksi merupakan salah satu bentuk kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan penggunaan biaya dan waktu yang perlu estimasi yang relative rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih biaya dan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur bawah dan struktur atas proyek jalan tol layang AP. Pettarani Makassar setelah ditinjau dengan Microsoft Office Project. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan observasi dan analisis data. Data primer berupa: RAB baru, durasi pekerjaan, kebutuhan tenaga, material dan alat berat, serta output cost dan durasi Microsoft project, sedangkan data sekunder berupa: RAB dan *Time Schedule*, Permen PUPR No.28/PRT/M/2016, Surat Edaran Dirjen Bina Marga No.02/SE/Db/2018, dan basic price kota makassar tahun 2019. Analisis data dengan bantuan aplikasi Microsoft Office Project diperoleh anggaran biaya sebesar Rp 607.704.456.860 tidak termasuk PPN 10% sedangkan pada Microsoft excel anggaran biaya konstruksi sebesar Rp 607.650.000.000 tidak termasuk PPN 10% sehingga terjadi selisih biaya sebesar Rp 54.456.860. Untuk durasi pelaksanaan dengan Microsoft Excel (kurva s) diperoleh durasi waktu selama 517 hari, sedangkan dengan Microsoft Project (Network Diagram) diperoleh durasi waktu selama 485 hari, sehingga selisih durasi pelaksanaan konstruksi diperoleh 32 hari.

Kata kunci: rencana biaya, waktu pelaksanaan pekerjaan, jalan tol layang, microsoft office project

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan konstruksi merupakan salah satu bentuk kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan sumber daya tertentu, untuk mencapai hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur. Perkembangan konstruksi saat ini menjadikan pelaksanaan konstruksi semakin kompleks dan rumit, karena dalam pelaksanaan konstruksi yang besar dan kompleks membutuhkan sumber daya dari awal hingga akhir proyek (*Idzurnida Ismael, 2013*).

Pada manajemen konstruksi, sebelum proyek dikerjakan perlu adanya tahap - tahap pengelolaan pelaksanaan konstruksi yang meliputi tahap perencanaan, tahap penjadwalan dan tahap pengendalian. Dari ketiga tahap ini, tahap perencanaan dan tahap penjadwalan adalah tahap yang menentukan berhasil atau tidaknya suatu konstruksi, karena penjadwalan adalah tahap ketergantungan antar aktifitas yang membangun pelaksanaan konstruksi secara keseluruhan.

Untuk mengatasi masalah ini, harus diperhatikan jadwal waktu yang menunjukkan kapan berlangsungnya setiap aktifitas, sehingga sumber daya dapat disediakan pada waktu yang tepat juga. Sebaliknya suatu perencanaan yang tidak tepat dan sistematis akan menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaannya.

Pada pelaksanaan pekerjaan Jalan Tol Layang A.P. Pettarani memiliki nilai kontrak sebesar Rp. 2,1 Triliun dengan lama waktu penyelesaian selama 670 hari kalender. Pada analisis penjadwalan pada konstruksi ini menggunakan acuan analisa harga satuan berdasarkan analisa mereka sendiri (WIKABETON). Namun pada penelitian ini peneliti ingin membandingkan biaya dan waktu berdasarkan metode SNI dan Bina Marga tentang analisa harga satuan dari Permen PUPR (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) dan Surat Edaran Dirjen Bina Marga dengan bantuan aplikasi yaitu *Microsoft Office Project*.

Microsoft office project adalah sebuah aplikasi program penjadwalan dan pengendalian proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Kegiatan manajemen berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah *input* menjadi *output* sesuai tujuannya. *Input* mencakup unsur-unsur manusia, material, mata uang, mesin/alat, dan kegiatan-kegiatan. Seterusnya diproses menjadi suatu hal yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Dalam proses diperlukan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian.

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui besarnya biaya dan durasi pelaksanaan pekerjaan dengan analisa perhitungan *Microsoft Project*.
2. Untuk mengetahui selisih biaya dan durasi pelaksanaan pekerjaan setelah ditinjau dengan menggunakan *Microsoft Project*.

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa/beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan ini merupakan alat bantu untuk menganalisa data-data yang akan di input kedalam *Microsoft project* nantinya. Untuk item pekerjaan yang bervolume 1 atau lump sum, tetap mengacu pada harga RAB yang ada atau akan di input secara *fixed cost* kedalam *Microsoft project*. Analisa harga satuan pekerjaan yang dipakai pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga serta Surat Edaran Dirjen Bina Marga No. 02 /SE/Db/2018 tentang Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Sedangkan standar upah kerja dan material pekerjaan serta sewa alat mengacu pada *basic price* kota Makassar triwulan pertama tahun 2019 yang dikeluarkan oleh Dinas Bina Marga Provinsi Sulawesi Selatan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu menggunakan metode penelitian kuantitatif. Dimana penelitian kuantitatif lebih menekankan pada angka-angka yang membuatnya menjadi lebih mendetail dan lebih jelas. Selain itu penggunaan table, grafik dan juga diagram memudahkan dalam hal untuk dibaca. Penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan Jalan Tol Layang A.P. Pettarani Makassar. Sumber data yang dibutuhkan dibedakan atas 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini yaitu rencana anggaran biaya baru, analisa durasi pekerjaan, analisa kebutuhan tenaga kerja, analisa kebutuhan material, dan analisa kebutuhan alat berat, serta hasil output rencana cost dan *schedule* dari *Microsoft Project*. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu RAB Wika Beton, Kurva S Wika Beton, Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016, Surat Edaran Dirjen Bina Marga No. 02 /SE/Db/2018 tentang Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, *basic price* kota Makassar triwulan pertama tahun 2019, serta gambar kerja proyek. Selanjutnya metode penelitian yang digunakan oleh penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan cara membuat rencana anggaran biaya baru yang digunakan untuk membantu dalam menganalisis durasi pekerjaan, kebutuhan tenaga kerja dan material serta alat berat yang kemudian data tersebut di input ke *microsoft project* sehingga diperoleh hasil akhir. Hasil akhir inilah yang digunakan sebagai bahan untuk mengambil kesimpulan dari permasalahan yang ada untuk memperoleh gambaran perbandingan cara kerja antara software *Microsoft Office Excel* dan *Microsoft Office Project* dalam mengolah data untuk merencanakan waktu dan biaya proyek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Pembangunan Jalan Tol Layang A.P. Pettarani Makassar Sulawesi Selatan untuk pekerjaan struktur bawah dan pekerjaan struktur atas memiliki data anggaran biaya pelaksanaan pembangunan Tol Layang A.P Pettarani Makassar - Sulawesi Selatan untuk pekerjaan struktur bawah dan pekerjaan struktur atas yaitu Rp. 607.650.000.000 (+Ppn 10%). Jadwal pelaksanaan konstruksi dimulai dari tanggal 1 September 2018 sampai dengan 31 Januari 2020 (517 hari).

Berdasarkan hasil analisa harga satuan pada pembangunan Jalan Tol Layang A.P. Pettarani Makassar Sulawesi Selatan maka diperoleh rencana anggaran biaya baru dari acuan Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 dan Surat Edaran Dirjen Bina Marga No. 02 /SE/Db/2018 yang dapat dilihat pada tabel 4.3. sebagai berikut :

Tabel 1. Rencana anggaran biaya pembangunan tol layang AP. Pettarani Makassar Sulawesi Selatan

No	Item Pekerjaan	Sat.	Quantity	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	Pekerjaan Struktur Bawah				
1.1	Beton K-350 (Tiang Bore Pile Ø1200mm) (Unit Price)	m'	10.000,00	8.031.670	80.316.699.820
1.2	PIT	titik	1.000,00	4.865.850	4.865.850.000
1.3	PDA Test	titik	500,00	20.702.550	10.351.275.000
1.4	Axial Loading Test	titik	1,00	1.061.363.645	1.061.363.645
1.5	Lateral Loading Test	titik	2,00	125.222.945	250.445.891
1.6	Pembobokan Bore Pile	m3	25.000,00	1.162.926	29.073.152.252
1.7	Beton K-350 (Pile Cap) (Unit Price)	m3	8.000,00	5.336.647	42.693.178.893

1.8	Besi Beton Pile Cap (Unit Price)	kg	1.500.000,00	18.727	28.090.304.881
1.9	Beton K-125 (Lantai Kerja)	m3	500,00	2.736.261	1.368.130.268
1.10	Beton K-400 (Pier Kolom)	m3	7.000,00	5.560.978	38.926.847.262
1.11	Besi Beton	Kg	3.500.000,00	18.727	65.544.044.722
1.12	Pekerjaan Shoring*	Ls	1,00	3.500.000.000	3.500.000.000
Sub Total (Rp.)					306.041.292.632
2	Pekerjaan Struktur Atas				
2.1	Beton K-500 (Pier Head)	m3	18.000,00	6.065.830	109.184.940.454
2.2	Strand dan Stressing Pier	Kg	500.000,00	92.053	46.026.699.372
2.3	Besi Beton	Kg	7.500.000,00	18.727	140.451.524.403
2.4	Pekerjaan Shoring Untuk Pier Head dan Portal*	Ls	1,00	6.000.000.000	6.000.000.000
Sub Total (Rp.)					301.663.164.229
TOTAL (Rp.)					607.704.456.861

Pada durasi normal pekerjaan kemampuan tukang untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut 1147 hari sehingga dengan pertimbangan durasi total proyek untuk mendapatkan durasi yang efektif dan optimal maka di asumsikan (*trial and error*) pekerjaan tersebut akan diselesaikan 15 kali lebih cepat dari durasi normal.

$$\text{Durasi rencana} = \frac{1147}{15} = 76 \text{ hari.}$$

Analisa ini untuk mengetahui berapa kebutuhan tenaga kerja yang digunakan untuk setiap pekerjaan. Analisa kebutuhan tenaga kerja ini mengacu pada harga satuan utama (HSPK) dan rencana anggaran biaya (RAB) serta durasi rencana yang telah disetujui. Dengan menggunakan rumus

Kebutuhan tenaga kerja =

Sebagai contoh untuk pekerjaan beton K-350 (tiang bore pile Ø12000 mm) dengan volume 10.000 m³ dengan durasi rencana selama 76 hari,

maka jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Pekerja} = \frac{10000}{4,358 \times 76} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja} \times \text{durasi rencana}}$$

$$\text{Tukang} = \frac{10000}{8,715 \times 76} = 15 \text{ OH}$$

sehingga kebutuhan alat berat yang digunakan adalah:

- Bore pile = $\frac{10000}{0,27 \times 76} = 5$ per hari
- Concrete pump = $\frac{10000}{0,24 \times 76} = 4,44$ per hari
- Truck mixer = $\frac{10000}{0,79 \times 76} = 14,78$ per hari

$$\text{Mandor} = \frac{10000}{26,145 \times 76} = 5 \text{ OH}$$

Analisa ini untuk mengetahui berapa kebutuhan material untuk setiap pekerjaan. Analisa kebutuhan material ini mengacu kepada Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 dan Surat Edaran Dirjen Bina Marga No. 02 /SE/Db/2018. Dengan menggunakan rumus:

Kebutuhan material = koefisien tenaga kerja x volume pekerjaan

Sebagai contoh untuk pekerjaan beton K-350 (tiang bore pile Ø12000 mm) dengan volume 10.000 m³:

- Beton K-350 = 1,92 x 10000 = 19226,55m³
- Baja tulangan = 384,53 x 10000 = 3845309,41 kg
- Casing = 3,77 x 10000 = 37699,11 m²

Kapasitas kerja alat adalah kemampuan alat untuk menghasilkan suatu produksi per hari dalam besaran volume. Rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai kapasitas alat berat per hari yaitu:

Kapasitas alat berat per hari =

Sebagai contoh untuk pekerjaan beton K-350 (tiang bore pile Ø12000 mm) dengan volume 10.000 m dengan durasi rencana selama 76 hari dan jam kerja dalam sehari 7 jam kerja,

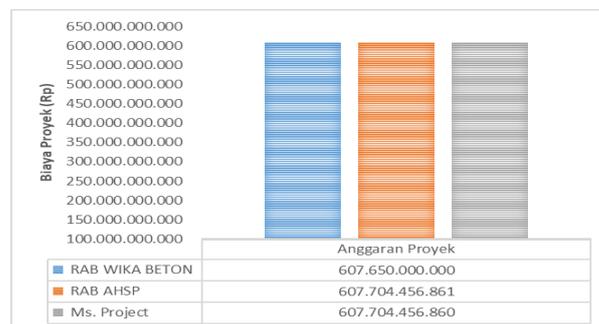
$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{durasi pekerjaan}} \div \text{koefisien alat berat} \times 7 \text{ jam kerja}$$

Dari hasil analisa data baik dengan *Microsoft Project* maupun dengan *Microsoft Excel* maka diperoleh selisih perbedaan biaya dan waktu pembangunan jalan tol layang A.P. Pettarani Makassar - Sulawesi Selatan yang dapat dilihat pada tabel 2.

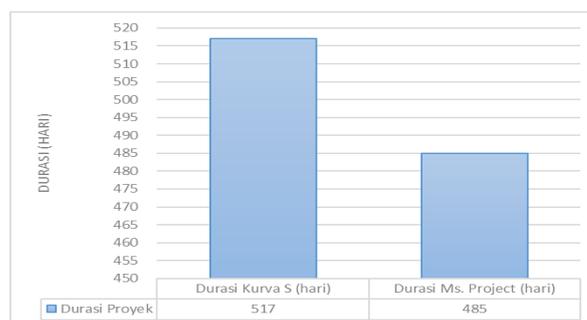
Tabel 2. Hasil perbandingan analisa data Microsoft Excel dan Microsoft Project

No	Item Pekerjaan	RAB WIKA BETON	RAB AHSP	Ms. Project	Durasi Kurva S (hari)	Durasi Ms. Project (hari)
1	Pekerjaan Struktur Bawah					
1.1	Beton K-350 (Tiang Bore Pile Ø1200mm) (Unit Price)	100.000.000.000	80.316.699.820	80.316.699.820	270	76
1.2	PIT	2.000.000.000	4.865.850.000	4.865.850.000	60	71
1.3	PDA Test	20.000.000.000	10.351.275.000	10.351.275.000	270	71
1.4	Axial Loading Test	1.500.000.000	1.061.363.645	1.061.363.645	30	1
1.5	Lateral Loading Test	400.000.000	250.445.891	250.445.890	30	2
1.6	Pembobokan Bore Pile	22.500.000.000	29.073.152.252	29.073.152.252	240	21
1.7	Beton K-350 (Pile Cap) (Unit Price)	16.000.000.000	42.693.178.893	42.693.178.893	390	113
1.8	Besi Beton Pile Cap (Unit Price)	30.000.000.000	28.090.304.881	28.090.304.881	390	188
1.9	Beton K-125 (Lantai Kerja)	750.000.000	1.368.130.268	1.368.130.268	390	96
1.10	Beton K-400 (Pier Kolom)	28.000.000.000	38.926.847.262	38.926.847.262	390	189
1.11	Besi Beton	70.000.000.000	65.544.044.722	65.544.044.722	180	350
1.12	Pekerjaan Shoring*	3.500.000.000	3.500.000.000	3.500.000.000	360	191
	Sub Total	294.650.000.000	306.041.292.632	306.041.292.631		
2	Pekerjaan Struktur Atas					
2.1	Beton K-500 (Pier Head)	117.000.000.000	109.184.940.454	109.184.940.454	420	228
2.2	Strand dan Stressing Pier	40.000.000.000	46.026.699.372	46.026.699.372	420	125
2.3	Besi Beton	150.000.000.000	140.451.524.403	140.451.524.403	450	469
2.4	Pekerjaan Shoring Untuk Pier Head dan Portal*	6.000.000.000	6.000.000.000	6.000.000.000	450	249
	Sub Total	313.000.000.000	301.663.164.229	301.663.164.229		
	TOTAL	607.650.000.000	607.704.456.861	607.704.456.860	517	485

Berikut dibawah ini ditampilkan grafik perbandingan antara durasi dan biaya hasil dari *Microsoft excel* dengan *Microsoft project* berdasarkan table 2 diatas, yang dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik perbandingan anggaran biaya konstruksi



Gambar 2. Grafik perbandingan durasi pelaksanaan

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa anggaran biaya konstruksi hasil output Microsoft excel dibutuhkan biaya sebesar Rp 607.650.000.000 (RAB WIKA Beton) dan setelah dianalisis kembali dengan mengacu pada Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 dan Surat Edaran Dirjen Bina Marga No. 02 /SE/Db/2018

biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 607.704.456.861 (RAB AHSP) atau terjadi selisih biaya sebesar Rp 54.456.861, salah satu hal yang menyebabkan selisih biaya tersebut adalah acuan basic price/harga satuan dan koefisien pekerjaan yang dipakai. Sedangkan hasil olah data *Microsoft Project* dengan bantuan data analisa dari RAB AHSP diperoleh anggaran biaya konstruksi sebesar Rp 607.704.456.860 atau selisih biaya antara RAB WIKA Beton dengan output *Microsoft Project* sebesar Rp 54.456.860. Untuk durasi pelaksanaan dengan *Microsoft Excel* (kurva s) diperoleh durasi waktu selama 517 hari, sedangkan dengan *Microsoft Project* diperoleh durasi waktu selama 485 hari. Sehingga selisih durasi pelaksanaan yakni 32 hari.

4. KESIMPULAN

Pada *Microsoft Excel* anggaran biaya konstruksi yang didapat sebesar Rp 607.650.000.000 tidak termasuk PPN 10% sedangkan dari hasil *Microsoft Project* anggaran biaya konstruksi sebesar Rp 607.704.456.860 tidak termasuk PPN 10%. Untuk durasi pelaksanaan konstruksi dengan *Microsoft Office Excel* (kurva s) diperoleh durasi waktu selama 517 hari, sedangkan dengan *Microsoft Project* (network diagram) diperoleh durasi waktu selama 485 hari. Selisih anggaran biaya konstruksi sebesar Rp 54.456.860. Sedangkan untuk selisih durasi pelaksanaan konstruksi diperoleh 32 hari kerja.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andri, Nugroho Aryo. (2007). *Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas I Tanjung Mas Semarang*.
- Ando, Muhijra. 2016. *Tinjauan Perencanaan Waktu dan Tenaga Kerja pada Proyek Pembangunan Gedung Panti Sosial di Kota Ternate*, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar.
- April, Siska. 2018. *Optimasi Penjadwalan Pekerjaan Peningkatan Jalan Susuk – Prupuk Sangkulirang*, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.
- Asmi, Naya. 2017. *Studi Penjadwalan Waktu dan Biaya pada Proyek Preservasi Rekonstruksi Jalan Metropolitan Makassar*, Fakultas Teknik, UNIBOS, Makassar.
- Dannyanti, Eka dan Sudaryanto, Budi. 2011. “*Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip)*”. *Undergraduate Thesis*. Universitas Diponegoro.
- Hidayat, Fany. 2018, *Metode Pelaksanaan Proyek Tol Layang A.P. Pettarani*, PT. Wijaya Karya Beton, Makassar.
- Heizer, Jay & Barry Render (2011). *Manajemen Operasi. Edisi Sembilan. Buku Dua. Diterjemahkan oleh Chriswan Sungkono*. Jakarta: Salemba Empat.
- Izmael, Idzurnida. 2013. *Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya*. Jurnal Momentum, Vol.14 No.1 2013.
- Kerzner, Harold. 1995. *Project Management : A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Madiun, Madcoms. 2013. *Kupas Tuntas Microsoft Office Project 2013*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nazeni, Imam. 2010. *Manajemen Proyek*. UI Press, Jakarta.
- Nur, Rijal M. 2019. *Pengendalian Waktu dan Biaya pada Pembangunan Perumahan Cluster Glassgow Royal Sentraland BTP Maros*, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Makassar.
- Pardede, Pontas, M. 2003. *Manajemen Operasi dan Produksi, Teori, Model dan Kebijakan*. Penerbit : ANDI. Yogyakarta.
- Putri, Lynna A.Luthan & Syafriandi, ST. 2017. *Manajemen Konstruksi Dengan Aplikasi Microsoft Project*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Putri, Lynna A.Luthan & Syafriandi, ST. 2019. *Progress Report Di Era Industri 4.0 (Aplikasi Microsoft Project)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. (2012). *Linear Programming Applications. Dalam Quantitative Analysis for Management (hal. 312)*. New Jersey: Pearson.
- Rison, 2017. *Analisa Kinerja Biaya dan Waktu dengan Metode Nilai Hasil*, Fakultas Teknik, UNIBOS, Makassar.
- Russel, Roberta S. and Bernard W. Taylor III (2008). *4th Edition, Operations Management*, New Jersey : Prentice Hall, Inc.
- Sompie B.F, 1991. *Manajemen Proyek Suatu Tinjauan Umum*, Fakultas Teknik UNSRAT, Manado.
- Soeharto, Imam. 1999. *Manajemen Proyek Jilid I dan II*, Erlangga, Jakarta.
- Trihendradi C, 2009. *Microsoft Project 2007 : Langkah Cerdas Merencanakan, Menjadwalkan dan Mengontrol Proyek*, Andi Offset, Jakarta.
- Wahana Komputer, 2010. *Microsoft Project 2010 : Panduan Praktis*, Andi Offset, Jakarta.

Walean, David M, dkk. 2012. *Perencanaan dan Pengendalian Jadwal dengan Menggunakan Program Microsoft Office Project 2010*. Jurnal Sipil Statik, Vol.1 No.1 2012.

Wowor, FN, dkk. 2013. *Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek*. Jurnal Sipil Statik, Vol.1 No.8 2013.

Wulfram I. Ervianto, 2009. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi Offset, Jakarta.

<https://www.blogteknisi.com/2017/11/sekilas-tentang-kurva-s-s-curve-proyek.html>.

<https://caranecom.blogspot.com/2019/04/pengertian-metode-pelaksanaan-proyek.html>.

<https://borepile-strausspile.com/index.php/blogs/18-pengertian-pondasi-bore-pile>.

<https://dpupkp.bantulkab.go.id/berita/96-kolom-bangunan-pengertian-jenis-dan-fungsinya>.

ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG SEBAGAI PENGGANTI PARSIAL SEMEN DENGAN TAMBAHAN ZAT ADITIF

Eka Yuniarto¹⁾ Rais Rahman²⁾ Mohamad Bismar Dirgantara³⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

E-mail: eka.yuniarto@universitasbosowa.ac.id

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia

Email: rais.rachman@gmail.com

³⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email: bismardirgantra@gmail.com

ABSTRAK

Granulated Blast Furnace Slag/Granulated Blast furnace Slag (GGBFS) berbentuk butiran/pasir merupakan residu pembakaran pada tanur (furnace) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja. Silica fume merupakan material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon dan *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*). *Silica fume* merupakan bahan pengisi (*filler*) dalam beton. Penggunaan kedua material tersebut diharapkan mengurangi penggunaan semen dan untuk menghasilkan kuat tekan beton maksimal. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa selama empat bulan. Jumlah benda uji beton normal sebanyak 20 buah dan variasi beton sebanyak 18 buah dengan dimensi silinder berukuran 15x30. Dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan GGBFS dan Silica Fume. variasi pecahan GGBFS yang digunakan sebesar 25 % , 50 % dan 75 % dan bahan tambah Silica Fume sebesar 10% . Hasil kuat tekan beton variasi GGBFS dengan tanpa tambahan *Silica Fume* adalah sebesar 25% = 27 Mpa, 50% = 21.3 Mpa, 75% = 18.3 Mpa. Adapun hasil kuat tekan beton variasi GGBFS dengan tambahan Silica Fume adalah sebesar 25% = 23.9 Mpa, 50% = 20.2 Mpa, dan 75% = 11.0 Mpa. Dapat disimpulkan nilai tertinggi kuat tekan rata rata beton variasi GGBFS sebesar 25 % tanpa bahan tambah Silica Fume

Kata Kunci : Granulated Blast Furnace Slag/Granulated Blast furnace Slag (GGBFS), Silica Fume Kuat Tekan Beton

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan pada berbagai macam elemen struktur bangunan seperti kolom, balok pelat dan lain sebagainya. Beton merupakan campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*). Salah satu material pengikat beton adalah semen.

Akan tetapi penggunaan semen dalam jumlah yang banyak akan meningkatkan panas hidrasi yang di hasilkan proses hidrasi semen. Produksi semen menghasilkan emisi gas CO₂ sekitar 7% dari total emisi CO₂. Kementerian Perindustrian memperkirakan total kapasitas semen nasional pada 2017 akan mencapai 102 juta ton dari total kebutuhan 70 juta ton per tahun, seiring dengan tingginya realisasi investasi pada industri semen di dalam negeri

Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) adalah GBFS yang sudah dihaluskan yang memiliki sifat cementitious layaknya semen yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat agregat. Pada kehalusan yang baik, GGBFS/GGBS menunjukkan kualitas perekatan yang sama dengan Semen Portland. Oleh karenanya dapat menggantikan fungsi Semen Portland dengan rasio perbandingan massa tertentu.

Keunggulan lain penggunaan GGBFS adalah membuat beton dan mortar lebih stabil secara kimia, menambah kuat tekan pada variasi tertentu, permukaan akhir yang baik serta warna yang lebih terang. *Beton* dengan campuran GGBFS dinilai cocok digunakan untuk proyek infrastruktur seperti pelabuhan, jembatan, jalan, dan gedung bertingkat serta dapat mengurangi panas hidrasi yang terjadi.

Silica fume merupakan material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon dan *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*). *Silica fume* merupakan bahan pengisi (*filler*) dalam beton yang mengandung kadar *silica* yang tinggi. Kandungan SiO₂ mencapai lebih dari 90%. Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi

2. KAJIAN PUSTAKA

Gambaran Umum

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus , air dan bahan tambag (admixture atau additive). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan- bahan penyusun beton kita perlu mengetahui karateristik masing masing komponen.

Mather (1957) , mengungkapkan bahwa Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) dapat mensubsitisi semen dengan kombinasi kapur halus untuk pembuatan mortal oleh Loriot (1977)

Dalam teknologi beton, Silica Fume (SF) digunakan sebagai pengganti sebagian dari semen atau bahan tambahan pada saat sifat-sifat khusus beton dibutuhkan, seperti penempatan mudah, kekuatan tinggi, permeabilitas rendah, durabilitas tinggi, dan lain sebagainya. Silica fume merupakan hasil sampingan dari produk logam silikon atau alloy ferosilikon. Menurut standar "Spesification for Silica Fume faor Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortal" (ASTM.C.1240,1995: 637-642), silica fume adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara micro silica dengan silica fume).

3. METODE PENELITIAN

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (kerikil, pasir, semen dan air) dalam campuran beton. Metode rancangan adukan beton yang dipakai adalah metode yang biasa dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum yaitu metode DOE (*Departemen of Environment*) yang merupakan pengembangan dari metode rancangan adukan beton cara Inggris (*The British Mix Design Method*) dan dimuat dalam SNI 03 – 2834 – 2000 berdasarkan ketentuan umum rancang campur menurut SNI – 2847 – 2013

Sebelum pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada SNI berdasarkan tabel 1.

Setelah pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Benda uji yang digunakan silinder Ø 15 cm dan tinggi 30 cm dengan kuat tekan rencana f'c 20 MPa yang terdiri dari beton normal, beton dengan grand granulated blast furnace slag sebagai pengganti semen dan beton dengan grand granulated blast furnace slag sebagai pengganti

semen dengan penambahan zat aditif. Pertama benda uji yang di buat beton normal. Setelah beton normal memenuhi kuat tekan rencana, maka dilanjutkan dengan pembuatan beton menggunakan ground granulated blast furnace slag dengan dan tanpa zat aditif dengan komposisi berdasarkan tabel 2 dan 3.

Tabel 1. Pemeriksaan Agregat berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

No	Karateristik Agregat Kasar	Interval	Spesifikasi (SNI/ASTM)
1	Kadar Lumpur	< 1 %	SNI-03-4142-1996
2	Kadar Air	0.5 – 2 %	SNI-03-4142-1998
3	Berat Volume	1.6-1.9 kg/ltr	SNI-03-4804-1998
4	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.2	SNI-1970-2008

Tabel 2. Perencanaan Campuran Beton Normal untuk untuk 3 sampel silinder

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 3 SAMPEL (kg)
Air	190.72	0.0191	3.64
Semen	379.63	0.0191	7.24
Pasir	732.16	0.0191	13.97
Bp Maks 20	1047.49	0.0191	19.98

Tabel 3. Perencanaan Campuran Beton Variasi untuk untuk 3 sampel silinder

Simbol	Nama	Variasi GGBFS %	Jumlah GGBFS (KG)	Variasi Silica %	Jumlah Silica (KG)	Jumlah Semen (KG)
BN	Beton Normal	-	-	-	-	7.24
BG1	Beton GGBFS 1	25	1.810	-	-	5.431
BG2	Beton GGBFS 2	50	3.621	-	-	3.621
BG3	Beton GGBFS 3	75	5.069	-	-	2.172
BNS1	Beton Normal Silica	-	-	10	0.724	6.517
BGS1	Beton GGBFS Silica 1	25	1.810	10	0.724	4.707
BGS2	Beton GGBFS Silica 2	50	3.621	10	0.724	2.897
BG3	Beton GGBFS Silica 3	75	5.069	10	0.724	1.448
Total			21.001		2.897	34.036

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari bili-bili (Gowa).

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	3,15 %	Memenuhi

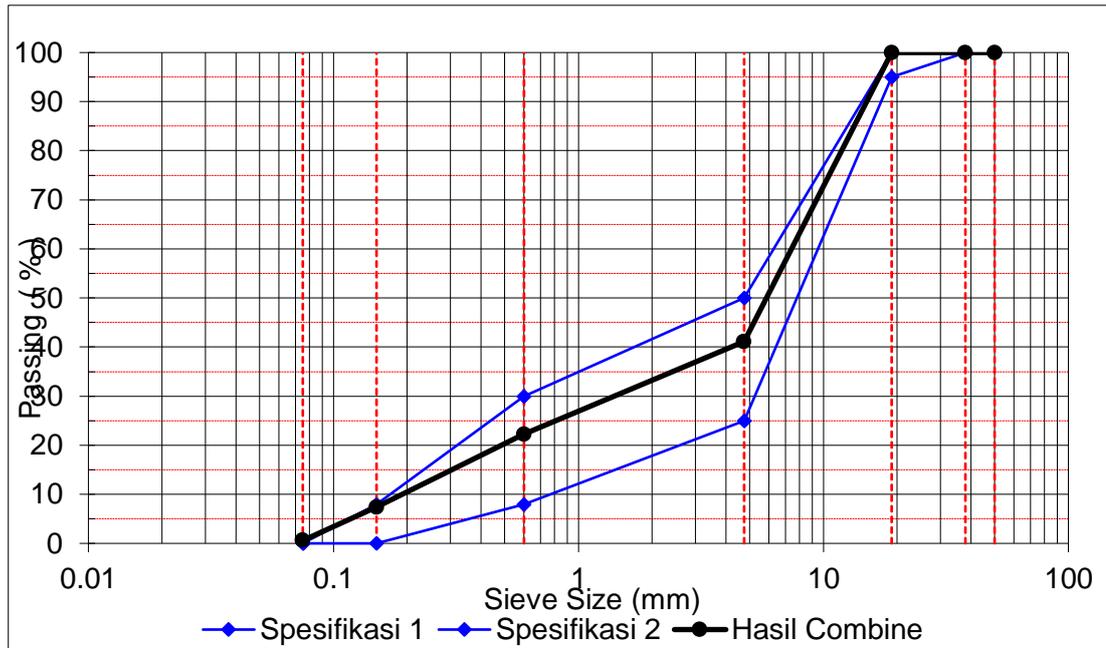
2	Kadar Air	3% - 5%	4,45%	Memenuhi
3	Berat Isi	1,6 - 1,9 gr/cm ³		
	- Lepas		1.515%	Memenuhi
	- Padat		1.762%	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 2%	0.77%	Memenuhi
5	Berat Jenis Spesifik			
	- Bj. Curah	1.6% - 3.3%	2.62%	Memenuhi
	- Bj. SSD	1.6% - 3.3%	2.64%	Memenuhi
	- Bj. Semu	1.6% - 3.3%	2.67%	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar Lumpur	Maks 1%	0.79%	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5% - 2%	0.56%	Memenuhi
3	Berat Isi	1,4 - 1,9 gr/cm ³		Memenuhi
	- Lepas		1.408%	Memenuhi
	- Padat		1.527%	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 4%	1.67%	Memenuhi
5	Berat Jenis Spesifik			Memenuhi
	- Bj. Curah	1.6% - 3.3%	2.55%	Memenuhi
	- Bj. SSD	1.6% - 3.3%	2.59%	Memenuhi
	- Bj. Semu	1.6% - 3.3%	2.66%	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah Max 20 mm)

Sumber : Hasil perhitungan



Sumber : Pengujian Analisa Saringan

Gambar 1. Gambar Gabungan Agregat

Pengujian Slump Test

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui Kelecekan (*workability*) adukan beton. Kelecekan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi). Tingkat kelecekan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Pengujian Kuat Tekan Beton

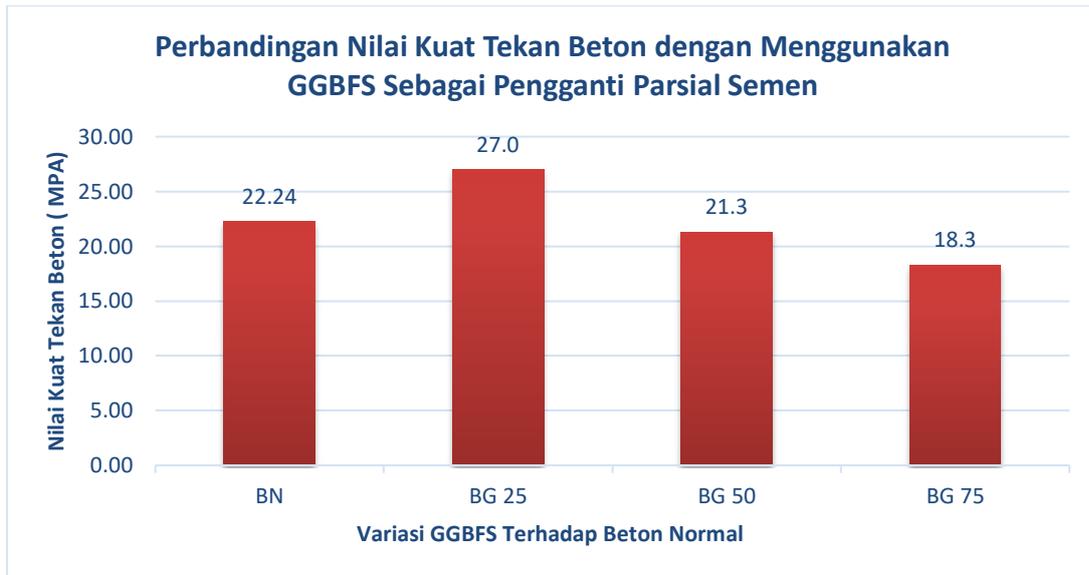
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Strength). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c')

Hasil pengujian kuat tekan beton variasi GGBFS pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

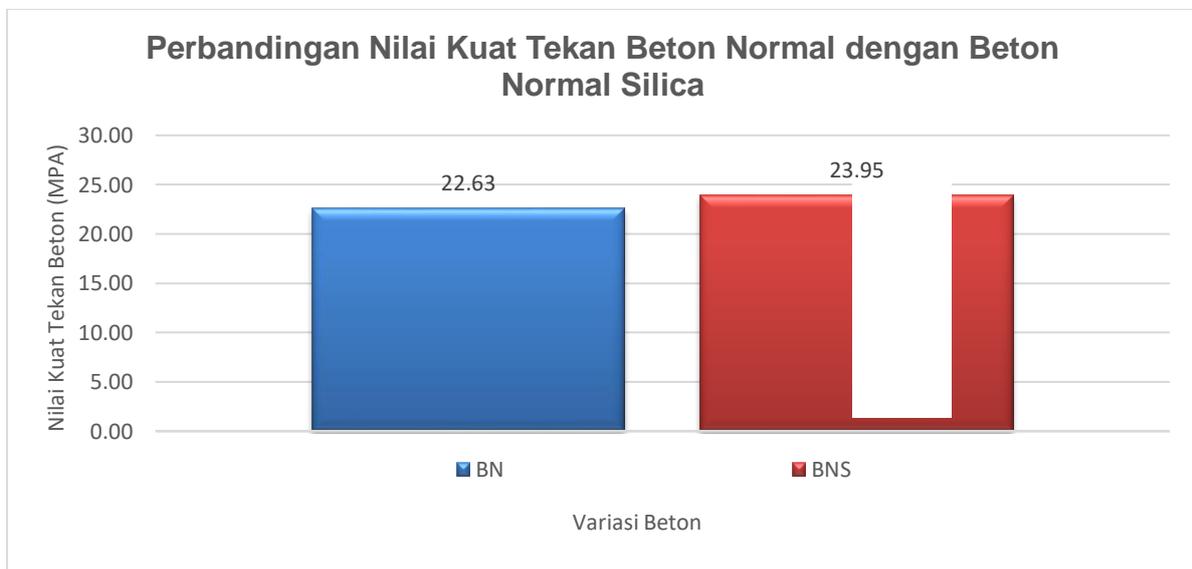
Tabel. 6. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi

Simbol	No Benda Uji	Kadar GGBFS	Kadar SF	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kekuatan Tekan
		%	%	(cm ²)	(KN)	Mpa
BG 25	1	25	-	176.6	465	26.3
	2			176.6	475	26.9
	3			176.6	490	27.7
Rata - Rata						27.0
BG 50	1	50	-	176.6	370	20.9
	2			176.6	370	20.9
	3			176.6	390	22.1
Rata - Rata						21.3
BG 75	1	75	-	176.6	315	17.8
	2			176.6	330	18.7
	3			176.6	325	18.4
Rata - Rata						18.3
BNS	1	-	10	176.6	400	22.6
	2			176.6	410	23.2
	3			176.6	460	26.0
Rata - Rata						23.9
BSG 25	1	25	10	176.6	440	24.9
	2			176.6	425	24.0
	3			176.6	405	22.9
Rata - Rata						23.9
BSG 50	1	50	10	176.6	370	20.9
	2			176.6	365	20.6
	3			176.6	335	18.9
Rata - Rata						20.2
BSG 75	1	75	10	176.6	200	11.3
	2			176.6	190	10.7
	3			176.6	195	11.0
Rata - Rata						11.0

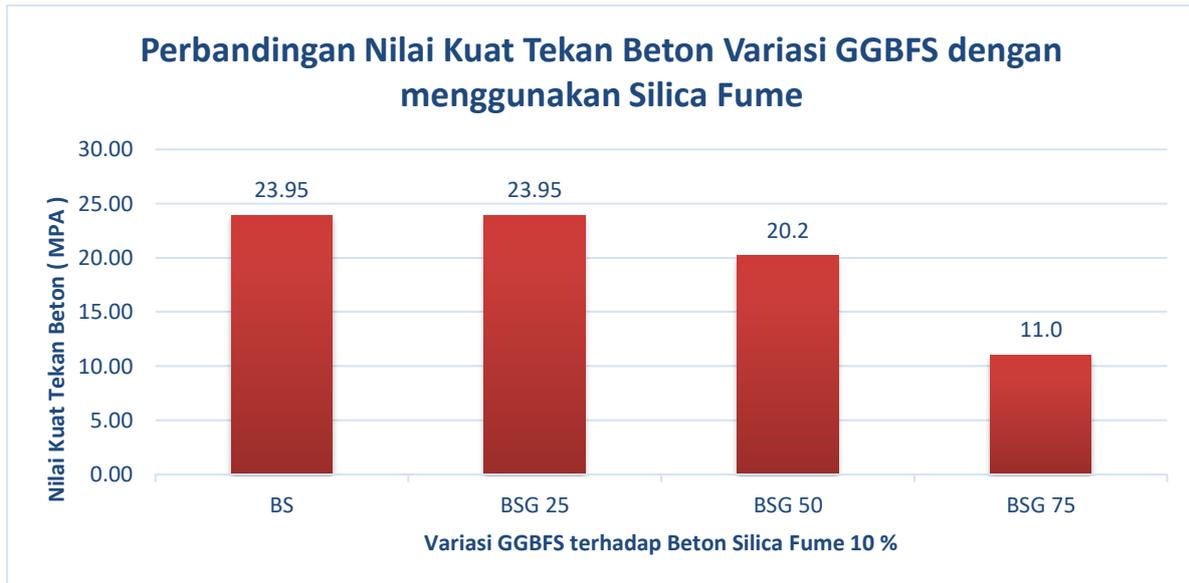
Sumber : Hasil Perhitungan



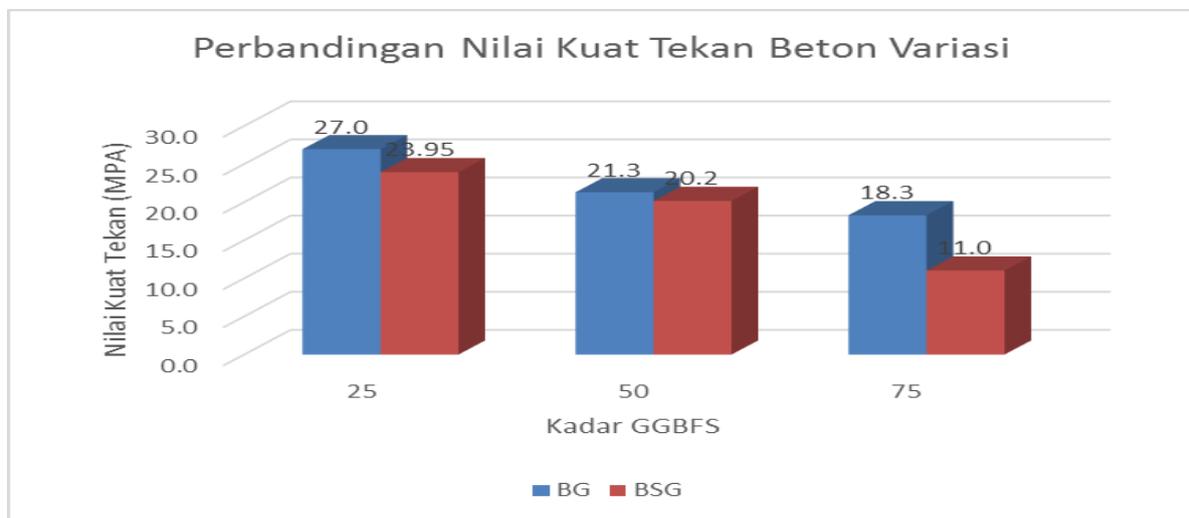
Gambar 2. Perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan menggunakan GGBFS sebagai pengganti parsial semen



Gambar 3. Perbandingan penambahan Silica Fume 10 % terhadap Beton Normal



Gambar 4. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Variasi GGBFS dengan Menggunakan Silica Fume 10 %



Gambar 5. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Variasi GGBFS tanpa Menggunakan Silica Fume 10 % dan menggunakan Silica Fume

Dari hasil penelitian kuat tekan beton variasi seperti yang terlihat pada gambar 4.2, terlihat bahwa kuat tekan tertinggi pada variasi GGBFS 25 % dari berat semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 27,0 Mpa. Hal ini bisa kita simpulkan bahwa kuat tekan rata-rata beton variasi lebih Tinggi dibanding dengan beton normal karena kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada beton normal sebesar 22.24 Mpa.

Sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada variasi GGBFS 75 % dari berat semen dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 18, Mpa. Jadi, GGBFS yang hanya bisa digunakan pada penelitian ini adalah maksimal 25 % untuk mencapai kuat tekan rata rata beton normal sebesar 22.24 Mpa.

Pada penambahan penggunaan Silica Fume mengakibatkan kuat tekan variasi tersebut menurun dibanding dengan tanpa menggunakan *Silica Fume*, Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 4.5. Hal itu disebabkan karena kadar semen berkurang, jumlah senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ bertambah dan akan mengurangi daya ikat sebagai pengganti semen, sedangkan fungsi Silica Fume adalah sebagai bahan pengisi bukan sebagai bahan pengikat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata dari 4 macam variasi substitusi Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) 0%, 25%, 50%, Dan 75% ke dalam semen didapatkan nilainya berturut-turut adalah 22.63 MPa, 27.3 MPa, 21.7 MPa, dan 18.7 MPa Dengan Substitusi Silica kedalam semen sebesar 10 % dengan varais GGBFS yang sama di dapatkan 24.4 Mpa, 24.4 Mpa , 18.8 Mpa , dan 11.3 Mpa.
2. Kadar Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) yang memenuhi beton normal adalah 25% memiliki nilai 27.3 MPa. Dengan Substitusi silica fume sebesar 10 % yang memenuhi beton normal kadar GGBFS 25 % sebesar 24.4 Mpa. Sedangkan yang tidak memenuhi beton normal dengan substitusi GGBFS adalah 50% dan 75% yang memiliki nilai 21.3 dan 18,7 MPa. Untuk substitusi Silica Fume 10 % dengan variasi GGBFS yang tidak memenuhi beton normal variasi 50% dan 75% dengan kuat tekan rata rata beton 18.8 Mpa dan 11.3 Mpa

Saran

1. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut Penggunaan Silica Fume Terhadap Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) Sebagai Bahan Tambah
2. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut yang meneliti tentang pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) terhadap beton ringan
3. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut terkait Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) dan Silica Fume dengan variasi yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C33 – 08, Standard Specification for Concrete Aggregates

BS EN 15167–1, Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout —, in Part 1 : Definitions, specifications and conformity criteria, 2006: London

Departemen Pekerjaan Umum 2004. *Semen Portland Komposit dengan standar SK SNI 15-7064-2004*. Badan Standarisasi Nasional.

Mulyono, Try. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Nawy, Edward. G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Jilid I. Bandung: Refika Aditama.

Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Nurhamdayani. 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Beton Porous*. Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 45.

Nababan, Boni Antonio., 2015. *Pengaruh Komposisi Genium ACE 8590 Terhadap sifat Mekanik Beton*. Tugas Akhir Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Raharjo, Aidyl Bagus. 2015. *Pengaruh Penggunaan Bahan Additvie Silica Fume dan Superplasticizer Terhadap Perilaku Fisis dan Mekanis Beton Mutu Tinggi Pasca Bakar*. Jurnal Tugas Akhir. (Online), <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/50857> (di akses 20 Maret 2017)

Roy, D. M., Hydration, structure, and properties of blast furnace slag cements, mortars, and concrete. ACI 1982 Setiawan., 2015. *Pengaruh Komposisi Glenium ACE 8590 dengan Fly Ash dan Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

SNI 03 - 2834 – 2000., *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2847-2013., *Ketentuan Umum Rancang Campur*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2834-2000., *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.

Supriyanto., 2014, *Pengaruh Additive Superplasticizer (Glenium) Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Tugas Akhir Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.

Teknologi Bahan I., 2011. *Teknologi Beton*.

Turu'allo, Gidion. 2013. *Kinerja Grounde Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) Tugas Akhir. Palu. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako*.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada

Vernando, Dasthon., 2002., *Studi Experimental Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Lentur Beton Ringan ALWA Mutu Rencana $f'c = 35$ Mpa*.

Virgalitte, S. J., Luther, M. D., Rose, J. H., Mather, B., Bell, L. W., Ehmke, B. A., Klieger, P., Roy, D. M., Call, B. M., and Hooton, R. D., Ground granulated blast-furnace slag as a cementitious constituent in concrete. 1995.

PENGGUNAAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DAN BAHAN TAMBAH POLIMER TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Hijriah¹⁾, Arman Setiawan²⁾, Indra Bayu Paliling³⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: hijriah@universitasbosowa.ac.id

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : arman.setiawan@universitasbosowa.ac.id

³⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : Indrabayu0498@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan variasi limbah karbit sebagai substitusi semen dan bahan tambah polymer. limbah karbit yang di substitusi ke semen dengan jumlah 5%, 15%, dan 25% dari berat semen serta polimer *concrete* (Polcon) dengan perbandingan 1:200 terhadap jumlah air. Benda uji menggunakan silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengujian yang di lakukan adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian yang di lakukan kuat tekan beton variasi limbah karbit mengalami penurunan dengan jumlah limbah karbit 5%, 15% dan 25% secara berturut-turut yaitu -29,9 %, -39,66 % dan -65,84% di bandingkan dengan beton normal. Setelah di tambahkan polimer, kuat tekan pada penggunaan limbah karbit 5% mengalami peningkatan terhadap kuat tekan sebesar 0,10%. Dan pada beton dengan penggunaan limbah karbit sebanyak 15% dan 25% mengalami peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan beton variasi tanpa polimer namun tidak melebihi kuat tekan beton yang direncanakan.

Kata Kunci : Limbah Karbit, Polimer, Kuat tekan.

ABSTRACT

This study aims to determine the compressive strength of concrete with variations of carbide waste as a cement substitute and polymer added material. waste carbide which is substituted for cement in the amount of 5%, 15%, and 25% of the weight of cement and polymer concrete (Polcon) with a ratio of 1:200 to the amount of water. The test object used a concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The test carried out was the compressive strength of concrete at the age of 28 days. From the results of tests carried out, the compressive strength of the variation of carbide waste decreased with the amount of carbide waste 5%, 15% and 25%, respectively, namely -29.9%, -39.66 % and -65.84% in comparison. with normal concrete. After adding the polymer, the compressive strength of using 5% carbide waste increased to 0.10% of the compressive strength. And in concrete with the use of carbide waste as much as 15% and 25%, the compressive strength increased compared to the variation of the concrete without polymer but did not exceed the planned compressive strength of the concrete.

Keywords: Carbide Waste, Polymer, Compressive Strength.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Negara Indonesia mayoritas penduduknya menggunakan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor perlu perbaikan berkala. Salah satu metode perbaikan bermotor adalah di bidang pengelasan. Bidang pengelasan menghasilkan limbah yaitu limbah karbit. Limbah karbit merupakan sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas *acetylene*. Limbah karbit mempunyai unsur kimia yang hampir menyerupai semen, dari hal tersebut limbah karbit di manfaatkan untuk campuran atau pengganti semen dalam pembuatan beton. Beton adalah bahan bangunan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, material perekat, dan air. Penggunaan betonpun semakin menjadi pilihan guna kebutuhan konstruksi bangunan. Beton banyak di gunakan pada proyek konstruksi karena lebih efisien dari segi pelaksanaan dan sifat beton yang kuat terhadap tekan. Salah satu penyusun material beton yang memiliki peranan penting adalah semen Portland sebagai perekat. Namun semakin lama harga semen portland semakin meningkat. Oleh karena itu sebisa mungkin dicoba berbagai material yang memiliki sifat yang sama seperti halnya semen

1) mahasiswa

2) dosen pembimbing

3) dosen pembimbing

portland untuk menggantikan atau setidaknya mengurangi komposisi semen pada beton namun masih memenuhi standard kelayakan. Dalam penelitian ini juga akan menggunakan bahan tambah polymer. Polimer adalah suatu zat kimia yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan hidrogen sebagai molekul utamanya. Bahan polimer berasal dari limbah plastik yang didaur ulang, kemudian dicampur dengan bahan kimia.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai substitusi semen dan bahan tambah polymer terhadap kuat tekan beton ?.
2. Bagaimanakah komposisi optimum limbah karbit sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton ?

Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai substitusi semen dan bahan tambah polymer terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui komposisi optimum limbah karbit sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton.

Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengurangi dampak limbah karbit (B3) yang dapat mencemari lingkungan sekitar dan memanfaatkan limbah yang tidak dapat olah kembali sebagai bahan konstruksi.
2. Mengurangi penggunaan semen yang berdampak pada penurunan emisi CO₂
3. Sebagai pijakan dan referensi pada penelitian – penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (admixture atau additive).

Limbah Karbit

Limbah karbit adalah sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asetelin (C₂H₂). Limbah karbit yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari bengkel las yang terletak di jalan delima, Pekanbaru. Dilakukan pengujian senyawa kimia yang terkandung dalam limbah karbit di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian Yogyakarta. Pengujian menunjukkan bahwa limbah karbit banyak mengandung CaO sebesar 46,79%. Adapun bahan kimia yang terdapat pada limbah karbit antar lain :

Komposisi Kimia	Persen Berat (%)
CaO	46,79
SiO ₂	13,25
Al ₂ O ₃	0,98
Fe ₂ O ₃	0,22
MgO	0,08
HD/LOI	29,58

Polimer

Polimer concrete (POLCON) adalah material polimer dalam bentuk emulsi komposit manometer untuk memodifikasi sifat-sifat material dan mekanis beton dan mortar. Polcon dapat ditambahkan sebagai salah satu unsur material dalam pembuatan beton dan mortar untuk mempercepat pengerasan tanpa perawatan basah (*wet curing*) sekaligus untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap benturan, kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik, kuat belah

dan keawetan beton dan mortar. Koefisien ekspansi beton dan mortar relatif tetap, lebih tahan terhadap panas, penetrasi air tawar maupun air asin.

Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tekan pada beton sampai benda uji pecah. Benda uji diratakan pada sisi atas (capping) agar beban yang terjadi benar – benar beban merata dan tidak terkonsentrasi.

Pengujian kuat tekan benda uji silinder 15 x 30 cm menggunakan alat Compression Testing Machine kapasitas 1500 Kn.

Rumus – rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan tekan beton adalah :

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)}$$

dimana :

$f'c$: kuat tekan beton (Mpa)

P : beban maksimum (N)

A : luas penampang (mm²)

Metode penelitian

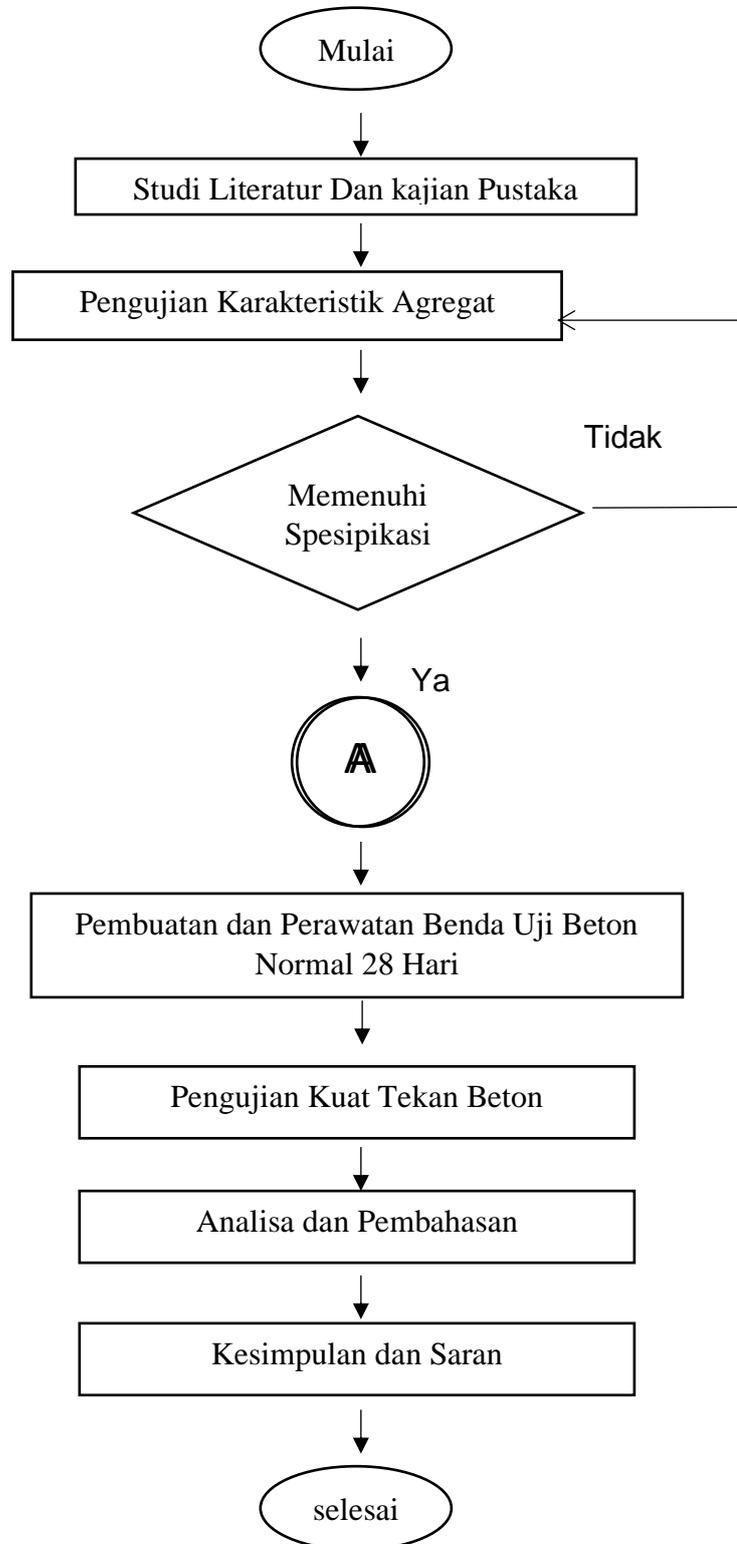
Pelaksanaan penelitian diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan penelitian
2. Pengujian karakteristik material untuk agregat kasar dan agregat halus yang meliputi:
 - a. Pemeriksaan kadar air
 - b. Kadar lumpur
 - c. Berat isi
 - d. Pemeriksaan berat jenis
 - e. Analisis saringan
3. Perencanaan komposisi campuran
4. Pembuatan benda uji
 - a. Pembuatan campuran beton (*Mixing*)
 - b. Pencetakan (*Moulding*)
5. Perawatan (*Curing*)
6. Pengujian kuat tekan untuk setiap benda uji
7. Pembuatan Benda Uji Beton Variasi
8. Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi
9. Menganalisa data hasil pengujian yang telah dilakukan
10. Dibuat kesimpulan terhadap hasil penelitian.

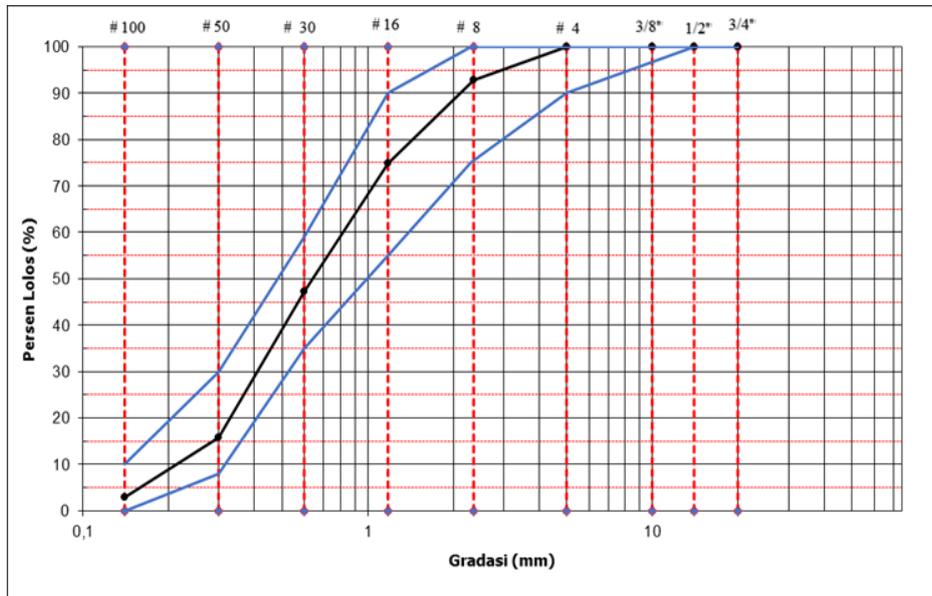
3. ALUR BAGAN PENELITIAN

Adapun Alur penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram alur berikut ini.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakteristik agregat halus

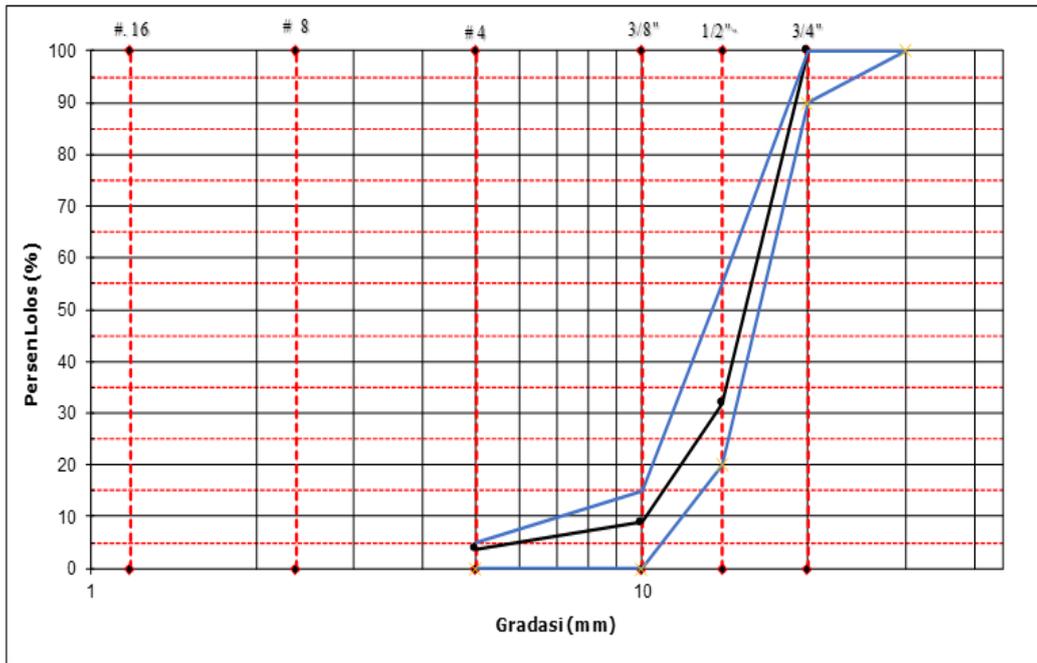


Gambar 1. Grafik analisa saringan agregat halus

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	Maksimal 5 %	3,78%	Memenuhi
2	Kadar Air	3 % - 5 %	3,60%	Memenuhi
3	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9 gram/cm ³	1,40 gram/cm ³	Memenuhi
	-padat		1,52 gram/cm ³	Memenuhi
4	Absorsi	0,2 % - 2 %	1,83%	Memenuhi
5	Berat Jenis Spesifik			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,2	2,47	Memenuhi
	- Berat Jenis Jemuh Permukaan Kering	1,6 - 3,2	2,51	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,2	2,59	Memenuhi

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

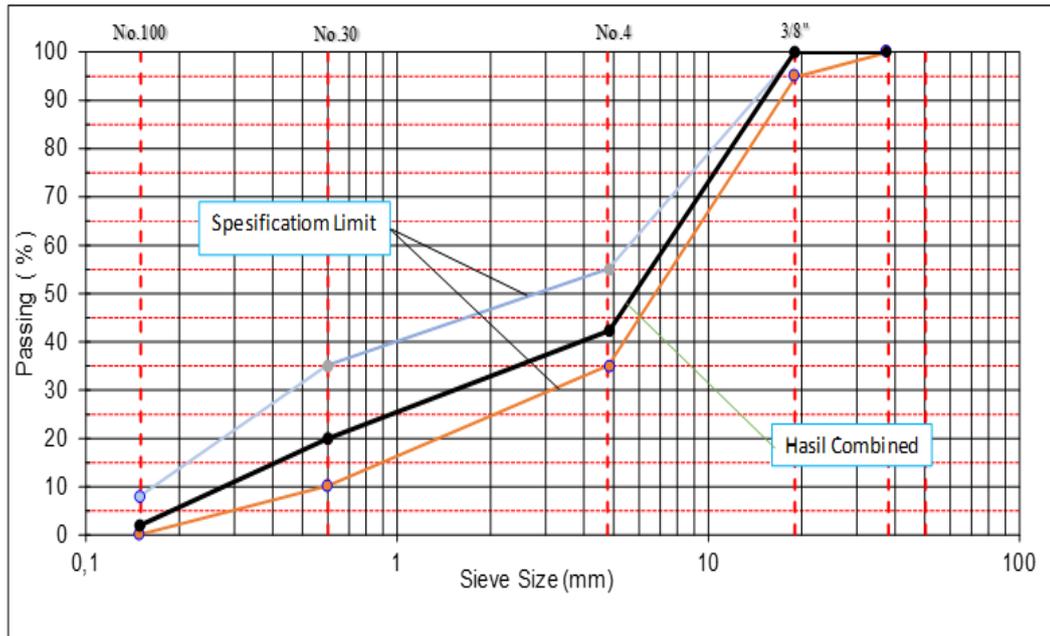


Gambar 2. Grafik analisa saringan agregat kasar

Tabel 2. Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	Maksimal 1 %	0,96%	Memenuhi
2	Kadar Air	0,5 % - 2 %	1,32%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,6 - 1,9 gram/cm ³	1,63 gram/cm ³	Memenuhi
	- padat		1,71 gram/cm ³	Memenuhi
4	Absorsi	0,2 % - 4 %	2,56%	Memenuhi
5	Berat Jenis Spesifik			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,2	2,88	Memenuhi
	- Berat Jenis Jemuh Permukaan Kering	1,6 - 3,2	2,96	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,2	3,11	Memenuhi

Combined agregat



Gambar 3. Grafik gabungan agregat

Mix design

- Komposisi beton normal

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UNTUK 1 SAMPEL (kg)	BERAT UNTUK 5 SAMPEL (kg)
Air	205,71	0,00636	1,31	6,54
Semen	379,63	0,00636	2,41	12,07
Pasir	764,40	0,00636	4,86	24,31
Bp 1-2	1112,75	0,00636	7,08	35,39

- Komposisi beton variasi

No	Beton Variasi	Semen (kg)	Limbah Karbit (kg)	Air (L)	Polymer (ml)	Pasir (kg)	Batu Pecah 1-2 (kg)
1	BK 5% + polymer	6,87	0,36	3,93	0	14,58	21,24
2	BK 5% + polymer	6,87	0,36	3,93	20	14,58	21,24
3	BK 15% + polymer	6,15	1,08	3,93	0	14,58	21,24
4	BK 15% + polymer	6,15	1,08	3,93	20	14,58	21,24
5	BK 25% + polymer	5,42	1,81	3,93	0	14,58	21,24
6	BK 25% + polymer	5,42	1,81	3,93	20	14,58	21,24
7	Beton Polymer	7,23	0	3,93	20	14,58	21,24

- Slump tes

NO	Notasi	Nilai Slump
1	BK	8.5
2	BKP 5% + 0 ml	8
3	BKP 5% + 20 ml	8
4	BKP 15% + 0 ml	8
5	BKP 15% + 20 ml	8
6	BKP 25% + 0 ml	8
7	BKP 25% + 20 ml	8
8	BKP 0% + 20 MI	8

Hasil kuat tekan

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No Benda Uji	berat bton segar	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Umur (hari)	berat beton ssd	Beban	Kekuatan Tekan (N / mm ²)	Target benda uji Silinder (28 hari)
	KG					Maksimum (KN)			
1	12,37	15	30	176,63	28	12,29	350	19,82	20 Mpa
2	12,55	15	30	176,63	28	12,47	405	22,93	
3	11,62	15	30	176,63	28	11,56	340	19,25	
4	12,42	15	30	176,63	28	12,36	380	21,51	
5	12,28	15	30	176,63	28	12,19	365	20,67	
6	12,64	15	30	176,63	28	12,58	410	23,21	
7	12,46	15	30	176,63	28	12,39	385	21,80	
8	12,47	15	30	176,63	28	12,37	405	22,93	
9	12,41	15	30	176,63	28	12,34	395	22,36	
10	12,53	15	30	176,63	28	12,46	385	21,80	
11	12,47	15	30	176,63	28	12,41	390	22,08	
12	12,22	15	30	176,63	28	12,15	395	22,36	
13	12,12	15	30	176,63	28	12,07	350	19,82	
14	12,27	15	30	176,63	28	12,16	340	19,25	
15	12,51	15	30	176,63	28	12,44	360	20,38	
16	12,45	15	30	176,63	28	12,39	390	22,08	
17	12,52	15	30	176,63	28	12,43	380	21,51	
18	12,45	15	30	176,63	28	12,36	345	19,53	
19	12,61	15	30	176,63	28	12,53	410	23,21	
20	12,54	15	30	176,63	28	12,47	375	21,23	
Jumlah								427,74	
Kuat Tekan Rata - Rata (F'cr)								21,39	

Sumber : Hasil Pengujian

Untuk menghitung kekuatan tekan beton rata – rata

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'c}{N} (Mpa) = \frac{427.74}{20} (Mpa) = 21.39 Mpa$$

Untuk menghitung standar deviasi

$$Sr = \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} = 1.33$$

Untuk menghitung kuat tekan karakteristik

$$f'c = f'_{cr} - 1.34 Sr = 21.39 - 1.34 (1.33) = 19.6 Mpa \quad \text{Persamaan I}$$

$$f'_{cr} = f'c - 2.3 (Sr) + 3.5 = 21.39 - 2.3 (1.33) + 3.5 = 21.79 Mpa \quad \text{Persamaan II}$$

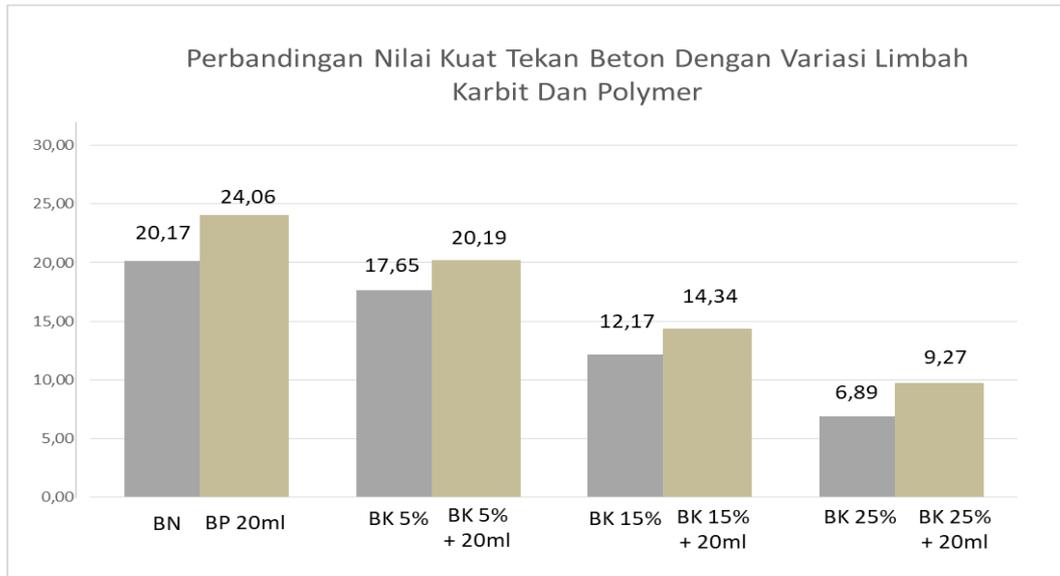
Gunakan nilai terbesar

Faktor modifikasi untuk 20 sampel adalah 1.08

$$f_c = \frac{21.79}{1.08} = 20.17 Mpa$$

- Hasil kuat tekan beton variasi

SIMBOL	NO BENDA UJI	LIMBAH KARBIT	POLYMER (POLCON)	BERAT SAMPEL	BERAT SAMPEL SSD	LUAS PENAMPANG	BEBAN MAKSIMUM	KEKUATAN TEKAN	KEKUATAN TEKAN RATA-RATA
		%	ml	gram	gram	cm ²	KN	Mpa	
BK 5%	1	5%	0	12.297	12.185	176,63	310	17,55	17,65
	2			12.164	12.055	176,63	290	16,42	
	3			12.475	12.300	176,63	335	18,97	
BKP 5% + 20 ML	1	5%	20 ml	12.450	12.330	176,63	350	19,82	20,19
	2			12.660	12.540	176,63	365	20,66	
	3			12.478	12.365	176,63	355	20,10	
BK 15%	1	15%	0	12.208	12.110	176,63	210	11,89	12,17
	2			12.283	12.190	176,63	220	12,46	
	3			12.215	12.110	176,63	215	12,17	
BKP 15% + 20 ML	1	15%	20 ml	12.155	12.060	176,63	265	15,00	14,34
	2			12.205	12.085	176,63	240	13,59	
	3			12.215	12.140	176,63	255	14,44	
BKP 25%	1	25%	0	12.196	12.020	176,63	110	6,23	6,89
	2			12.015	11.885	176,63	135	7,64	
	3			12.105	11.990	176,63	120	6,79	
BKP 25% + 20 ML	1	25%	20 ml	12.212	12.080	176,63	180	10,19	9,72
	2			12.105	11.960	176,63	165	9,34	
	3			12.194	12.060	176,63	170	9,62	
BP 20 ML	1	0%	20 ml	12.310	12.250	176,63	425	24,06	24,06
	2			12.281	12.220	176,63	415	23,50	
	3			12.215	12.150	176,63	435	24,63	



nilai kuat tekan rata – rata dari beton yang menggunakan Limbah karbit sebagai substitusi semen menggunakan presentase yang berbeda-beda yakni, 5%,15%, dan 25% berturut-turut 17,65 Mpa, 12,17 Mpa, dan 6,89 Mpa. Untuk nilai kuat tekan rata – rata dari beton yang menggunakan bahan tambah Polymer sebanyak 20 ml dan substitusi Limbah Karbit ke dalam semen sebesar 5%, 15% dan 25% didapatkan berturut – turut 20,19 Mpa, 14,34 Mpa, dan 9,27 Mpa. Kadar optimum penggunaan Limbah Karbit dan Polymer terdapat pada sampel BKP 5% + 20 ml dengan kuat tekan rata – rata 20.19 Mpa

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Limbah Karbit pada beton variasi tidak begitu efektif sebagai substitusi semen, Karen semakin tinggi kadar Limbah Karbit dalam substitusi semen maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin menurun. Penurunan kuat tekan beton terjadi karena limbah karbit mengandung kapur tohor sehingga tidak dapat mengikat dengan baik seperti semen pada umumnya. Dengan ditamhaknya Polymer (POLCON) kuat tekan beton mengalami peningkata
2. Kadar optimum penggunaan Limbah Karbit dan Polymer yakni BKP 5% + 20 ml. Dimana kuat tekan yang diperoleh melebihi dari yang direncanakan.

Saran

1. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut yang meneliti tentang penggunaan Limbah Karbit. Apabila nilai kuat tekan beton yang ingin dihasilkan sesuai nilai kuat tekan beton normal, substitusi Limbah karbit tidak boleh diatas 5 %.
2. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang limbah karbit dengan penggunaan persentase lebih kecil sehingga dapat di ketahui kadar optimum yang lebih teliti.

6. DAFTAR PUSTAKA

Dewi, N.R, Ashari, M.L. dan Denny Dermawan ., 2016, *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton)*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.

Dewi, NR. 2016. 34 *Studi pemanfaatan limbah B3 Karbit dan Fly Ash*. Jurnal Undip

Dermawan, K. 2013. *Studi pemanfaatan limbah karbit dan Fly ash untuk campuran beton siap pakai*. Jurusan Presipitasi Fakultas Teknik. Semarang: Universitas Diponegoro.

Henggar Risa, 16 Oktober 2011, All About Polymer For Concrete. *Wordpress*. Diakses Pada tanggal 24 Juni 2021.

<https://henggarrisa.wordpress.com/2011/10/16/all-about-polymer-for-concrete/>

Mulyono T., 2004, *Teknologi Beton* (Edisi kedua), Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.

Mulyono, T. 2013. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Yasin, A.K dan Ridho Bayuaji , 2015, *Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Subtit Usi Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

EVALUASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA PROYEK RENOVASI GEDUNG LPMP SULAWESI SELATAN TAHAP I

Nurlita Pertiwi¹⁾, Natsir Abduh²⁾ dan Irdayanti³⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Makassar , Makassar, Indonesia
E-mail: nurlita.pertiwi@unm.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : natsirabduh@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email : irdayanti2727@gmail.com

Abstrak

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam yang umum digunakan, yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras, yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah. Untuk menghitung kapasitas tiang, terdapat banyak rumus yang dapat digunakan. Tujuan dari penelitian ini untuk menghitung dan mengevaluasi daya dukung tiang pancang dari hasil sondir yang aman terhadap penurunan. Jenis Penelitian yang dilakukan yaitu studi kasus yang berlokasi pada Jln.A.Pangeran Pettarani, Kota Makassar. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini di dapat dari studi langsung di lapangan dan daalam pengolahan data digunakan studi pustaka dari beberapa literature yang terkait pada penelitian ini. Berdasarkan hasil perhitungan tiang tunggal yang telah dilakukan, untuk daya dukung tiang tunggal yaitu 2577,44 kN dan Jumlah tiang yang di gunakan 4 . Besar beban Terbesar yang terjadi pada kolom 7681 kN . Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar 16,267 mm sedangkan batas penurunan maksimum yaitu 40-65 mm , Jadi hasil penelitian menunjukkan bahwa tiang pancang yang digunakan aman terhadap penurunan yang terjadi.

Kata Kunci : Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang , Penurunan

1. PENDAHULUAN

Pondasi sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil dalam hal ini pekerjaan suatu struktur bangunan. Bentuk dan struktur tanah juga berperan dalam suatu pekerjaan konstruksi untuk menentukan jenis pondasi tersebut, hal ini disebabkan karena kondisi ketidak tentuan dari struktur tanah itu sendiri. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dilapangan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Dalam sebuah kesatuan bangunan yang utuh pondasi adalah merupakan struktur yang berfungsi untuk menahan/memikul beban bangunan sekaligus menopang bangunan yang ada di atasnya (konstruksi atas) yang kemudian beban tersebut akan diteruskan ke tanah. Pondasi ini akan menyalurkan tegangan-tegangan yang terjadi pada sturuktur atas kedalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.

Secara umum pondasi dapat dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Struktur pondasi merupakan salah satu elemen struktur yang sangat berperan dalam menahan berat bangunan, sehingga harus di desain dengan baik dan kokoh. Adapun beberapa faktor yang menentukan kekuatan pondasi adalah daya dukung tanah yang berada di bawah pondasi serta kedalaman tanah keras untuk perletakan pondasi. Kemampuan daya dukung juga dipengaruhi oleh jenis dan kondisi tanah .

Pondasi tiang pancang adalah batang yang relatif panjang dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah kelapisan tanah yang keras yang mempunyai daya dukung yang tinggi yang dianggap cukup dalam dibandingkan pondasi dangkal. Daya dukung tiang pancang diperoleh dari daya dukung ujung (end bearing capacity) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (friction bearing capaity) yang diperoleh dari daya dukung gesek antara tiang pancang dan tanah disekelilingnya

Untuk hal itu penulis mencoba mengkonsentrasikan permasalahan Tugas Akhir ini pada peninjauan kembali

terhadap daya dukung tiang pancang yang di gunakan pada proyek renovasi gedung kantor LPMP Sulawesi Selatan berdasarkan data yang tersedia dengan menggunakan pendekatan dan metode yang berbeda.

2. TUJUAN PENELITIAN

1. Menghitung besar kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang yang di gunakan pada proyek renovasi gedung LPMP tahap
2. Untuk mengevaluasi kemampuan daya dukung tiang pancang memikul beban yang diberikan serta aman terhadap penurunan yang terjadi.

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada tugas akhir ini adalah studi kasus dan penelitian lapangan.

3.2 Lokasi dan Denah Penelitian

Lokasi pelaksanaan Renovasi Gedung LPMP Sul Sel Tahap I ini berada di lokasi Jln.A.Pangeran Pettarani, Kota Makassar.

3.3 Pengumpulan Data Penelitian

Metode Pengumpulan Data demi tercapainya tujuan penulisan dan agar diperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam pembahasan penulisan skripsi ini maka teknik pengambilan data melalui Metode kepustakaan (library orientantion) yaitu pengumpulan data melalui literatur seperti: karya ilmiah, bahan kuliah, dan bahan pustaka lainnya yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini. Metode pengambilan data langsung dari lapangan (field Method) yaitu pengumpulan data yang didukung konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dari pihak proyek.

3.4 Sumber Data Penelitian

1. Data primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun dapat juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak kontraktor pelaksana.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek, seperti :

a. Deskripsi Bangunan

Direncanakan bangunan konstruksi Renovasi Gedung LPMP Sul Sel Tahap I ini memiliki jumlah tiang pancang keseluruhan adalah 152 tiang.

b. Desain Bangunan

Gambar desain konstruksi sebagaimana terlampir pada lampiran.

3. Data –Data Lain

- Data penyelidikan tanah data Sondir .

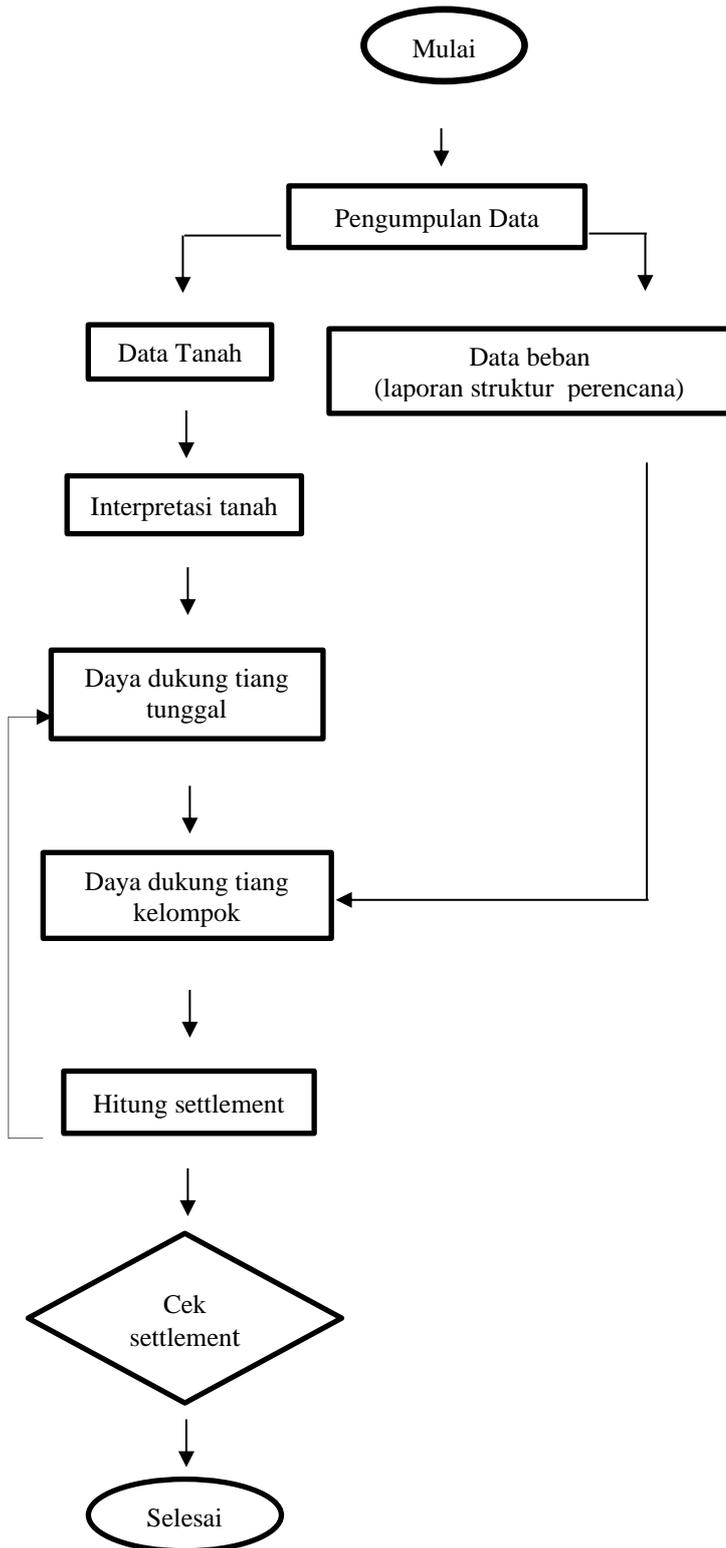
Penyondiran dilakukan dengan menggunakan alat Dutch Cone Penetration Test (DCPT) berkapasitas 2.5 ton yang dilengkapi dengan “Adhesion Jacket Cone “ Spesifikasi alat penetrasi DCPT yang digunakan, yaitu;

- Luas konus = 10 cm^2

- Sudut puncak kerucut konus = 60 derajat
- Luas mantel (selimut konus) = 150 cm²
- Luas piston penekan = 10 cm²

Dutch Cone Penetration Test (DCPT) atau Sondir sebanyak 5 titik, pekerjaan sondir dilakukan sampai pada tanah keras dengan tekanan konus > 150 kg/cm² atau sampai kedalaman maksimum 15 meter.

3.5 Prosedur Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data Penelitian

Data Umum Proyek

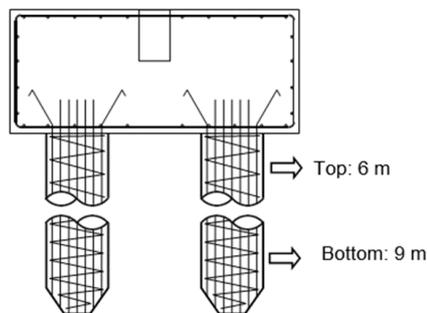
Pada tugas akhir ini di lakukan penelitian pada proyek dengan data sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Renovasi Gedung LPMP Sulawesi Selatan Tahap I
2. Lokasi Proyek : Jln.A.Pangeran Pettarani, Kota Makassar
3. Pekerjaan : Kontraktor Pelaksana
 - a. Perusahaan: PT. FAZA JAYA PRATAMA
 - b. Alamat : Jln.Landak baru Lr.8 No.30 Makassar
 - c. Nilai Kontrak : Rp. 28.725.000.000
4. Pekerjaan : Konsultan Perencana
 - a. Perusahaan : CV. MULTIMAGE KONSULTAN
 - b. Alamat : Jln. Todopuli X No. 11

Data Teknis Tiang Pancang dan Data Tanah

Data ini diperoleh dari penelitian langsung dan wawancara di lapangan :

1. Panjang Tiang Pancang : 15m (6 m + 9 m)
2. Dimensi Tiang Pancang : Diameter 60
3. Mutu Beton Tiang Pancang: K 600



Data Tanah

Berat volume tanah	$\gamma =$	18.00	kN/m ³
Sudut gesek tanah	$\phi =$	30.00	°
kohesi	$c =$	0.00	kPa

Data bahan

Jenis tiang pancang : Beton bertulang bulat

Diameter tiang pancang	D =	0.60	m
Panjang tiang pancang	L =	15.00	m
Kuat tekan beton tiang pancang	$f_c' =$	50.00	Mpa
Berat beton bertulang	$w_c =$	24.00	kN/m ³
Luas penampang tiang pancang	A =	0.2827	m ²
faktor Reduksi kekuatan Bahan	f =	0.6	

A. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

1. Metode Schmertmann-Nottingham.

Metode ini menghasilkan nilai daya dukung tiang pancang berupa daya dukung tiang ujung :

$$(Q_b) = A_b \cdot f_b$$

$$(Q_b) = 3314.66 \text{ kN}$$

daya dukung tiang gesek :

$$(Q_s) = A_s \cdot f_s$$

$$(Q_s) = 2324.86 \text{ kN}$$

daya dukung ultimit tiang :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_u = 5537.73 \text{ kN}$$

dan daya dukung ijin :

$$Q_a = Q_u \cdot f$$

$$Q_a = 3322.64 \text{ kN}$$

2. Metode Meyerhoff

Metode ini menghasilkan nilai daya dukung tiang pancang berupa daya dukung tiang ujung :

$$(Q_b) = A_b \cdot f_b$$

$$(Q_b) = 4067.83 \text{ kN}$$

daya dukung tiang gesek :

$$(Q_s) = \sum A_s \cdot f_s = \sum \pi \cdot d \cdot L \cdot f_s$$

$$(Q_s) = 365.496 \text{ kN}$$

daya dukung ultimit tiang :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_u = 4331.54 \text{ kN}$$

dan daya dukung ijin :

$$Q_a = Q_u \cdot f$$

$$Q_a = 2598.92 \text{ kN}$$

Berikut di sajikan dalam bentuk tabel :

Data Tanah	Metode	Qb (kN)	Qs (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)
Data hasil sondir	Schmertmann & Nottingham	3315	2324.9	5537.7	3322.64
	Meyerhoff	4068	365.5	4331.5	2598.92

B. Daya Dukung Tiang Kelompok

Penentuan jumlah dan efisiensi tiang untuk menentukan daya dukung kelompok tiang sangatlah penting , guna menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang memikul beban akibat struktur atasnya .

Dengan menggunakan daya dukung tiang tunggal terkecil di atas :

$$Q_a = 2598.92 \text{ kN}$$

$$n \text{ (banyak tiang di pakai)} = 4 \text{ tiang}$$

dengan penentuan sebagai berikut :

- Jarak antar tiang (S horisontal) = 1,5 m
- Jarak antar tiang (S vertikal) = 1,5 m

- Jarak ke tepi poer (horisontal) = 0,65m
- Jarak ke tepi poer (vertikal) = 0,65 m
- Jumlah tiang (horisontal) = 2 tiang
- Jumlah tiang (vertikal) = 2 tiang

C. Kapasitas Daya Dukung Tiang Terhadap Gaya Lateral

Dalam perhitungan daya dukung tiang terhadap gaya lateral ini dengan :

Momen inersia : $I_p = 0,010800 \text{ m}^4$

Modulus elastisitas $E_p = 3,3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$

Menghasilkan beban lateral ijin :

$H_a = 55.98 \text{ kN}$

D. Penurunan

Dalam penelitian evaluasi ini di dapatkan besar penurunan kelompok tiang sebesar :

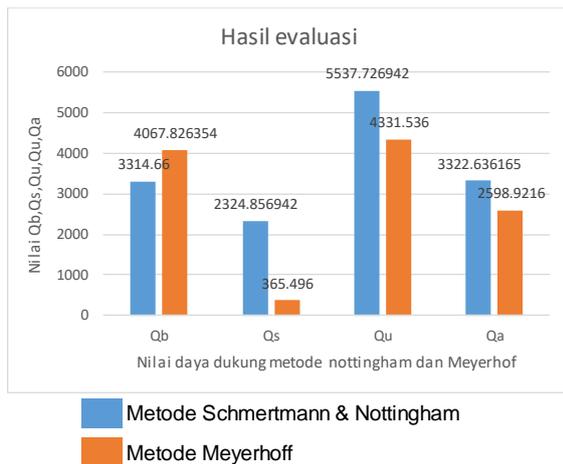
$S_{g(e)} = 16.27 \text{ mm} < 40-65 \text{ mm} \text{ (OK)}$

4.1 Pembahasan

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada penelitian tugas akhir ini menggunakan 2 metode yang berbeda untuk lebih mendetailkan hasil dan menjadi perbandingan untuk hasil yang sekiranya lebih akurat.

Dua metode yang digunakan juga disesuaikan dengan interpretasi terhadap penyelidikan tanah uji laboratorium dan juga data penyelidikan tanah uji sondir. Dibawah ini grafik hasil evaluasi daya dukung tiang dengan menggunakan metode schmertmann & nottingham dan metode meyerhoff.

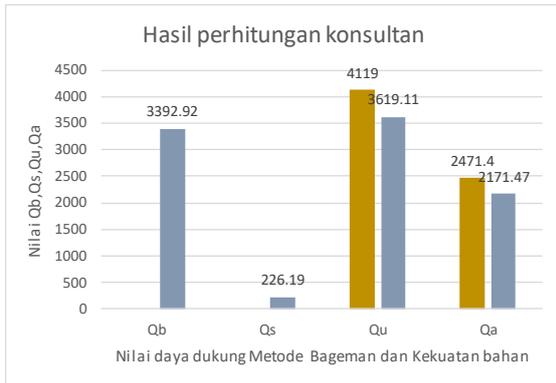
- Grafik hasil evaluasi



Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa daya dukung tiang ujung (Q_b) yang dihasilkan dengan metode Schmertmann & Nottingham lebih kecil dari hasil daya dukung tiang ujung dengan metode Meyerhoff.

Sebaliknya pada hasil daya dukung tiang gesek dengan metode Scmertmann & Nottingham jauh lebih besar di bandingkan hasil dari metode Meyerhoff . dan dari grafik di atas menunjukkan hasil daya dukung ijin tiang dengan metode meyerhoff lebih kecil dari hasil metode schmertmann & Nottingham.

- Grafik hasil perhitungan awal konsultan



Berdasarkan Kekuatan Bahan
 Metode Bagemann

Dari grafik diatas dapat dilihat metode yang digunakan konsultan dalam perencanaan awal daya dukung tiang yaitu berdasarkan kekuatan bahan dan metode bageman.

Daya dukung ijin tiang yang dihasilkan dengan metode bageman lebih kecil dari hasil daya dukung tiang ijin berdasarkan kekuatan bahan.

Dari kedua grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pemilihan metode atau hasil daya dukung tiang pancang tunggal yang akan di gunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu yang hasil daya dukung paling kecil.

Hasil perhitungan konsultan diambil daya dukung ijin tiang

$$Q_a = 2171,5 \text{ kN.}$$

Pada hasil evaluasi juga di ambil daya dukung ijin tiang

$$Q_a = 2598,9 \text{ kN.}$$

Pada tanah granuler efisiensi kelompok tiang pdapat dihitung dengan menggunakan bebepa pendekatan . pada tugas akhir ini penulis menghitung besar efisiensi tiang dalam kelompok dengan metode converse labarre :

$$E_g = 1 - e^{-\frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m.n'}}$$

Jadi ,

$$E_g = 0.758$$

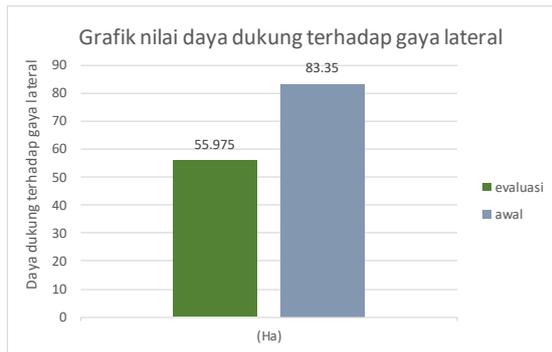
Maka,

kapasitas dukung kelompok tiang ijin

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a > \sum V$$

$$Q_g = 7812.4 \text{ kN} > 7681 \text{ kN (aman) OK}$$

Perhitungan daya dukung terhadap gaya lateral liat grafik di bawah ini :



Grafik di atas menunjukkan bahwa kedua hasil perhitungan daya dukung terhadap gaya lateral ijin lebih besar dari nilai gaya lateral yang bekerja pada tiang yang berarti tiang aman terhadap gaya lateral.

Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar :

$$S_{g(e)} = 1,899 \text{ cm} \quad \text{cm}$$

$$S_{g(e)} = 18,99 \text{ mm} \quad \text{mm}$$

Dari nilai tersebut penurunan kelompok dapat dikatakan aman karena memenuhi syarat batas penurunan maksimum pondasi (Skempton dan Mac. Donald 1955). Syarat penurunan maksimum sebagai berikut :

$$S_{g(e)} = 16.27 \text{ mm} < 40-65 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Daya dukung pondasi tiang pancang yang di dapat berdasarkan data tanah dan hasil uji sondir dengan menggunakan metode Schmertmann-Nottingham yaitu:
 $Q_u = 5537,73 \text{ kN}$ dan $Q_a = 3322,636 \text{ kN}$
 Sedangkan dengan metode meyerhoff hasil yang di dapat yaitu:
 $Q_u = 4331,54 \text{ kN}$ dan $Q_a = 2577,44 \text{ kN}$, maka untuk perhitungan selanjutnya dipilih metode meyerhoff karena mempunyai daya dukung paling kecil.
- Dengan menggunakan factor reduksi kekuatan sebesar 0,6 maka daya dukung tiang tunggal maupun kelompok dapat memikul beban akibat struktur atas dan aman terhadap penurunan yang terjadi
- Daya dukung terhadap gaya lateral yang terjadi pada tiang juga aman karena memenuhi syarat dan ketentuan.
- Penurunan yang terjadi pada tiang tunggal dan juga kelompok juga dianggap aman karena tidak melebihi batas penurunan maksimum yang di tentukan oleh Skempton dan Mac.Donald (1955).

Saran

- Sebaiknya penyelidikan tanah juga dilakukan uji *N-SPT* agar dapat menjadi referensi bagi konsultan dalam perencanaan pondasi tiang sebagai perbandingan untuk hasil perencanaan pondasi tiang yang lebih akurat
- Dalam perhitungan pada perencanaan maupun evaluasi seharusnya dilakukan secara teliti dan terperinci serta memperhatikan satuan tiap nilai yang ada agar hasil perhitungan lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Coduto, Donald P, 1994, *Foundation Design and Practise*, Prentise-Hall inc, New Jersey
- Das, Braja M, *Principles of Foundation Engineering 5th Edition*, California State University, Sacramento.
- Das, Braja M. 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, *Teknik Pondasi II Jilid 2*, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010, *Teknik Pondasi II Jilid 3*, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2018, *Analisis dan Perancangan Fondasi II* , Yogyakarta
- Simatupang, Pintor Tua, 2004, *Diktat Rekayasa Pondasi II*, Jakarta.
- Tomlinson, M.J. 1997, *Pile Design and Contruction Practice*, The Garden City Press Limited, Lecthworth.
- Wesley, L.D, 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta Selatan.
- Wiharjanti, 2002, *Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Bored Pile* , Tegal Jawa Tengah.
- Martin Yunianto, 2009, *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Jalan Akses Marunda*, Jakarta Utara.

ANALISIS SISTEM MOBILISASI BAHAN DAN PERALATAN PADA PEKERJAAN PEMBANGUNAN JALUR KA LINTAS MAKASSAR-PAREPARE KM 32+600-36+600 ANTAR MAROS BARRU PAKET CT:407

Ahmad Yauri Yunus¹⁾, Andi Sulfanita²⁾, Andi Sri Rezeky Aprillia.S³⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

E-mail: ahmad.yauriyunus@universitasbosowa.ac.id

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Pare-Pare, Pare-Pare, Indonesia

Email: andisulfanita@gmail.com

³⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email: andisrirezekyaprillia@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor dan tingkat faktor yang berpengaruh pada sistem mobilisasi bahan/ material dan peralatan yang terjadi pada proyek Pembangunan Jalur KA Lintas Makassar Parepare Antar Maros Barru. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dengan jumlah responden sebanyak 55 responden. Pengujian instrumen menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas. Sedangkan metode analisis data menggunakan regresi linier berganda dengan uji F dan uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel Kinerja Sistem (X1), Kelebihan Sistem (X2) dan Kelemahan Sistem (X3) secara simultan berpengaruh terhadap Sistem Mobilisasi Bahan dan Peralatan (Y) pada Pekerjaan Pembangunan Jalur KA Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru. Dari perhitungan uji F diperoleh F hitung $24.940 > F$ Tabel 3.83 dengan nilai sig sebesar $0,000 \leq 0,05$. Berdasarkan uji t, variabel Kinerja Sistem (X1), Kelebihan Sistem (X2), dan Kelemahan (X3) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Sistem Mobilisasi Bahan dan Peralatan (Y). Selain itu nilai Adjusted R Square yang sebesar 0,714 yang berarti bahwa besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah 71,4%.

Kata kunci: Kinerja Sistem, Kelebihan Sistem, Kelemahan Sistem, Sistem Mobilisasi Bahan Dan Peralatan

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada jaman modern ini permintaan terhadap jasa konstruksi skala besar relatif meningkat. Adanya peningkatan tersebut, maka perusahaan-perusahaan jasa konstruksi yang ada harus memiliki daya saing yang baik. Dalam meningkatkan daya saing ini tentunya diperlukan suatu sistem yang efektif dan efisien dalam segala aspek pelaksanaan pekerjaan konstruksi, salah satunya dalam hal mobilisasi bahan dan peralatan.

Penyediaan alat kerja dan bahan pada pekerjaan konstruksi memerlukan manajemen yang baik untuk menunjang kelancaran pekerjaan. Dalam pekerjaan konstruksi, material dan peralatan merupakan bagian terbesar dari pekerjaan yang nilainya dapat mencapai 50-60% dari total biaya, sehingga sudah pada tempatnya bila penyelenggara pekerjaan menaruh perhatian besar terhadap proses pengadaannya. Pengadaan material dan peralatan bukan hanya pembelian saja, tetapi mempunyai lingkup yang lebih luas, yaitu mulai dari identifikasi kebutuhan, pembelian, menjaga inventori, pemanfaatan produksi, sampai pada penerimaan dan

penyimpanan barang di lokasi pekerjaan, termasuk juga dalam menyiapkan dan menangani dokumen yang diperlukan

Adapun alasan peneliti meneliti di pembangunan Jalur Ka Lintas karna peneliti

melihat kebutuhan material membutuhkan informasi-Informasi yang dapat menunjang kegiatan pekerjaan agar keterkaitan penyediaan dan penggunaan material terhadap suatu pekerjaan dapat berjalan dengan lancar dan keterlambatan jadwal pemesanan yang dapat menyebabkan bertambahnya biaya maupun keterlambatan lahan yang memakan waktu lama pada pekerjaan sebisa mungkin tidak terjadi.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sistem mobilisasi bahan/material dan peralatan pada pekerjaan pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru?
2. Bagaimanakah tingkat faktor yang berpengaruh sistem mobilisasi bahan/material dan peralatan pada pekerjaan pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap sistem mobilisasi bahan/material dan peralatan pada pekerjaan pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru.
2. Mengetahui tingkat faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem mobilisasi bahan/material dan peralatan pada pekerjaan pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru.

Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi semua pihak antara lain. :

1. Bagi Peneliti
Selain sebagai salah satu syarat kelulusan program sarjana (S1) Universitas Bosowa dengan menyusun tugas akhir, tentunya dengan penelitian ini semoga bermanfaat untuk nanti berada didunia kerja kontruksi apapun.
2. Bagi Pihak Lain
Diharapkan dapat menjadi wacana ulang dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran untuk penelitian selanjutnya.

Pokok Batasan Masalah

Adapun pokok batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada pekerjaan pembangunan pekerjaan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare antar Maros Barru
2. Penelitian ini hanya menyajikan faktor yang berpengaruh terhadap sistem mobilisasi bahan/material dan peralatan pada pekerjaan pembangunan pekerjaan jalur Ka Lintas Makassar-Parepare Antar Maros Barru
3. Metode pengumpulan data dengan cara penyebaran kuisioner dan wawancara langsung.

Tinjauan Pustaka

Pengertian Sistem menurut Para Ahli

1. Menurut Fat dalam Hutahaean (2014) “ sistem adalah suatu himpunan suatu “benda” nyata atau abstrak (a set of thing) yang terdiri dari bagian-bagian atau komponen-komponen yang saling berkaitan,

berhubungan, berkegantungan, saling mendukung, yang secara keseluruhan bersatu dalam kesatuan (Unity) untuk mencapai tujuan tertentu secara efisien dan efektif”

2. Menurut Jogianto dalam Hutahaean (2014) “Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem ini menggambarkan suatu kejadian-kejadian dan kesatuan yang nyata adalah suatu objek nyata, seperti tempat, benda, dan orang-orang yang betul-betul ada dan terjadi
3. “suatu sistem adalah suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran yang tertentu”

Pengertian Analisis Sistem

Analisis sistem juga bisa diartikan sebagai teknik pemecah sebuah masalah yang dilakukan dengan cara mengurangi sistem kepada berbagai komponen yang membentuknya. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat kinerja berbagai komponen tersebut, termasuk interaksi antara semua komponen dalam mencapai tujuan dari sistem itu sendiri.

Analisis sistem adalah proses penguraian sebuah sistem informasi utuh ke dalam berbagai bagian komponen sistem itu sendiri dengan tujuan melakukan identifikasi dan evaluasi terhadap permasalahan, kesempatan, dan juga berbagai hambatan yang ada, serta kebutuhan (hasil) yang diharapkan agar proses perbaikan sistem bisa diusulkan.

Pengertian Mobilisasi

Mobilisasi adalah sebuah kegiatan pengadaan sumber daya yang berguna untuk kelangsungan suatu pekerjaan. Sumber daya yang dimaksud diantaranya pengadaan lahan untuk basecamp pekerja, sumber daya manusia yang handal untuk menangani proyek hingga selesai, mendatangkan alat berat penunjang operasional proyek seperti excavator, bulldoser, track loader, motor grader, dll. Selain itu juga membuat pengadaan bahan-bahan kebutuhan pekerjaan

Pengertian Pengangkutan

Kata “pengangkut” berasal dari kata dasar “angkut” yang memiliki arti mengangkat dan membawa. Dalam kamus hukum tertulis bahwa, pengangkutan adalah timbal balik antara pengangkut dan pengirim, dimana pengangkut mengikatkan diri untuk melakukan pengangkutan barang dan/atau orang dari suatu tempat ke tempat tujuan tertentu dengan selamat, sedangkan pengirim memngikatkan diri untuk membayar ongkos angkutan.

Dalam hal pengangkutan barang, pengangkutan dapat diartikannya yaitu memindahkan barang-barang produksi dan barang perdagangan ke tempat konsumen dan sebaliknya bagi para produsen pengangkutan barang pengangkut barang memungkinkan mereka memperoleh bahan-bahan yang mereka perlukan untuk memproduksi barang.

Jenis-jenis Pengangkutan

Pengangkutan sebagai sarana untuk mempermudah sampainya seseorang atau barang disuatu tempat dan dilakukan dengan berbagai cara dan dengan menempuh perjalanan yang berbeda. Ada yang melalui darat, laut, udara. Dimana pengangkut berfungsi untuk memindahkan barang atau orang dari suatu tempat ke tempat lain dengan maksud meningkatkan daya guna dan nilai dari barang tersebut.

Dimana pengangkutan yang sering digunakan di dalam dunia pengangkutan terbagi atas 3 jenis pengangkutan yaitu :

- Pengangkutan Darat
- Pengangkutan Udara
- Pengangkutan Di Perairan

Transportasi atau pengangkutan dapat dikelompokkan menurut macam atau jenisnya yang dapat ditinjau dari segi barang yang diangkut, dari segi geografis transportasi itu berlangsung, dari sudut teknis serta sudut alat angkutannya. Secara rinci klasifikasi transportasi sebagai berikut.

Dari segi yang diangkut, transportasi meliputi :

- Angkutan Penumpang (passanger)
- Angkutan barang (goods)

Peran Strategis Angkutan Barang

Peran strategis dalam angkutan barang mempunyai peranan penting dalam mendukung kegiatan ekonomi, sosial budaya, lingkungan, politik, serta pertahanan dan keamanan. Dari aspek ekonomi, jalan sebagai modal sosial masyarakat merupakan katalisator di antara proses produksi, pasar, dan konsumen akhir. Dari aspek sosial budaya, keberadaan jalan membuka cakrawala masyarakat yang dapat menjadi wahana perubahan sosial, membangun toleransi, dan mencairkan sekat budaya dari aspek lingkungan, keberadaan jalan diperlukan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

Pada dasarnya, fungsi utama jalan sesuai Undang- Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan adalah diperuntukkan bagi Lalu Lintas umum. Lebih lanjut berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan, maka setiap orang yang menggunakan jalan wajib berperilaku tertib; dan/atau mencegah hal-hal yang dapat merintang, menghambat, atau membahayakan Keamanan dan Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.

Sistem Transportasi Barang

Sistem transportasi merupakan proses perjalanan yang dilakukan dari suatu tempat asal ke tujuan dalam upaya untuk melakukan aktivitas atau kegiatan tertentu sampai di tempat tujuan. Perjalanan (trip) dalam sistem transportasi dimaknai sebagai suatu perjalanan yang dilakukan oleh seseorang di antara dua tempat dengan menggunakan moda angkutan tertentu untuk waktu tertentu. Kebutuhan akan sistem transportasi bagi keberlanjutan kehidupan manusia merupakan suatu bentuk interaksi kegiatan sosial dan ekonomi. Semakin banyak manusia maka transportasi juga akan beragam

Ini berarti bahwa pembentukan sistem transportasi sangat dipengaruhi oleh berbagai kegiatan manusia meliputi unsur penduduk, unsur kegiatan dan unsur teknologi yang terwujud dalam kegiatan berpindah atau berlalu lintas (Tamin,2002). Sistem per angkutan atau proses perjalanan lalu lintas pada hakikatnya merupakan suatu kegiatan yang menghubungkan dua lokasi tata guna lahan yang berbeda tetapi juga sama. Memindahkan orang, barang dan jasa dari suatu tempat ke tempat yang lain dalam proses memindahkan tersebut berarti mengubah nilai ekonomi orang, barang dan jasa yang diangkut tersebut

2. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode penelitian ini adalah penelitian kuantitatif , yaitu bentuk penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi/sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

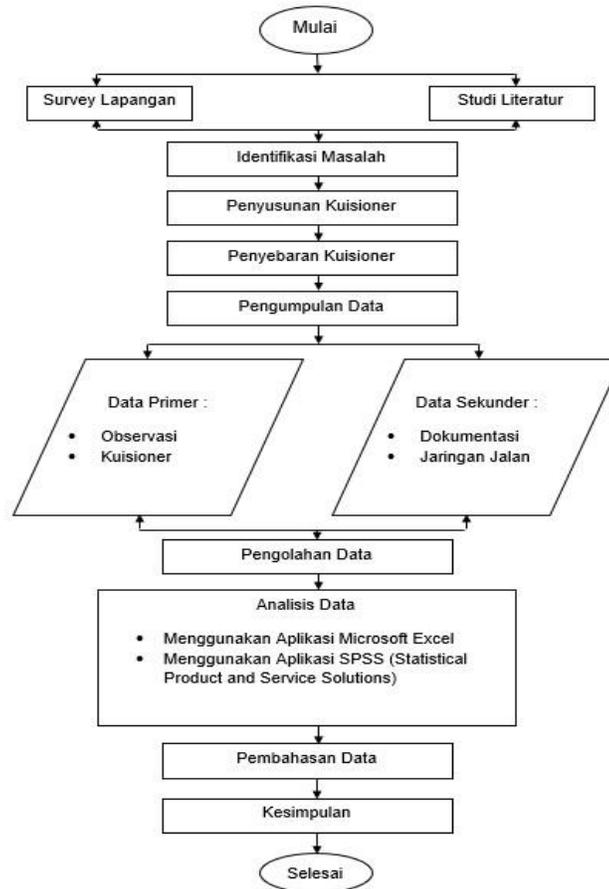
Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah “Analisis Sistem Mobilisasi Bahan dan Peralatan Pada Pekerjaan Pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare”. Maka variabel yang digunakan adalah :

1. Variabel Kinerja Sistem
2. Variabel Kelebihan Sistem

3. Variabel Kelemahan Sistem

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Data

Analisis Deskriptif

Analisis deskripsi variabel penelitian yang disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai penyebaran data yang diperoleh. Data yang disajikan berupa data mentah yang diolah menggunakan teknik statistik deskripsi. Adapun yang disajikan dalam deskripsi variabel ini adalah berupa distribusi frekuensi yang disajikan per indikator beserta presentase frekuensi dan perolehan skor.

Berdasarkan judul dan perumusan masalah penelitian, dimana ada variabel Kinerja Sistem (X1), Kelebihan Sistem (X2) dan Kelemahan Sistem (X3). sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah 55 para pekerja dalam Faktor-faktor yang mempengaruhi pada pekerjaan pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare. Deskripsi dari masing-masing variabel berdasarkan hasil penyebaran kuesioner tersebut hasilnya dijelaskan seperti dibawah ini.

a. Deskripsi variabel Kinerja Sistem Pengadaan bahan dan peralatan (X1)

Berdasarkan hasil jawaban kuesioner yang telah diterima dari responden, maka hasil yang diperoleh untuk variabel Beban Kerja sebagai berikut:

Tabel 1.

Tanggapan Responden Mengenai kinerja Sistem Pengadaan bahan dan peralatan

Pernyataan	Dimensi	Keterangan					Mean
		STS	TS	KS	S	SS	
X1.1	<i>Frequency</i>	-	3	4	19	29	4,39
	<i>Percent (%)</i>		5,5%	7,3%	34,5%	52,7%	
X1.2	<i>Frequency</i>	-	1	4	29	21	4,31
	<i>Percent (%)</i>		1,8%	7,4%	51,9%	38,9%	
X1.3	<i>Frequency</i>	-	1	2	26	26	4,36
	<i>Percent (%)</i>		1,8%	3,8%	46,8%	47,6%	
X1.4	<i>Frequency</i>	-	1	4	28	22	4,32
	<i>Percent (%)</i>		1,8%	7,3%	50,9%	40,0%	
X1.5	<i>Frequency</i>	-	2	4	23	26	4,36
	<i>Percent (%)</i>		3,6%	7,3%	41,8%	47,3%	
Σ							4,37
Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan (X1)							

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

b. Deskripsi variabel Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan (X2)

Berdasarkan hasil jawaban kuesioner yang telah diterima dari responden, maka hasil yang diperoleh untuk variabel Kapasitas Kerja sebagai berikut:

Tabel 2.

Tanggapan Responden Mengenai kelebihan pengadaan bahan dan peralatan

Pernyataan	Dimensi	Keterangan					Mean
		STS	TS	KS	S	SS	
X2.1	<i>Frequency</i>	-	1	7	30	17	4,29
	<i>Percent (%)</i>		1,8%	12,7%	54,5%	30,9%	
X2.2	<i>Frequency</i>	-	2	3	33	17	4,30
	<i>Percent (%)</i>		3,6%	5,5%	60,0%	30,9%	
X2.3	<i>Frequency</i>	-	1	5	21	28	4,37
	<i>Percent (%)</i>		1,8%	9,1%	38,2%	50,9%	
X2.4	<i>Frequency</i>	2	3	3	28	19	4,31
	<i>Percent (%)</i>	3,6%	5,5%	5,5%	50,9%	34,5%	
X2.5	<i>Frequency</i>	-	-	-	32	23	4,34
	<i>Percent (%)</i>				58,2%	41,8%	
Σ							4,32
Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan (X2)							

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

c. Deskripsi variabel Kelemahan pengadaan bahan dan peralatan (X3)

Berdasarkan hasil jawaban kuesioner yang telah diterima dari responden, maka hasil yang diperoleh untuk variabel Lingkungan Kerja sebagai berikut:

Tabel 3.

Tanggapan Responden Mengenai Kelemahan pengadaan bahan dan peralatan

Pernyataan	Dimensi	Keterangan					Mean
		STS	TS	KS	S	SS	
X3.1	Frequency	-	3	4	19	29	4,41
	Percent (%)		5,5%	7,3%	34,5%	52,7%	
X3.2	Frequency	2	1	4	30	18	4,27
	Percent (%)	3,6%	1,8%	7,3%	54,5%	32,7%	
X3.3	Frequency	1	1	4	27	22	4,34
	Percent (%)	1,8%	1,8%	7,3%	49,1%	40,0%	
X3.4	Frequency	1	2	3	31	18	4,28
	Percent (%)	1,8%	3,6%	5,5%	56,4%	32,7%	
X3.5	Frequency	-	2	3	21	29	4,42
	Percent (%)		3,6%	5,5%	38,2%	52,7%	
Σ							4,36
Kelemahan pengadaan bahan dan peralatan (X3)							

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk mengukur valid tidaknya suatu kuesioner. Suatu kuesioner dinyatakan valid apabila pertanyaan yang terdapat dalam kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut. Untuk menghitung uji validitas, bandingkan nilai *correlated item-total correlations* (rhitung) dengan hasil *r*tabel. Jika rhitung lebih besar dari *r*tabel maka pertanyaan tersebut valid.

Menurut Sugiyono (2013) menyatakan bahwa “Instrumen yang valid berarti alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan data (mengukur) itu valid. Valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur”. Menurut Sugiyono (2013) syarat yang harus dipenuhi yaitu harus memiliki kriteria sebagai berikut:

- a. Jika r hitung > r tabel maka item tersebut dinyatakan valid
- b. Jika r hitung < r tabel maka item tersebut dinyatakan tidak valid.

Nilai *r*tabel dapat dilihat dengan menggunakan rumus $df = (N-2)$ dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.

Hasil Uji Validitas Kinerja Sistem pengadaan Bahan dan peralatan

Item Pernyataan	Nilai Rhitung	Nilai R _{tabel}	Keterangan
X1.1	0,434	0,265	Valid
X1.2	0,452		Valid

X1.3	0,471		Valid
X1.4	0,552		Valid
X1.5	0,352		Valid

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

Tabel 5.

Hasil Uji Validitas Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan

Item Pernyataan	Nilai Rhitung	Nilai Rtabel	Keterangan
X2.1	0,465	0,265	Valid
X2.2	0,378		Valid
X2.3	0,370		Valid
X2.4	0,726		Valid
X2.5	0,516		Valid

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

Tabel 6.

Hasil Uji Validitas Kelemahan Pengadaan bahan dan peralatan

Item Pernyataan	Nilai Rhitung	Nilai Rtabel	Keterangan
X3.1	0,347	0,270	Valid
X3.2	0,694		Valid
X3.3	0,429		Valid
X3.4	0,506		Valid
X3.5	0,730		Valid
X3.6	0,783		Valid
X3.7	0,809		Valid

Sumber: Output SPSS diolah, tahun 2021

Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas suatu kuesioner dikatakan reliabel atau handal jika jawaban seseorang terhadap pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu. Nilai reliabilitas variabel ditunjukkan oleh koefisien *Cronbach Alpha* > 0,60.

Tabel 7. Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Reliabilitas Coefficient	Cronbach Alpha	Keterangan
Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan	5 item pernyataan	0,724	Reliabel
Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan	5 item pernyataan	0,712	Reliabel
Kelemahan pengadaan bahan dan peralatan	5 item pernyataan	0,704	Reliabel
Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan	5 item pernyataan	0,732	Reliabel

Sumber: Output SPSS diolah, 2021

Analisis Data

Teknik yang digunakan dalam menganalisis variabel independen yaitu Beban Kerja, Kapasitas Kerja dan Lingkungan Kerja yang mempengaruhi variabel dependen yaitu Kecelakaan Kerja dengan menggunakan teknik analisis linear berganda dengan bantuan program SPSS (Statistical Product Service Solutions) merupakan salah satu program aplikasi yang paling banyak digunakan untuk analisis statistik dalam ilmu sosial dalam membantu menghitung dan menganalisis data. oleh karena itu peneliti memilih menggunakan SPSS versi 22 dalam menguji dan menganalisis data penelitian.

Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

Penelitian ini terdapat variabel bebas Kinerja Sistem, Kelebihan Sistem dan Kelemahan Sistem serta variabel terikat, yaitu Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada proyek pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare. Untuk menguji ada tidaknya pengaruh tiap variabel bebas terhadap variabel terikat maka dilakukan pengujian model regresi dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 8.
Hasil Uji Regresi Linear Berganda**

Coefficients^a

	Unstandardized Coefficients		Standardize d Coefficients		
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	20.291	2.536		8.345	.000
Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan	1.318	.545	.437	3.837	.007

Kelebihan Sistem pengadaan bahan dan peralatan	1.163	.516	.364	2.975	.014
Kelemahan Sistem bahan dan peralatan	.925	.488	.232	2.178	.030

Sumber : Output SPSS 22 tahun 2021

Dari hasil uji regresi diperoleh model persamaan regresi sebagai berikut: $Y = 20,291 + 1,318 X_1 + 1,163 X_2 + 0,925 X_3$

Keterangan:

- Y = Sistem mobilisasi bahan dan peralatan
- β_0 = Konstanta
- β_1 = Koefisien regresi
- β_2 = Koefisien regresi
- ε = Error Term
- X_1 = Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan
- X_2 = Kelebihan Sistem Pengadaan bahan dan peralatan
- X_3 = Kelemahan Sistem bahan dan peralatan

a. Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Menurut Ghozali (2012: 97) koefisien determinasi (R^2) merupakan alat untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol atau satu. uji koefisien determinasi (R^2) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi independen, maka dalam bentuk pengukuran ini perlu diketahui melalui adjusted R square sebagai salah satu metode perhitungan untuk mengetahui nilai yang mendekati satu variabel-variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel dependen, dapat dilihat pada tabel 4.18 sebagai berikut:

Tabel 9.
Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.842 ^a	.783	.714	1.13690

a. Predictors: (Constant), Kelemahan Sistem bahan dan peralatan, Kelebihan Sistem Pengadaan bahan dan peralatan, Kinerja Sistem Pengadaan Bahan dan Peralatan

b. Dependent Variable: Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan

Sumber : Output SPSS 22, olah data sekunder tahun 2020

b. Uji Simultan (Uji F)

Menurut (Karlina, 2017) uji signifikan F (simultan) digunakan untuk menguji pengaruh seluruh variabel independen terhadap variabel dependen secara bersama-sama. Uji secara simultan untuk mengetahui apakah variabel independen Kinerja Sistem, Kelebihan Sistem dan Kelemahan Sistem secara simultan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan. dari hasil uji simultan dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 10.
Hasil Uji Simultan (Uji F)

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	2.262	3	.754	24.940	.000 ^b
Residual	65.920	51	1.293		
	68.182	54			

a. Dependent Variable: Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan

b. Predictors: (Constant), Kelemahan Sistem bahan dan peralatan, Kelebihan Sistem Pengadaan bahan dan peralatan, Kinerja Sistem Pengadaan Bahan dan Peralatan

Sumber : Output SPSS 22 tahun 2021

c. Uji Parsial (Uji t)

Uji signifikansi t digunakan untuk menguji pengaruh variabel independen dalam menerangkan variabel dependen secara individual (Wibowo dan Syaichu, 2013). Taraf signifikan dinyatakan dengan .05 (di Indonesiakan jadi 0,05) taraf signifikan (sig) ini sering di ubah istilahnya menjadi taraf kepercayaan (p. Value) di lambangkan dengan bilangan 95%. Angka tersebut merupakan standar untuk menentukan apakah hasil penelitian (data penelitian) signifikan atau tidak. Angka tersebut menunjukkan angka minimal yang harus dicapai oleh data dari penelitian agar disebut berkorelasi secara signifikan (meyakinkan). Uji t merupakan uji secara parsial Kinerja Sistem, Kelebihan Sistem dan Kelemahan Sistem terhadap variabel dependen Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada proyek pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar- Parepare. Uji Parsial (Uji t) digunakan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh variabel independen secara parsial atau secara individu dalam menerangkan variabel independen. dari hasil uji parsial dapat dilihat pada tabel 4.20.

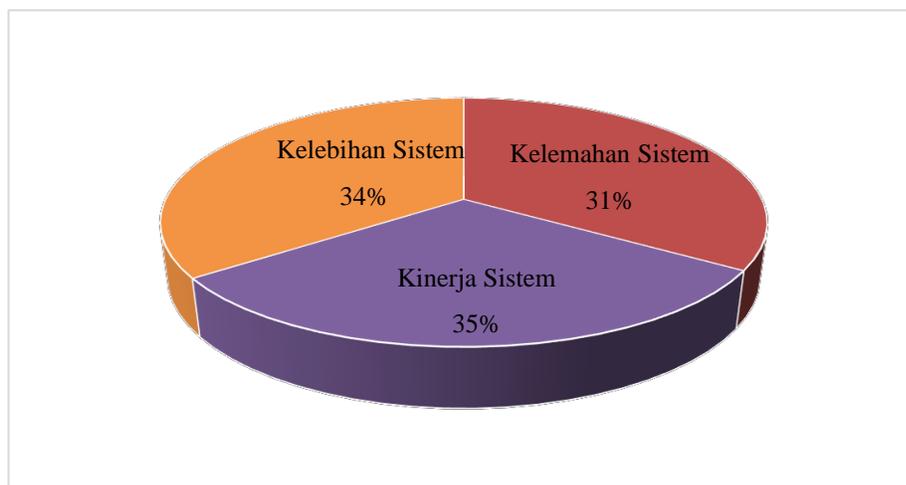
Tabel 11.
Hasil Uji Parsial (Uji t)
Coefficients^a

		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	20.291	2.536		8.345	.000
	Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan	1.318	.545	.437	3.837	.007
	Kelebihan Sistem pengadaan bahan dan peralatan	1.163	.516	.364	2.975	.014
	Kelemahan Sistem bahan dan peralatan	.925	.488	.232	2.178	.030

Sumber : Output SPSS 22 tahun 2021

Berdasarkan hasil Uji Parsial (Uji t) melalui analisis regresi, diperoleh hasil variabel independen yaitu Kinerja Sistem (X_1) dan Kelebihan Sistem (X_2) dan Kelemahan Sistem (X_3) terhadap variabel dependen Sistem Mobilisasi Bahan dan Peralatan (Y) secara parsial dapat dijelaskan sebagai berikut:

Faktor-faktor Dominan yang Berpengaruh



Gambar 2. Diagram Faktor-faktor dominan yang berpengaruh

Pada diagram diatas menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh dengan Kinerja Sistem 35%, Kelebihan Sistem 34%, dan Kelemahan Sistem 31%. maka dapat disimpulkan dari ketiga variabel independen yang **paling berpengaruh** Sistem Mobilisasi Bahan dan Peralatan pada pelaksanaan proyek Pembangunan Jalur Ka Lintas Makassar-Parepare yaitu **variable Kinerja Sistem**. Hal ini dibuktikan dengan nilai persentase diagram sebesar 35% dan nilai t hitungnya sebesar 3.837 dengan nilai signifikansi 0,007 lebih besar dibandingkan dengan nilai dari kedua variabel yang telah diuji.

4. KESIMPULAN

1. Faktor Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada pekerjaan pembangunan jalur KA lintas Makassar-Parepare, Hal tersebut dapat dijelaskan dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai thitung sebesar 3,837 dan nilai ttabel 1,674. Dari nilai thitung lebih besar dari ttabel. Dengan nilai Signifikansi sebesar 0,007 yang berada di bawah nilai taraf signifikansi 0,05.
2. Faktor Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada pekerjaan pembangunan jalur KA lintas Makassar-Parepare, Hal tersebut dapat dijelaskan dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai thitung sebesar 2,975 dan nilai ttabel 1,674. Dari nilai thitung lebih besar dari ttabel. Dengan nilai Signifikansi sebesar 0,014 yang berada di bawah nilai taraf signifikansi 0,05.
3. Faktor Kelemahan pengadaan bahan dan peralatan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada pekerjaan pembangunan jalur KA lintas Makassar-Parepare, Hal tersebut dapat dijelaskan dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai thitung sebesar 2,178 dan nilai ttabel 1,674. Dari nilai thitung lebih besar dari ttabel. Dengan nilai Signifikansi sebesar 0,030 yang berada di bawah nilai taraf signifikansi 0,05.
4. Berdasarkan nilai Adjusted R-Square sebesar 0,714 maka dapat dijelaskan bahwa tingkat pengaruh Kinerja Sistem pengadaan bahan dan peralatan, Kelebihan pengadaan bahan dan peralatan dan Kelemahan bahan dan peralatan mempengaruhi Sistem Mobilisasi bahan dan peralatan pada pekerjaan pembangunan jalur KA lintas Makassar-Parepare yaitu sebesar 71,4%

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Rival, 2019. Mobilisasi Nur Khaerat Nur, Parea Rusan Rangan, Mahyuddin, Hasmar Halim Miswar Tumpu, Gito Sugiyanto, Louise Elizabeth Radjawane Siti Nurjanah Ahmad, Erly Ekayanti Rosyida. Sistem Transportasi : Penerbit Yayasan Kita Menulis

Rinda Faradilla. 2021. Apa itu Analisis Sistem

Soekardono, 1981 Hukum Dagang Indonesia, Rajawali, Jakarta,

Saefullah, 1989 Hukum Pengangkutan Barang dan Penumpang, Rineka Cipta

Suherman, 1989. Masalah Tanggung Jawab Dalam Bidang Pengangkutan, Bandung, Sugiyono, 2007. Statistika untuk Penelitian. Alfabeta. Bandung.

Sugiyono, 2012:139. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R& D. Bandung: Alfa Beta.

Sugiyono, 2015. Statistika Untuk Penelitian.

Sugiyono, 2015. Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D). Alfabeta. Bandung.

Supriyanto, Achmad Sani dan Vivin Maharani. 2013. Metodologi Penelitian Manajemen Sumber Daya Manusia. Malang: UIN-Maliki Press

ANALISIS KUAT TEKAN BEBAS DAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN PENAMBAHAN KAPUR DAN ABU SEKAM PADI

Suryani Syahrir¹⁾, Fauzy Lebang²⁾, Nevi Malisan³⁾

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
E-mail: suryani.syahrir@universitasbosowa.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: fauzi.lebang@universitasbosowa.ac.id

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia
Email: nevimalisan@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi. Apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai peningkatan tekanan pengembangan dan sebaliknya apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi dan kapur pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai kuat tekan bebas dan kuat geser. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan tanah lempung ekspansif dengan menambahkan kapur dan abu sekam padi (ASP). Prosedurnya adalah pertama, dengan menggunakan tanah lempung ekspansif saja. Kedua, dengan tanah lempung ekspansif plus 2% kapur. Ketiga, tanah lempung ekspansif plus 2% kapur plus 6% ASP. Selanjutnya untuk komposisi ketiga, material yang digunakan tetap, hanya saja ASP dinaikkan berturut-turut menjadi 8%, 10%, dan 12%. Hasil pengujian terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas (nilai q_u) mengalami peningkatan signifikan pada penambahan 2% kapur plus 8% ASP. Begitu pula pada kuat geser dan sudut geser, sama-sama mengalami kenaikan pada saat penambahan 2% kapur plus 8% abu sekam padi.

Kata kunci : Tanah lempung ekspansif, ASP, Kapur, Kuat tekan bebas, Kuat geser.

ABSTRACT

Expansive clay is soil that has a high potential for shrinkage. If there is an increase in the water content, the soil will expand with an increase in expansion pressure and vice versa if the water content decreases there will be shrinkage. This research was conducted to determine the effect of adding rice husk ash and lime to expansive clay on the value of free compressive strength and shear strength. The test was carried out by varying the expansive clay by adding lime and rice husk ash (ASP). The first is by using expansive clay soil. Second with expansive clay + 2% lime. Third, expansive clay + 2% lime + 6% ASP. For the third composition, the materials used are the same, only the ASP is increased to 8%, 10%, and 12%. From the results of the free compressive strength test, there was a significant increase in the value of q_u at the addition of 2% lime + 8% rice husk ash. Likewise, the shear strength and shear angle both increased when adding 2% lime + 8% rice husk ash.

Keywords: Expansive clay soil, ASP, Chalk, Strong Free Press, Strong Slide.

PENDAHULUAN

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah berguna sebagai bahan bangunan dalam berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Fungsi paling utama dari tanah adalah sebagai pendukung pondasi dari sebuah bangunan. Fungsi tanah sebagai pondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil, sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat dilakukan stabilisasi tanah.

Stabilisasi ialah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan daya dukung tanah. Ada beberapa cara stabilisasi tanah yang dapat dilakukan salah satunya menambahkan kapur dan abu sekam padi. Kapur adalah suatu bahan yang dipakai untuk bahan bangunan yang mengandung zat yang mampu menetralsir sifat kembang susut serta meningkatkan kekuatan dan daya tahan tanah terutama pada tanah lempung atau lanau.

Rumusan Masalah

Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah kategori tanah yang akan diteliti termasuk tanah lempung?
2. Apakah bahan campuran kapur dan abu sekam padi mempengaruhi nilai kuat tekan bebas?
3. Apakah bahan campuran kapur dan abu sekam padi mempengaruhi nilai kuat geser?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui spesifikasi tanah lempung yang akan di uji.
2. Menganalisis nilai kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif, dari penambahan variasi kapur dan abu sekam padi.
3. Menganalisis nilai kuat geser tanah lempung ekspansif, dari penambahan variasi kapur dan abu sekam padi.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mampu menganalisis sifat-sifat fisis tanah yang di uji.
2. Mampu mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan kapur dan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada tanah lempung ekspansif terhadap peningkatan daya dukung tanah.
3. Mampu menganalisis nilai kuat tekan dan kuat geser terhadap variasi kapur dan abu sekam padi dengan persentase yang berbeda.
4. Memanfaatkan material limbah masyarakat sebagai bahan variasi untuk perbaikan tanah lempung ekspansif.

KAJIAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah juga berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Braja M.Das, Jilid 1, 1995).

Tanah terdiri dari berbagai fase padat, cair, dan gas, dimana karakteristiknya bergantung pada perilaku fase interaksi ini dan pada tegangan yang diterimanya. Fase padat meliputi tanah liat, mineral non-tanah liat, dan bahan organik. Unsur-unsur ini dikategorikan menurut ukurannya seperti tanah liat, pasir, dan kerikil (Darwis, Dasar-Dasar Mekanika Tanah, 2018).

Ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Braja M.Das, Jilid 1, 1995).

Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Ada dua cara yang sering digunakan dalam bidang teknik yakni, metode klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Metode klasifikasi *Unified*, yang pertama kali diusulkan oleh *Casagrande* (1942), kemudian direvisi oleh kelompok ahli dari *USBR* (*United State Bureau of Reclamation*). Klasifikasi tanah dari sistem *Unified* (*USCS*) pertama kali diajukan oleh *Casagrande* pada tahun 1942 yang kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari *USBR* (*United State Bureau of Reclamation*). Pada sistem *Unified*, suatu contoh tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertinggal dalam saringan No. 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan No. 200 (Hardiyatmo, 1992).

Sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) dipergunakan untuk menentukan kualitas tanah pada perencanaan timbunan jalan, subbase, dan subgrade. Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan pada tahun 1929 oleh (*Public Road Administration Classification System*). Setelah dilakukan beberapa kali perubahan, sekarang telah digunakan dan dianjurkan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Roads of the Highway Research Board* sejak tahun 1945. Sistem klasifikasi *AASHTO* membagi tanah ke dalam 8 kelompok, yaitu A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas konsistensi tanah (*Atterberg limits*).

Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang yang besar. Apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan sebaliknya apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan (Darwis, 2018 M.Sc).

Jenis tanah yang perlu diperhatikan sebagai dasar struktur bangunan adalah jenis tanah lempung ekspansif. Dikatakan demikian karena tanah lempung ini umumnya mengandung mineral yang potensial pengembangannya cukup tinggi yang kemudian berpengaruh pada turunnya nilai stabilitas tanah tersebut sehingga dapat merusak bagian bangunan yang dibangun di atasnya. Adapun hubungan antara potensi pengembangan tanah lempung ekspansif dengan indeks plastisitasnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan IP dengan Potensi Pengembangan

Indeks Plastisitas %	Potensi Pengembangan
0-15	Rendah
15-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

Kapur

Kapur memiliki sifat sebagai bahan ikat yaitu sifat plastis baik (tidak getas), mudah dan cepat mengeras, *workability* baik dan mempunyai daya ikat baik untuk batu dan bata. Bahan dasar kapur adalah batu kapur atau dolomit, yang mengandung senyawa kalsium karbonat ($CaCO_3$). Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat ($CaCO_3$) atau batu kapur alam dengan pemanasan $\pm 980^\circ C$ karbon dioksidanya dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Banyaknya panas yang keluar selama proses ini akan menghasilkan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$).

Bila kalsium hidroksida ini dicampur air akan diperoleh mortel kapur. Mortel kapur di udara terbuka menyerap karbon dioksida (CO_2), dengan proses kimia akan menghasilkan $CaCO_3$ yang bersifat keras dan tidak larut dalam air. Pada reaksi hidrasi ini akan dihasilkan kapur bebas atau kapur padam ($Ca(OH)_2$). Kapur padam ini bila direaksikan/ditambah silikat atau aluminat akan membentuk suatu gel sebagai bahan ikat. Kalsium hidroksida (*slaked lime*) paling banyak digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dan disarankan berupa bubuk. Ini sangat penting untuk mengurangi masalah yang timbul yaitu menghindari iritasi kulit bagi pekerja konstruksi.

Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan sisa pembakaran dari sekam padi, sehingga pada prinsipnya abu sekam padi ini merupakan limbah sisa pembakaran. Namun berdasarkan penelitian-penelitian yang telah lalu menunjukkan bahwa abu sekam padi memiliki kandungan kimia yang dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah karena sifat pozolan dari bahan kimia tersebut.

Hasil analisis lebih lanjut pada abu sekam padi menunjukkan bahwa kandungan SiO_2 mencapai 80-90%, yang memiliki sifat perekat, sehingga pemanfaatannya sudah banyak digunakan. Widhiarto dkk. (2015) menyatakan bahwa abu sekam padi banyak mengandung silika dan material pozolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur aluminium dioksida yang keduanya merupakan unsur-unsur yang mudah bereaksi dengan kapur (Balai Besar Institut Kimia 1982, dalam Widhiarto dkk., 2015).

Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression*)

Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilaksanakan untuk mengetahui besarnya kuat geser tanah lempung jenuh air (kohesif). Kuat tekan bebas adalah besarnya tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sampai 20% apabila sampai dengan perpendekan 20% tanah tidak pecah. Percobaan tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) di laboratorium dilaksanakan untuk menentukan kuat tekan bebas tanah kohesif. Pemeriksaan kuat tekan bebas dapat dilakukan pada tanah asli atau contoh tanah padat buatan.

Kuat Geser

Secara umum pengertian kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang timbul dalam tanah. Dengan dasar pengertian ini, maka apabila tanah mengalami pembebanan, beban tersebut akan ditahan oleh kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa. Adapun waktu penelitian direncanakan pada bulan Juni 2021 - bulan Juli 2021.

Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah “Analisis Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif dengan Penambahan Kapur dan Abu Sekam Padi”.

Maka variabel yang digunakan adalah :

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi kapur dan abu sekam padi.
2. Variabel terikat tanah lempung ekspansif.
3. Variabel tetap kapur

Notasi dan Jumlah Sampel

Tabel 2. Variasi Benda Uji

NO	JENIS PERCOBAAN	MATERIAL DAN KOMPOSISI CAMPURAN	KODE SAMPEL	JUMLAH SAMPEL (BUAH)	TOTAL SAMPEL
1.	Kuat Tekan (Unconfined Compression Test)	Tanah Lempung Ekspansif	KTE	3	18
		Tanah Lempung Ekspansif + Kapur 2%	KT0	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 6% ASP	KT6	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 8% ASP	KT8	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 10% ASP	KT10	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 12% ASP	KT12	3	
2.	Kuat Geser	Tanah Lempung Ekspansif	KGE	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + Kapur 2%	KG0	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 6% ASP	KG6	3	18
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 8% ASP	KG8	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 10% ASP	KG10	3	
		Tanah Lempung Ekspansif + 2% Kapur + 12% ASP	KG12	3	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Dasar Tanah Asli

Hasil Pengujian Karakteristik Fisis Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	40.24	%
2	Pengujian berat jenis	2.618	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	62.50	%
	2. Batas Plastis	30.31	%
	3. Batas Susut	17.78	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	32.19	%
	5. Activity	1.36	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100.00	%
	#10 (2,00 mm)	99.24	%
	#20 (0,85 mm)	97.95	%
	#40 (0,43 mm)	96.23	%
	#60 (0,25 mm)	94.24	%
	#80 (0,180 mm)	91.67	%
	#100 (0,15 mm)	88.43	%
	#200 (0,075 mm)	83.27	%
5	Pasir	18.32	%
	Lanau	53.18	%
	Lempung	28.66	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	21.85	%
	γ dry	1.57	gr/cm ³

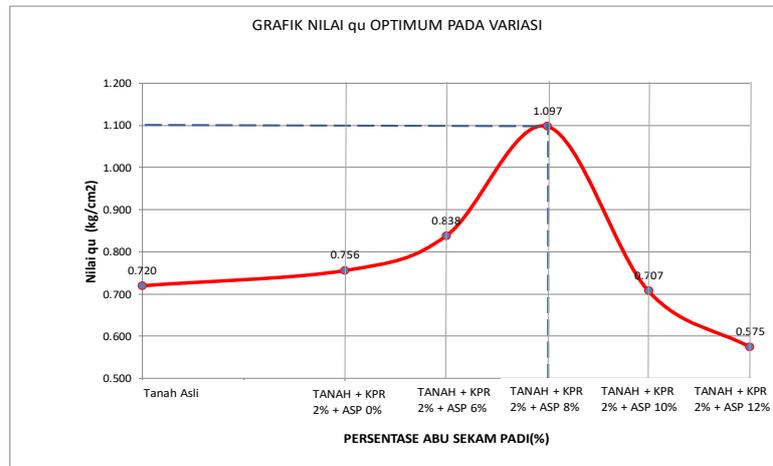
Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Tabel 4. Hasil Pengujian q_u rata – rata Kuat Tekan Bebas

Komposisi Campuran	q_u rata – Rata (kg/cm ²)
Tanah Asli	0,720
Tanah Ekspansif 100% + kapur 2% + Abu sekam padi 0%	0,756
Tanah Ekspansif 100% + kapur 2% + Abu sekam padi 6%	0,838
Tanah Ekspansif 100% + kapur 2% + Abu sekam padi 8%	1,097
Tanah Ekspansif 100% + kapur 2% + Abu sekam padi 10%	0,707
Tanah Ekspansif 100% + kapur 2% + Abu sekam padi 12%	0,575

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa nilai q_u terus meningkat hingga nilai maksimum terdapat pada variasi tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 8% sebesar 1,097. Lalu mengalami penurunan pada variasi penambahan 10%, 12% + kapur 2% sebesar 0.575 kg/cm^2 .



Gambar 1. Grafik nilai q_u optimum pada variasi abu sekam padi

Nilai Q_u Gabungan dari Pengujian Kuat Tekan Bebas

Tabel 5. Nilai q_u gabungan dari pengujian kuat tekan bebas

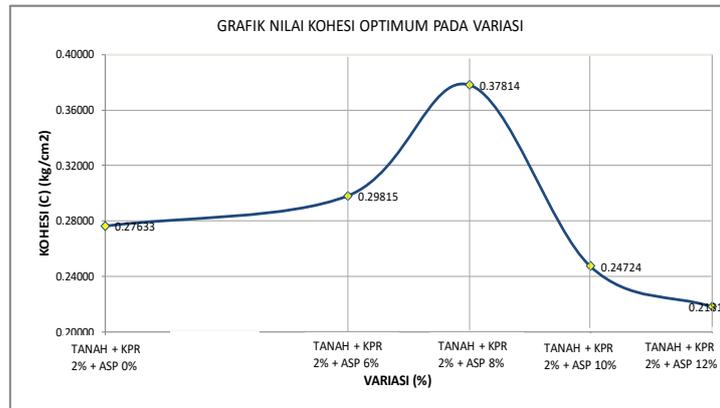
Regangan Aksial	Tanah Asli	Tanah + 2% KPR + 0% ASP	Tanah + 2% KPR + 6% ASP	Tanah + 2% KPR + 8% ASP	Tanah + 2% KPR + 10% ASP	Tanah + 2% KPR + 12% ASP
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.099	0.099	0.090	0.099	0.090	0.078
0.5	0.136	0.198	0.180	0.161	0.180	0.142
1.0	0.246	0.320	0.321	0.320	0.359	0.231
1.5	0.355	0.429	0.498	0.465	0.523	0.319
2.0	0.463	0.512	0.609	0.633	0.635	0.393
2.5	0.545	0.594	0.707	0.763	0.707	0.467
3.0	0.639	0.687	0.779	0.880	0.628	0.528
3.5	0.720	0.756	0.838	0.995		0.575
4.0	0.668	0.704	0.759	1.097		0.510
4.5				1.008		

Hasil Pengujian Kuat Geser

Tabel 6. Hasil pengujian kuat geser dengan variasi kapur dan abu sekam padi.

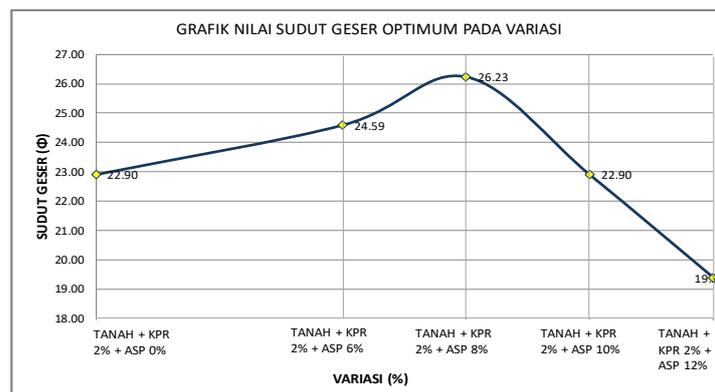
Sampel	kohesi (c)	Sudut geser dalam (ϕ)	Kuat geser geser (σ)
Tanah Asli	0,23997	21,17	0,3872
Tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 0%	0.27633	22,90	0,4224
Tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 6%	0,29815	24,59	0,4576
Tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 8%	0,37814	26,23	0,4928
Tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 10%	0,24724	22,90	0,4224
Tanah ekspansif + kapur 2% + Abu sekam padi 12%	0,21816	19,39	0,3520

Hasil pengujian kuat geser variasi tanah ekspansif + kapur 2% + abu sekam padi 0%, 6%, 8%, 10% dan 12% dapat dilihat pada tabel 6.



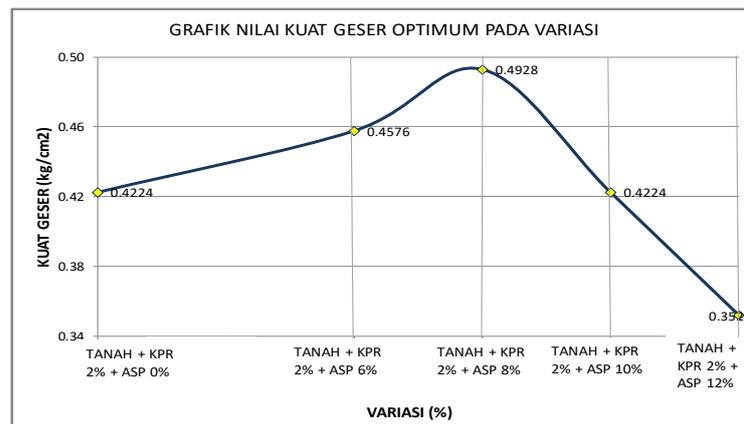
Gambar 2. Grafik hubungan kohesi dengan penambahan kapur dan variasi abu sekam padi pada tanah ekspansif.

Pada gambar 2, dapat dilihat grafik hubungan kohesi tanah yang telah distabilisasi dengan kapur dan abu sekam padi ini, nilai kohesi mengalami kenaikan pada penambahan 2% kapur + 6% , 8% abu sekam padi. Terjadi kenaikan yang signifikan sebesar 0,37814 pada 8% abu sekam padi. Namun, nilai kohesi pada variasi tanah + 2% kapur + 10% abu sekam padi terjadi penurunan dan begitu pula pada variasi tanah + 2% kapur + 12% abu sekam padi nilai kohesi juga mengalami penurunan bahkan lebih besar dari variasi sebelumnya, sehingga nilai kohesi optimum terdapat pada tanah + 2% kapur + 8% abu sekam padi sebesar 0,37814.



Gambar 3. Grafik hubungan sudut geser dengan penambahan kapur dan abu sekam padi pada tanah ekspansif

Pada gambar 3, dapat dilihat grafik hubungan sudut geser tanah yang telah distabilisasi dengan kapur dan variasi abu sekam padi, nilai sudut geser mengalami kenaikan yang signifikan pada penambahan 2% kapur + 8% abu sekam padi sebesar 26,23 namun nilai sudut geser pada variasi tanah + 2% kapur + 10% abu sekam padi terjadi penurunan dan begitu pula pada variasi tanah + 2% kapur + 12% abu sekam padi nilai sudut geser juga mengalami penurunan bahkan lebih besar dari variasi sebelumnya, sehingga nilai sudut geser optimum terdapat pada tanah + 2% kapur + 8% abu sekam padi sebesar 26,23.



Gambar 4. Grafik hubungan kuat geser dengan kapur dan variasi abu sekam padi pada tanah ekspansif

Pada gambar 4, dapat dilihat grafik hubungan kuat geser tanah yang telah distabilisasi dengan kapur dan variasi abu sekam padi, nilai sudut geser mengalami kenaikan yang signifikan pada penambahan 2% kapur + 8% abu sekam padi sebesar 0,4928, namun nilai kuat geser pada variasi tanah + 2% kapur + 10% abu sekam padi terjadi penurunan dan begitu pula pada variasi tanah + 2% kapur + 12% abu sekam padi nilai kuat geser juga mengalami penurunan bahkan lebih besar dari variasi sebelumnya, sehingga nilai kuat geser optimum terdapat pada tanah + 2% kapur + 8% abu sekam padi sebesar 0,4928.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, diperoleh kesimpulan:

1. Hasil pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah lempung OH yang berbutir halus dengan sifat plastisitas sedang sampai tinggi sesuai klasifikasi USCS. Sedangkan berdasarkan AASHTO tanah tersebut termasuk kelompok A-7-5 yaitu jenis tanah berlempung sedang sampai buruk.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan bebas nilai q_u pada tanah asli mengalami peningkatan setelah penambahan 2% Kapur + 0% abu sekam padi dan terus meningkat hingga mencapai optimum dipenambahan 2% Kapur + 8% abu sekam padi.
3. Dari hasil pengujian kuat geser, nilai kohesi pada tanah asli mengalami kenaikan pada saat penambahan 2% kapur + 0% abu sekam padi, dan terus meningkat mencapai optimum pada penambahan 2% + 8% abu sekam padi. Begitu pula pada kuat geser dan sudut geser sama- sama mengalami kenaikan pada saat penambahan 2% kapur + 0% abu sekam padi, dan mencapai optimum dipenambahan 2% kapur + 8% abu sekam padi.

Saran

Berdasarkan dari penelitian ini, dapat di sarankan hal – hal sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencoba meneliti dengan menambahkan variasi persentase campuran yang lebih besar atau dengan menjadikan abu sekam padi sebagai variable terikat (tetap) di setiap sampel.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu solusi dalam menangani masalah pada tanah ekspansif saat adanya pengerjaan konstruksi di lapangan.
3. Perlu di lakukan penelitian tentang penggunaan material - material bahan campuran zat additive yang dikombinasikan dengan tanah ekspansif, abu sekam padi dengan waktu pemeraman yang lebih variatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J dan Hainim, JK, 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M, Endah Noor, Mochtar, Indrasurya B, 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Geoteknik)Jilid 1*. Jakarta :Erlangga.
- Darwis,2018.M.Sc *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Makassar:Pena Indis
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Mekanika Tanah 1*. Edisi Ke empat. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hatmoko J.T,2007. *UCS Tanah lempung ekspansif yang distabilisasi dengan abu ampas tebu dan kapur..Jurnal*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Sipil,Fakultas Teknik,Universitas Atma Jaya.
- Buku Bahan Ajar Darwis Panguriseng. Materi Pokok Mekanika Tanah – 1 dan*

- Geologi Rekayasa. Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar*
- Wesley, L. D. Edisi Baru . *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*,
 Penerbit: Andi, Jakarta X Casagrande. 1942. *Sistem Klssifikasi Unifed Soil & Clasification System (USCS)*. Das, Braja M, Endah Noor, Mochtar, Indrasurya B, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2,
 Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Christiady 2010. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*.
 Yogyakarta: Gadjah Mada University
- Hardiyatmo. 2006, “*Mekanika Tanah 1*” Edisi Keempat: Yogyakarta.
- Mekanika Tanah, Laboratorium*. 2014. *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah*.
 Universitas Bosowa. Makassar.
- Soedarmo, G. D. & Purnomo, S. J. E. 1997. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta :
 Kanisius.
- Soedarmo, G. D. & Purnomo, S. J. E. 1997. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta :
 Kanisius.
- Sutarman, E. *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah*, Penerbit: Andi, Jakarta.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Penerbit
 Erlangga, Jakarta.
- Verhoef, PNW. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga. Jakarta.
- Muh Rifqi Abdurrozak, Dillah Nurfathiyah Mufti, 2017. *Stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah abu sekam padi dan kapur pada subgrade perkerasan jalan*. *Jurnal*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Ninik Ariyani, Ana Yuni, 2011. *Pengaruh Penambahan kapur pada tanah lempung ekspansif dari dusun Bodrorejo Klaten*. *Jurnal*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM.
- Riki Uning, A, Zainul Faizien H, Dimass Langga Chandra, 2018. *Pengaruh Penambahan Kapur Padam Dan Abu Sekam Padi Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Pematatan*. *Jurnal*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah cetakan ke VI, Pekerjaan Umum: Jakarta Selatan*.

**ANALISIS PROYEKSI BEBAN LALU LINTAS TERHADAP KERUSAKAN
PERKERASAN
(STUDI KASUS RUAS JL. POROS MAROS-PANGKEP)**

Nurhadijah Yunianti¹⁾, Tamrin Mallawangeng²⁾, Edi Setiawan³⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa , Makassar, Indonesia

E-mail: hadijah.yunianti@universitasbosowa.ac.id

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : tamrinmallawangeng@universitasbosowa.ac.id

³⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

Email : andisrirezekyapriilla@gmail.com

ABSTRACT

Jl. Maros to Pangkep is the main route that connects traffic from the regional direction to Makassar and Makassar to the region so that the traffic is heavily traversed by heavy vehicles carrying commercial goods. These vehicles usually carry loads that exceed the amount of weight allowed on the vehicle, resulting in overloading. The percentage value of overloading in each vehicle class is 31.694 % for group 3, 9.822% for group 6.1, 56.705% for group 6.2, 56.705% for group 7.1, 60.839% for group 8.1, 93.429% for group 9.1, and 9.2 for group. 83.144%. For the value of the vehicle damage factor in each group, namely group 3 of 0.0018, group 6.1 of 0.2251, group 6.2 of 0.6462, 7.1 of 1.0556, group 8.1 of 1.1735, group 9.1 of 6.4923, group 9.2 is 10.8791. and for the prediction of traffic loads that occurred during the next five years in each vehicle class, namely from class 3, amounting to 0.0489%, group 6.1 amounting to 7.012%, group 6.2 amounting to 19.7563%, group 7.1 amounting to 29.0070%, group 8.1 is 32.2474%, group 9.1 is 178.4054% and group 9.2 is 298.9526%.

Keywords: *Overloading, Vehicle Damage Factor*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Jalan raya Maros - Pangkep merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan antara wilayah Makassar, Maros, dan Pangkep. Adapun Jalan raya Maros ke Pangkep ini memiliki panjang $\pm 20,7$ km. Keberadaan jalan ini sangat penting dalam kegiatan perpindahan barang dari Kab. Maros ke kota Makassar, Maros ke Pangkep maupun sebaliknya, dan juga perpindahan yang ada disekitar Kab. Maros. Hal ini dibuktikan dengan adanya kawasan industri dan pariwisata di sepanjang ruas jalan tersebut seperti tempat pembelanjaan yaitu *Grand Mall, PT Angkasa Pura, dan beberapa* Kawasan Industri Lainnya. Pembangunan jalan ini telah memberikan sumbangan yang tinggi terhadap perkembangan ekonomi di wilayah Maros.

Salah satu bagian Jalan Maros ke Pangkep yaitu Jl. Trans Sulawesi, Sulawesi Selatan. Jalan tersebut merupakan jalur utama yang menghubungkan lalu lintas dari arah Barat ke wilayah Timur yang melewati beberapa, Kota dan Kabupaten. sehingga lalu lintasnya cukup padat dan banyak dilalui kendaraan berat yang membawa barang-barang niaga. Kendaraan yang mengangkut barang tersebut biasa membawa muatan yang melebihi dari jumlah berat yang di izinkan pada kendaraan, sehingga mengakibatkan terjadinya beban *overloading*. Hal ini lah, yang mempengaruhi kondisi perkerasan jalan yang telah direncanakan. Pelanggaran tersebut sebenarnya dapat diminimalisir oleh jembatan timbang yang beroperasi 24 jam tanpa henti untuk menindak para pelanggar muatan berlebih yang tidak sesuai ijin. Beban *overloading* berpotensi berpengaruh terhadap beban lalu lintas yang terjadi, sehingga dapat mempengaruhi kondisi perkerasan jalan yang telah direncanakan.

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang dan judul yang dikemukakan maka rumusan masalah dinyatakan dalam bentuk pertanyaan yaitu :

1. Berapa persentase beban *overloading* aktual yang terjadi pada jalan Poros Maros-Pangkep ?
2. Berapa pengaruh beban *overloading* terhadap factor ekivalen beban kendaraan ?
3. Memprediksi beban mobil angkutan barang Jl. Maros - Pangkep kini dan lima tahun Kedepan ?

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa persentase beban *overloading* aktual di Jl. Maros-Pangkep.
2. Menganalisa pengaruh beban *overloading* terhadap “faktor ekivalen beban (*Vehicle damage Faktor*)” kendaraan pada perkerasan lentur.
3. Memprediksi perkiraan beban mobil angkutan barang Jalan Maros-Pangkep selama 5 Lima tahun kedepan.

Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian yang lebih lanjut.
2. Untuk menambah pengetahuan dan pengalaman khususnya dalam penulisan karya ilmiah.
3. Sebagai bahan kajian dan masukan bagi instansi terkait, seperti Direktorat Jenderal Bina Marga.
4. Dapat berguna bagi perkembangan Ilmu Teknik Sipil khususnya Teknik Lalu lintas dan Teknik Jalan Raya.
5. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang pengaruh beban *overloading*.

Batasan masalah

Untuk memfokuskan lingkup penelitian maka ditetapkan bebrapa batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Jembatan Timbang Maccopa Kab. Maros.
2. Pengambilan data Primer di jembatan Timbang Maccopa Kab. Maros, selama dua hari.
3. Pengambilan data Sekunder laju pertumbuhan penduduk kota maros pada *web site* BPS Kota Maros.
4. Pengambilan data sekunder beban lalu lintas angkutan barang yang digunakan merupakan data 1 bulan terakhir dari jembatan timbang Maccopa, Maros.

5. Perhitungan Perkiraan Beban Mobil Angkutan Barang masa mendatang selama Lima tahun yang akan datang.
6. Perhitungan Beban Lalu Lintas terhadap perkerasan jalan Maros-Pangkep.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas ini merupakan beban dinamis yang selalu terjadi secara berulang. Beban lalu lintas dinyatakan dalam akumulasi reperisi beban sumbu standar selama umur rencana yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti distribusi kendaraan ke masing-masing lajur, berat kendaraan, ukuran ban, pertumbuhan lalu lintas, beban sumbu masing-masing kendaraan dan umur rencana. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut.

1. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan
2. Roda kendaraan.
3. Beban sumbu kendaraan.
4. Survei timbang.
5. Repetisi lintas sumbu standar
6. Beban lalu lintas pada jalur rencana.

Gaya tekan sumbu selanjutnya disalurkan ke permukaan perkerasan dan akan memberikan kontribusi pada perusakan jalan (Idris, M. dkk, 2009). Beban yang terjadi akibat lalu lintas dapat dikonversikan ke dalam konfigurasi beban sumbu seperti berikut:

Tabel 1: Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan

KONFIGURASI SUMBU & TIFE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/EM/83).

Metode Eksponensial

Suatu tipe teknik peramalan rata-rata bergerak terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot atau timbangan lebih besar dalam rata-rata bergerak.

Perhitungan *VDF* (*vechicle damage factor*) atau faktor daya rusak kendaraan dengan metode eksponensial dihitung berdasarkan P_t (Jumlah beban), P_o (*VDF* tahun ini) serta umur rencana n . Rumus umum yang dipergunakan adalah

$$P_t = P_o (1+r)^t$$

Dimana :

P_t = Jumlah beban pada tahun ke lima

t = Umur Rencana Tahun

Po = VDF tahun ini

r = angka pertumbuhan penduduk Maros.

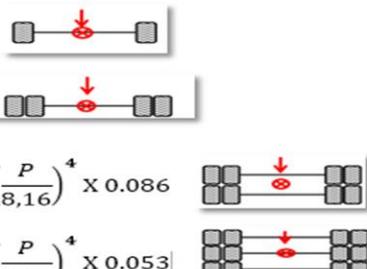
Faktor Ekivalen Beban

Faktor Ekivalen Beban atau lebih dikenal dengan *Vehicle Damage Factor*, selanjutnya disebut VDF, merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan tebal perkerasan cukup signifikan, dan jika makin berat kendaraan (khususnya 30 kendaraan jenis truk) apalagi dengan beban *overload*, nilai VDF akan secara nyata membesar, seterusnya *Equivalent Single Axle Load* membesar.

Beban konstruksi perkerasan jalan mempunyai ciri-ciri khusus dalam artian mempunyai perbedaan prinsip dari beban pada konstruksi lain di luar konstruksi jalan. Pemahaman atas ciri-ciri khusus beban konstruksi perkerasan jalan tersebut sangatlah penting dalam pemahaman lebih jauh, khususnya yang berkaitan dengan desain konstruksi perkerasan, kapasitas konstruksi perkerasan, dan proses kerusakan konstruksi yang bersangkutan.

Perkiraan Faktor Ekivalen Beban / *Vehicle Damage Factor*

VDF adalah perbandingan antara daya rusak oleh muatan sumbu suatu kendaraan terhadap daya rusak oleh beban sumbu standar. Perbandingan ini tidak linier, melainkan eksponensial sbb:

$$VDF = \left(\frac{\text{beban sumbu kendaraan}}{\text{beban sumbu standar}} \right)^4$$
$$VDF = \left(\frac{P}{5,3} \right)^4$$
$$VDF = \left(\frac{P}{8,16} \right)^4$$
$$VDF = \left(\frac{P}{15} \right)^4 = \left(\frac{P}{8,16} \right)^4 \times 0,086$$
$$VDF = \left(\frac{P}{15} \right)^4 = \left(\frac{P}{8,16} \right)^4 \times 0,053$$


Dimana:

VDF = *vehicle damage faktor*

p = beban sumbu kendaraan

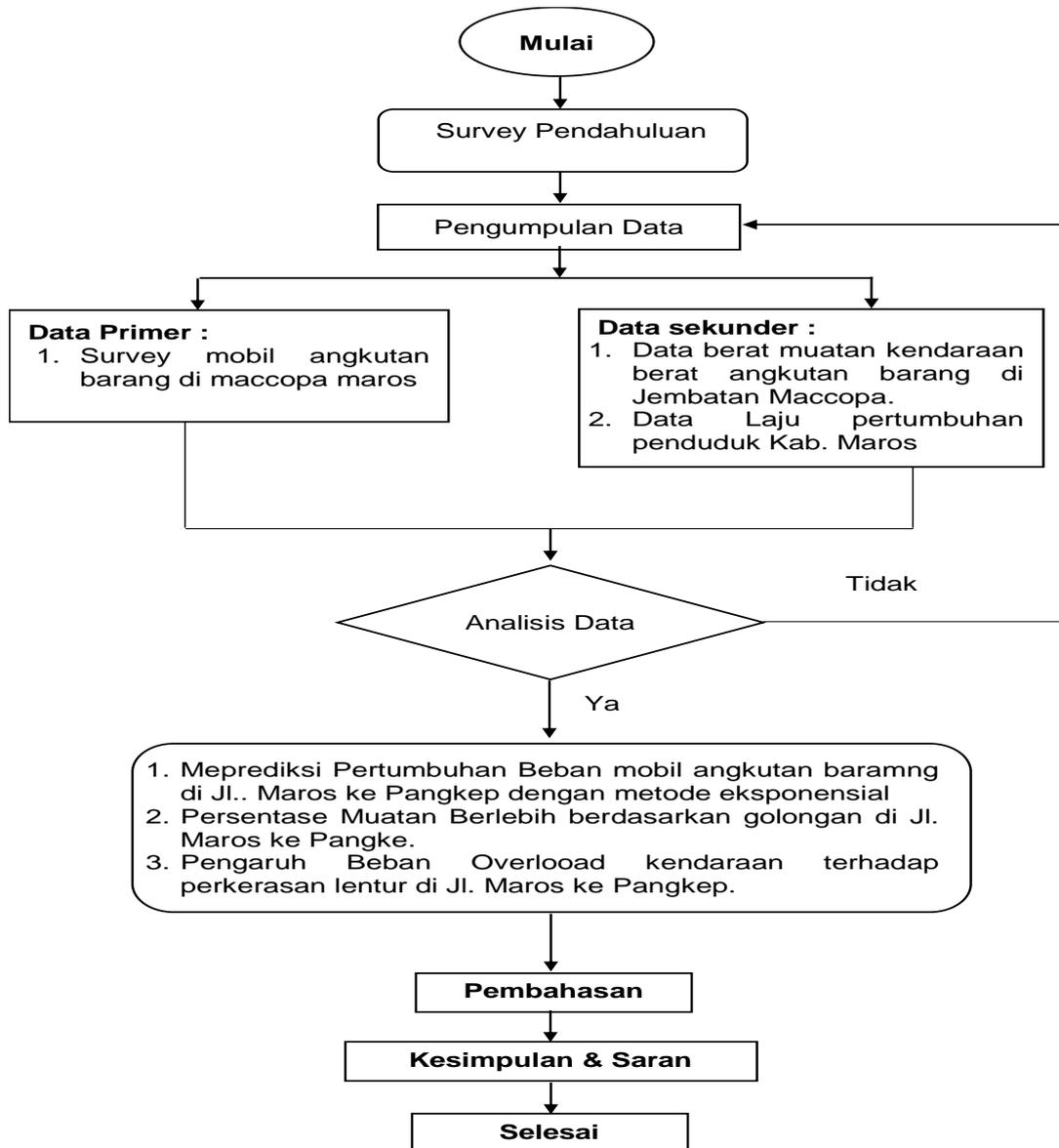
Metode penelitian

Metodologi penelitian adalah proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Penelitian merupakan suatu penyelidikan yang sistematis untuk meningkatkan sejumlah pengetahuan, juga merupakan suatu usaha yang sistematis dan terorganisasi untuk menyelidiki masalah tertentu yang memerlukan jawaban.

Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Tahap persiapan
2. Tahap pengumpulan data
 - a. Penentuan lokasi pengambilan data primer dan data sekunder
 - b. Pengambilan data primer
 - c. Pengambilan data sekunder
3. Tahap pengelolaan data
4. Tahap penulisan penarik kesimpulan

Bagan Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggolongan kendaraan

Tabel 2. Penggolongan kendaraan berdasarkan klasifikasi MDPJ 2017

no	golongan kendaraan Klasifikasi lama	golongan kendaraan MDPJ 2017
1	Golongan 3	Golongan 3
2	Golongan 6a.1	Golongan 6.1
3	Golongan 6a.2	Golongan 6.2
4	Golongan 6b1.1	Golongan 7.1
5	Golongan 6b1.2	Golongan 7.2
6	Golongan 6b2.1	Golongan 8.1
7	Golongan 6b2.2	Golongan 8.2
8	Golongan 7a.1	Golongan 9.1
9	Golongan 7a.2	Golongan 9.2

Presentase muatan berlebih

Tabel 3. Presentase muatan berlebih

No	Golongan Kendaraan	Presentase (%)
1	Golongan 3	31,69
2	Golongan 6.1	9,822
3	Golongan 6.2	38,54
4	Golongan 7.1	56,70
5	Golongan 8.1	60,84
6	Golongan 9.1	93,43
7	Golongan 9.2	83,137

Pembagian sumbu akibat muatan berlebih aktual

Tabel 4. Pembagian sumbu beban

No	Tipe kendaraan				Berat Total (ton)	Konfigurasi beban sumbu Roda (ton)					
						Depan ST,RT	Belakang				
							ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Pick-up, combi	3	1,1	2	0,68	1,32					
2	truck 2 sumbu - cargo ringan	6,1	1,1	8,3	2,82	5,48					
3	Truk 2 sumbu - ringan	6,2	1,2	8,3	2,82	5,48					
4	Truk 2 sumbu - cargo sedang	7,1	1,2	8,3	2,82	5,48					
5	truck 2 sumbu - berat	8,1	1,2	8,3	2,82	5,48					
6	Truk 3 sumbu - ringan	9,1	1,2,2	25	6,25	9,38	9,38				
7	Trailer 3 sumbu - sedang	9,2	1,2,2	25	6,25	9,38	9,38				

Vehicle damage factor tiap golongan kendaraan

Tabel 5. vehicle damage faktor

No	Tipe kendaraan				Berat Total (ton)	Konfigurasi beban sumbu Roda (ton)					
						Depan ST,RT	Belakang				
							ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5
1	Pick-up, combi	3	1,1	2,63	0,90	1,74					
2	Truck 2 sumbu - cargo ringan	6,1	1,1	9,12	3,10	6,02					
3	Truk 2 sumbu - ringan	6,2	1,2	11,50	3,91	7,59					
4	Truk 2 sumbu - cargo sedang	7,1	1,2	13,01	4,42	8,58					
5	truck 2 sumbu - berat	8,1	1,2	13,35	4,54	8,81					
6	Truk 3 sumbu - ringan	9,1	1,2,2	54,40	13,6	9,38	9,38				
7	Trailer 3 sumbu - sedang	9,2	1,2,2	51,51	12,88	9,38	9,38				

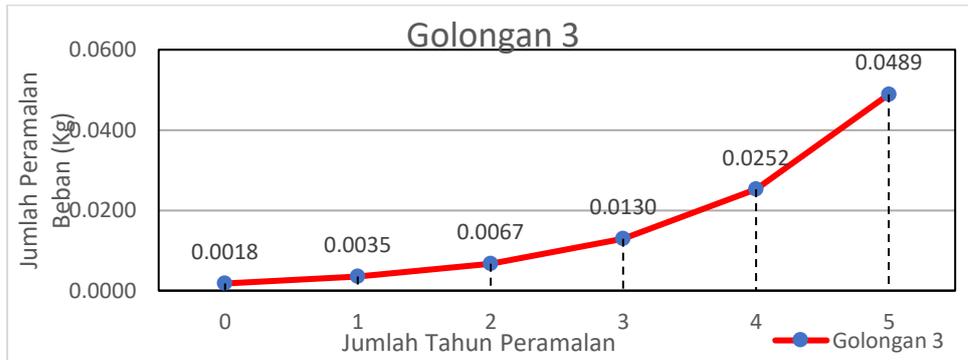
Data sekunder jumlah penduduk maros

Tabel 6. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan

No	Kecamatan <i>Subdistrict</i>	Penduduk (ribu) <i>Population (thousand)</i>	Laju Pertumbuhan per Tahun 2018-2019 <i>Annual Population Growth Rate (%) 2018-2019</i>
1	Mandai	40585	1,45
2	Moncongloe	19617	1,45
3	Maros Baru	26710	1,01
4	Marusu	27773	0,88
5	Turikale	45416	0,86
6	Lau	26949	1,01
7	Bantoa	28705	0,67
8	Bantimurung	30488	0,73
9	Simbang	24203	0,77
10	Tanralili	26724	0,8
11	Tompobulu	15658	0,97
12	Camba	13543	0,65
13	Cenrana	14989	0,90
14	Mallawa	11761	0,84
Maros		353121	0,94
Hasil Registrasi/ <i>Registration result</i>		38641	1,63
Hasil Proyeksi ¹ / <i>Projection Result¹</i>		353121	0,94

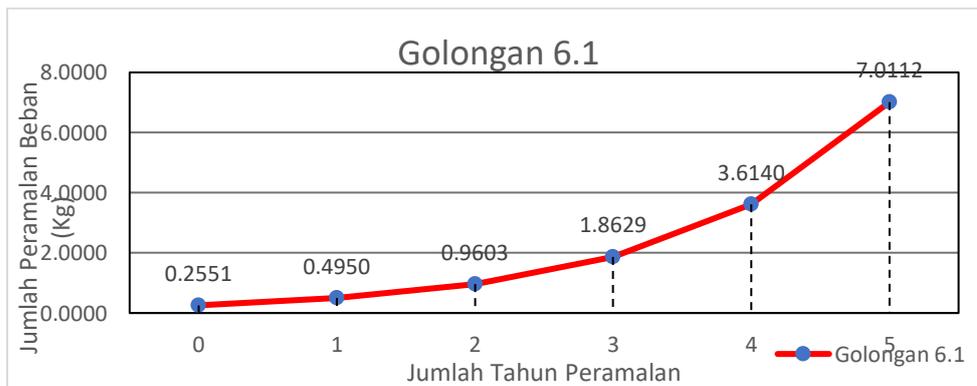
Perhitungan jumlah beban selama lima tahun berdasarkan golongan

Golongan 3



Gambar 1. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 3

Golongan 6.1



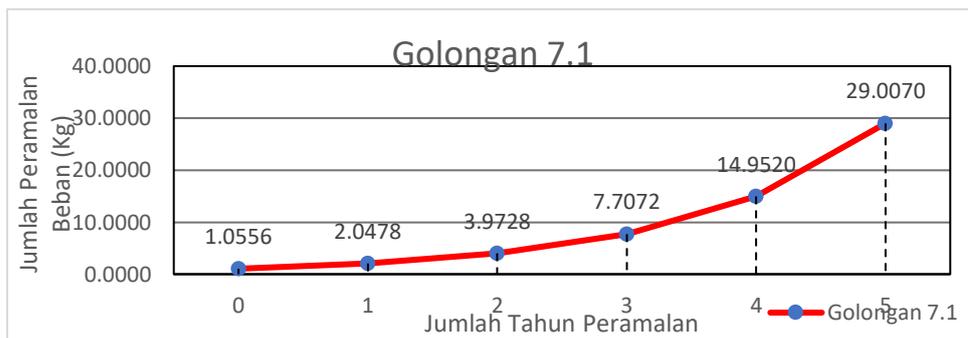
Gambar 2. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 6.1

Golongan 6.2



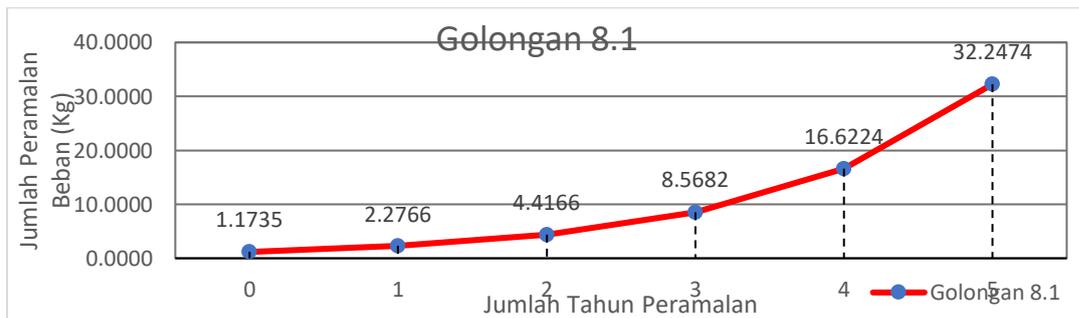
Gambar 3. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 6.2

Golongan 7.1



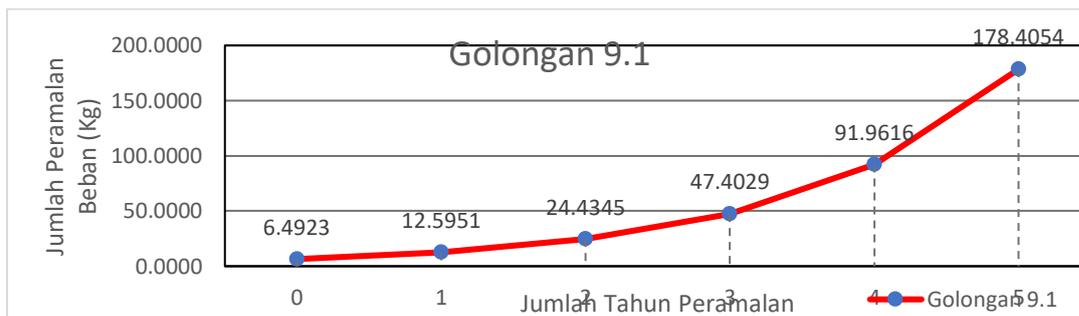
Gambar 4. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 7.1

Golongan 8.1



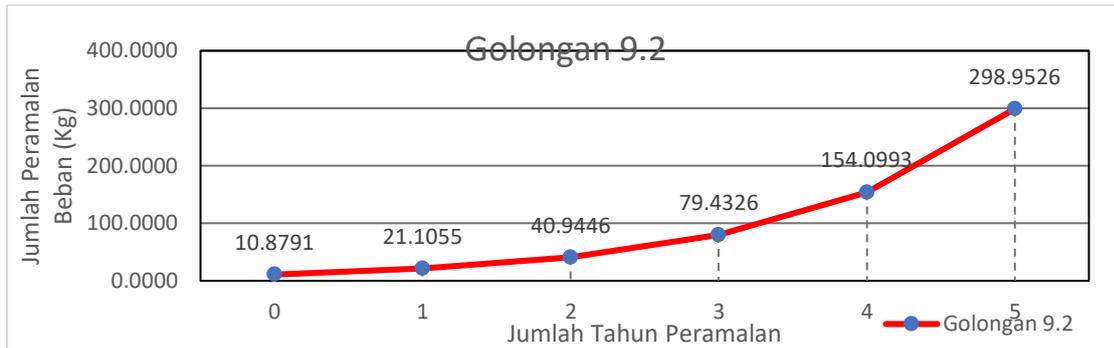
Gambar 5. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 8.1

Golongan 9.1



Tabel 6. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 9.1

Golongan 9.2



Tabel 7. Hasil perhitungan pertumbuhan beban lalu lintas golongan 9.1

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rata-rata persentase muatan berlebih aktual pada Jalan Maros Pangkep, diperoleh untuk Golongan 3 sebesar 31,694 % , Golongan 6.1 sebesar 9,822 % , Golongan 6.2 sebesar 38,541% , Golongan 7.1 sebesar 56,705 % , Golongan 8.1 sebesar 60,839 % , Golongan 9.1 sebesar 93,429 % , Golongan 9.2 sebesar 83.1437 % .
2. Pengaruh beban tiap golongan mobil sesuai dengan konfigurasi beban sumbu roda tiap golongan mobil angkutan barang yang terjadi. Untuk Golongan 3 sebesar 1762,627, Golongan 6.1 sebesar 24865,069, Golongan 6,2 sebesar 62972,111, Golongan 7.1 sebesar 12714,234, Golongan 8.1 sebesar 4283,307, Golongan 9.1 sebesar 1566367,664, Golongan 9.2 sebesar 2624750,3914.
3. Dari hasil perhitungan nilai peramalan pertumbuhan jumlah beban mobil angkutan barang selama lima tahun dari golongan 3 sebesar 0,0489 % , golongan 6.1 sebesar 7,0112 % , golongan 6,2 sebesar 17,7563 % , golongan 7,1 sebesar 29,0070 % , golongan 8.1 sebesar 32,2474 % , golongan 9.1 sebesar 178,4054 % dan golongan 9.2 sebesar 298,9526 % .

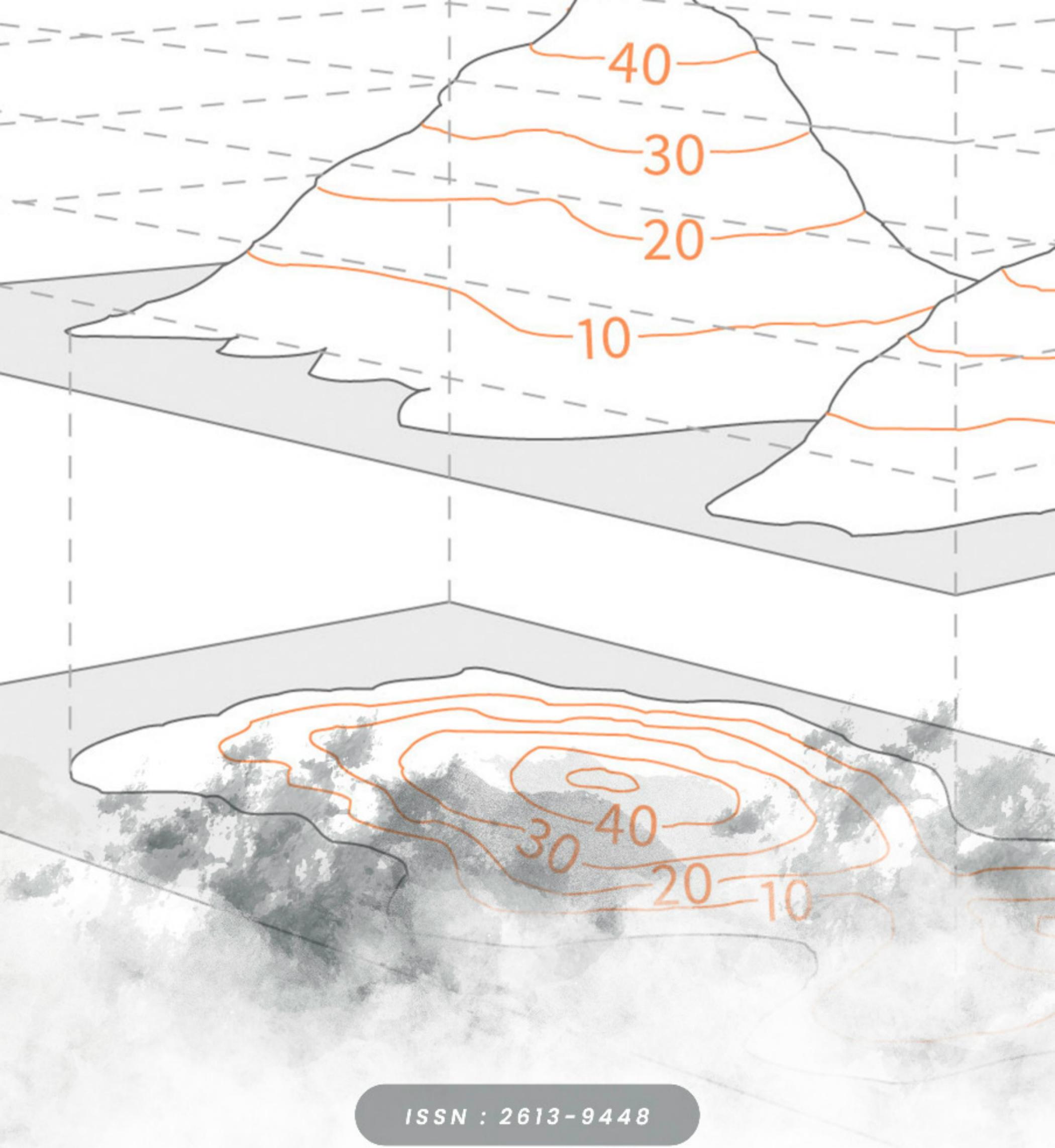
Saran

Merujuk pada hasil penelitian maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Untuk peramalan nilai pertumbuhan lalu lintas mobil angkutan barang yang akurat, sebaiknya menggunakan data sekunder 5 tahun sebelumnya.
2. Pengawasan Pada Jembatan timbang Maccopa diperketat agar tidak terjadi pelanggaran muatan berlebih.
3. Merujuk pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan perhitungan umur perkerasan jalan akibat beban *vehicle Damage Faktor* terhadap perkerasan jalan.

Daftar Pustaka

- AASHTO. 1993. Guide For Design of Pavement Structures. Washington DC
- Abubakar, Iskandar dkk. (1999), *Rekayasa Lalulintas*. Direktorat Perhubungan Darat. Jakarta : Direktorat Bina Sistem Lalulintas dan Angkutan Kota. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.
- Clark H. Oglesby; R. Gary Hicks, 1993 Teknik jalan Raya (R 20 L) / Clarkson H. Oglesby, Jakarta.*
- Departemen Pekerjaan Umum., 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Departemen Perhubungan. 2008. *Panduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Berat yang diizinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang diizinkan) Untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kereta Penarik berikut Kereta Tempelan/Gandengan*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.J.
- Departemen Perhubungan. 2008. *Panduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Berat yang diizinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang diizinkan) Untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kereta Penarik berikut Kereta Tempelan/Gandengan*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. *Surat Edaran Tentang Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi 2017, Dilingkungan Direktorat Jendral Bina Marga.*
- Ditjen Bina Marga 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.*
- Edward K. Morlok ; Johan K. Hainim 1985, *Pengantar teknik dan perencanaan transportasi.*
- F.D. Hobbs, 1995 Hobbs, F.D, 1995, Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas.*
- Fiki Apriyadi. 2018. *Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Berat Terhadap Umur Rencana Perkerasan Kaku Pada Jalan Diponegoro*. Link: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/6493>
- KABUPATEN MAROS DALAM ANGKA 2020*. Link: <https://ppid.maroskab.go.id>
- Kementerian PUPR, Bandung 2016. *Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, Dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah.*
- Menurut Idris, M., dkk. (2009), Pengaruh Kelebihan Muatan Kendaraan Berat.*
- Morlok, Edward K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga : Jakarta
- NAASRA. 2004. *A Guide to The Visual Assesment of Pavement Condition*. Austrarlia
- Pedoman pencacahan lalu lintas kendaraan yang dilakukan Direktorat Jenderal Bina Marga (2004)*
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No PM 134 TAHUN 2015 *Tentang Penyelenggaraan Penimbangan Kendaraan Bermotor dijalan*
- Purnomo. *Roadmap dan Refleksi Odol, Mampukah Para Ahli Jalan dan Transportasi Menyelesaikan Masalah Odol Yang Mangkrak Selama 50 Tahun Pada Januari 2023.*
- RSNI T-4-2004, *Geometri Jalan Perkotaan*, Link: <https://cupdf.com/document/rsni-t-14-2004-geometri-jalan-perkotaan.html>
- SNI 1732-1989-F Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dan Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83.*
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. CV Alfabeta. Bandung.
- Sukirman, S, 1994, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Jalan Raya*, Penerbit NOVA, Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *BAB II Perkerasan Jalan Raya*, Penerbit NOVA, Bandung.



ISSN : 2613-9448

Diselenggarakan Oleh:



Program Studi Teknik Sipil & Himpunan Mahasiswa Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa