

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 Yunianti, 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.Eng.
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 terikat 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

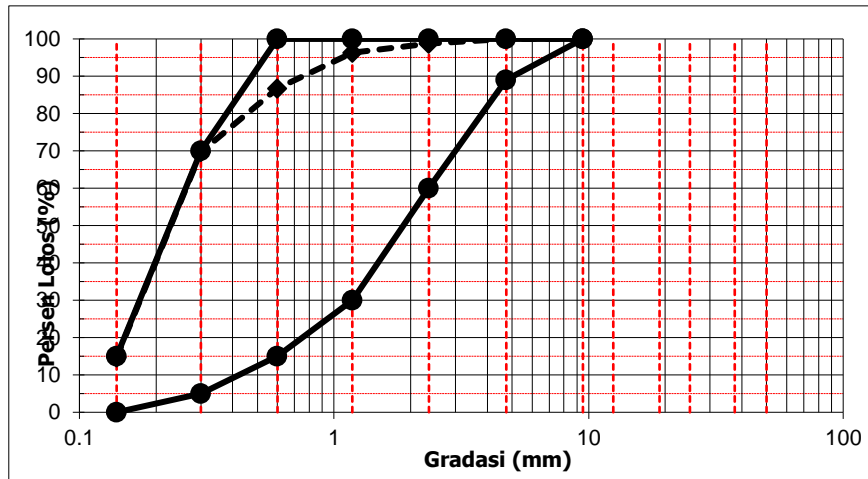
Karakteristik Material

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

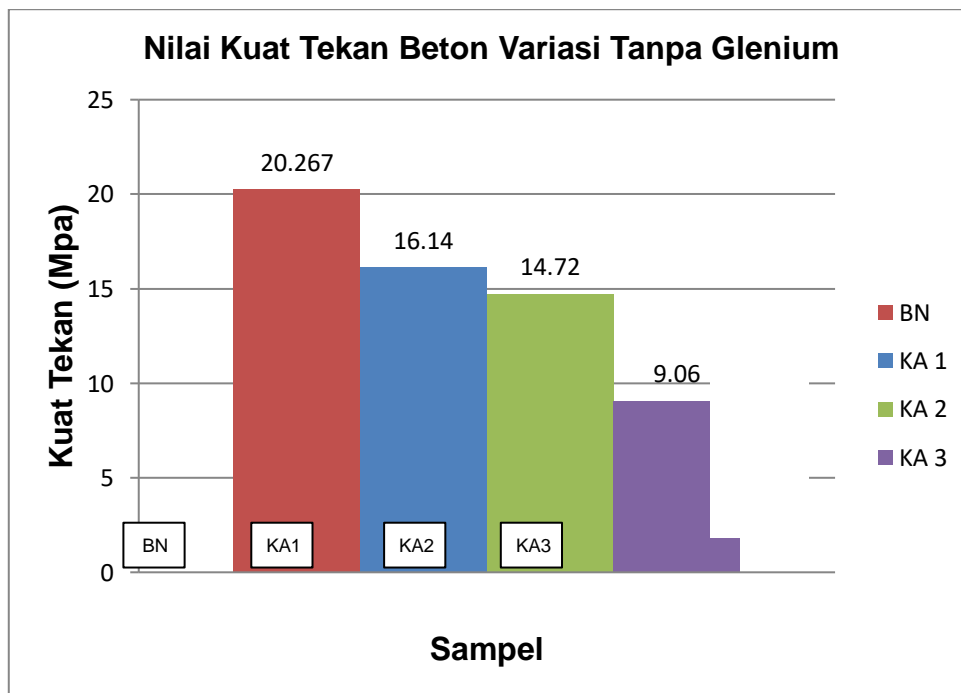
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Strength). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat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

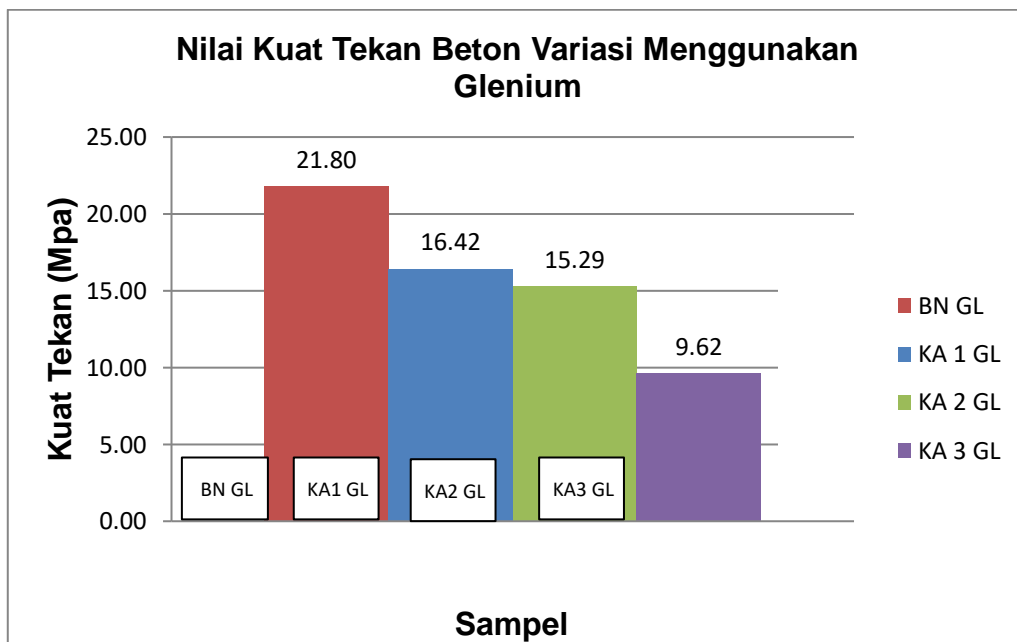


Gambar 1. Grafik nilai Kuat Tekan Beton Variasi Tanpa Glenium

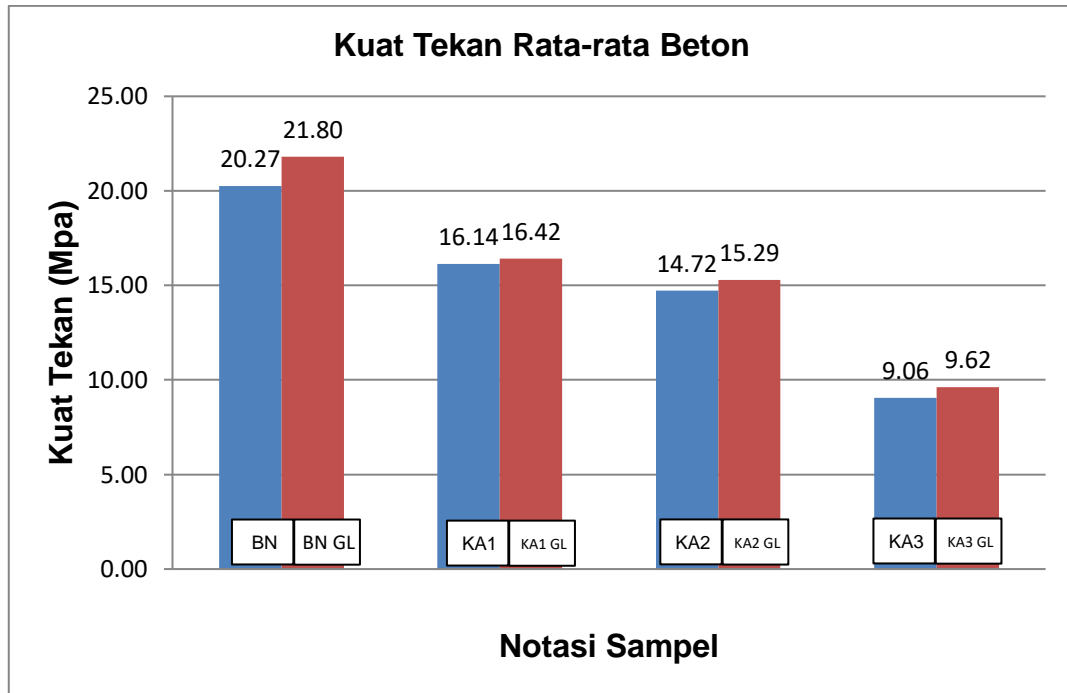
Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Menggunakan Glenium

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 kelecakan 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*.

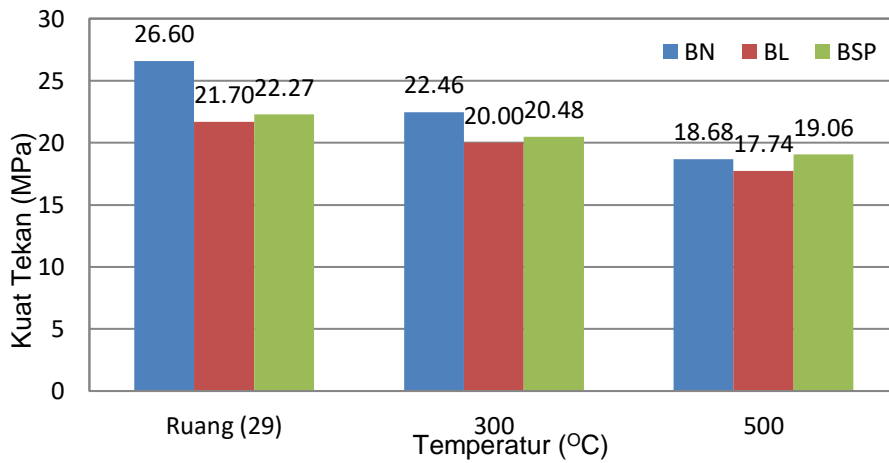
Kuat Tekan Beton Variasi

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

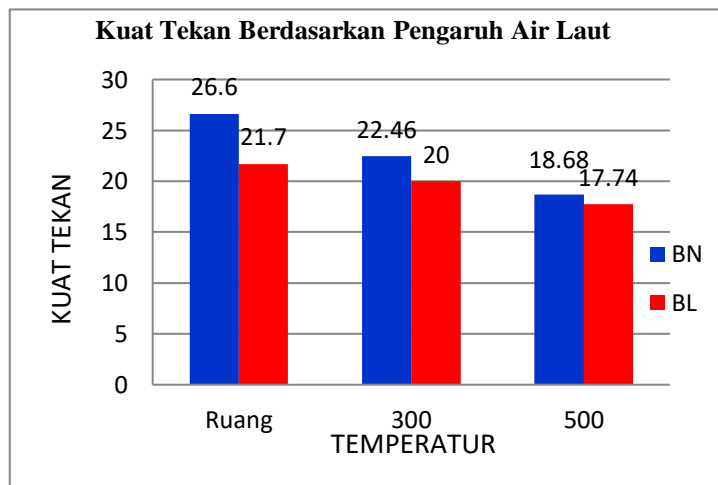
Sumber : Hasil penelitian dan olah data



Gambar 1. Hasil kuat tekan beton sesuai temperatur

5. PEMBAHASAN

5.1. Pengaruh Penggunaan Air Laut



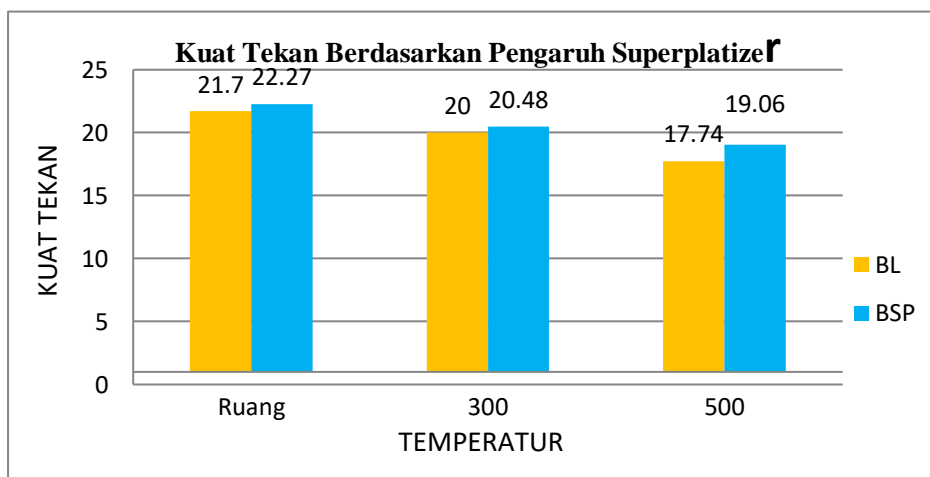
Gambar 2. Grafik Diagram Pengaruh Jenis Air Pencampur Terhadap Kuat Tekan Beton

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



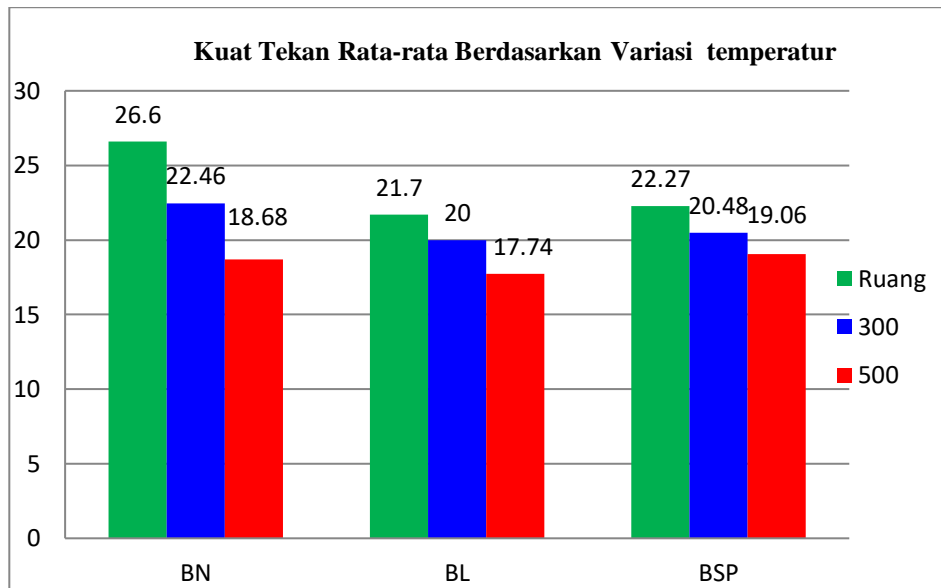
Gambar 3. Diagram Pengaruh bahan tambah Terhadap Kuat Tekan Beton

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 (SiO_2) dan Aluminat (Al_2O_3) 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.