

**PENGGUNAAN ABU TERBANG DAN BAHAN ADDITIVE SEBAGAI
PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER**



SKRIPSI

**(Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Sipil)**

Oleh

A R D I

45 11 041 010

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2017



UNIVERSITAS
BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp.(0411) 452901 – 452789 Fax. 452949
MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR
TUGAS AKHIR

Judul : " Penggunaan Abu Terbang dan Bahan Additive Sebagai Pengganti
Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer "

Disusun dan diajukan oleh :

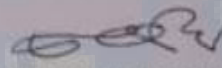
Nama : **ARDI**

No.Stambuk : **45 11 041 010**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil /
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. H. Syahrul Sariman, MT**


(.....)

Pembimbing II : **Hijriah, ST. MT**

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN.09-2406-7601

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Suchadijah Yunianti, ST.MT
NIDN. 09-050873-04



UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jl. UripSumoharjo Km. 4Telp. (0411)452991 – 452789 psw 20 Makassar

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 174 / SK / FT / UNIBOS / IX / 2017, Tanggal 24 Maret 2017, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Senin / 27 Maret 2017
Nama : Ardi
Nomor Stambuk : 45 11 041 010
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : “ PENGGUNAAN ABU TERBANG DAN BAHAN ADDITIVE SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER “

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua/ Ex Officio : Ir. H. Syahrul Sariman, MT. (.....)
Sekertaris/Ex Officio : Hijriah, ST. MT (.....)
Anggota : Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. (.....)
Eka Yuniarto, ST. MT. (.....)

Makassar, Januari 2019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

Dr. Ridwan, ST, M,si
NIDN : 09 2406 7601

Ketua Jurusan Sipil
Univ. Bosowa Makassar

Hijriah Yuniarti, ST, MT
NIDN : 09 1606 8201



UNIVERSITAS
BOSOWA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

Jln.Urip Sumoharjo Km.4 Gd.2 Lt 6
Makassar-Sulawesi Selatan 90231
Telp.0411 452901 – 452789 ext.116
Fax.0411424568
<http://www.universitaspbosoa.ac.id>

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardi
Nomor Stambuk : 45 11 041 010
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhi : Penggunaan Abu Terbang dan Bahan Additive sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkanya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 03 April 2018
Yang Menyatakan

Ardi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Penggunaan Abu Terbang dan Bahan Additive Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer” dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak menemukan kendala. Namun, karena adanya pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak, terutama dari kedua pembimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua serta keluarga tercinta yang selalu mendoakan, memberikan dorongan moral dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Hamsina, ST., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar yang telah membantu penulis selama pendidikan.

3. Ibu Savitri Prasandi Mulyani, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa yang telah membantu penulis selama pendidikan.
4. Ayahanda Ir. H. Syahrul Sariman, MT. selaku pembimbing I dan Ibu Hijriah, ST. MT, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dalam memotivasi dan membimbing penulis mulai persiapan penulisan, penelitian sampai dengan penyelesaian skripsi ini.
5. Para dosen dan staff yang telah membimbing penulis selama mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
6. Bapak Eka Yuniarto., ST. MT selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa dan Bapak Hasrullah, ST. selaku pembimbing di Laboratorium yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan dalam proses penelitian ini.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil yang tidak dapat penulis sebut satu persatu, khususnya teman-teman angkatan 2011 terima kasih atas bantuan dan motivasinya selama penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman di organisasi daerah saya Himpunan Pelajar Mahasiswa Nunukan, Kalimantan Utara yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala

kritikan dan saran yang sifatnya membangun senantiasa penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tulisan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, Amin.

Wassalamu Alaikum Wr.Wb. dan Salam Sejahtera

Makassar, April 2017

PENULIS



BOSOWA

PENGGUNAAN ABU TERBANG DAN BAHAN ADDITIVE SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

GEPOLIMER

Oleh : Ardi ¹⁾, Syahrul Sariman ²⁾, Hijriah ³⁾

ABSTRACT

“Pemanasan global (Global warming) adalah permasalahan pokok yang merupakan dampak negatif dari perkembangan ilmu dan teknologi dewasa ini. Banyak aspek yang menjadi penyebab dari adanya permasalahan tersebut. Salah satu aspek yang menjadi kontributor utamanya adalah aspek dalam bidang dunia konstruksi, khususnya dalam proses produksi semen portland (SP), sehingga mengharuskan untuk mencari bahan pengganti semen portland yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan seperti abu terbang limbah pembakaran batu bara. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perbandingan *prekursor* (abu terbang) dan *aktivator* (sodium silikat dan sodium hidroksida) terhadap kuat tekan beton Geopolimer. Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan tertinggi terdapat pada perbandingan *precursor* (abu terbang) : *activator* (Na₂SiO₃ dan NaOH) 1 : 1,5 dengan perbandingan Na₂SiO₃ : NaOH 2,5 : 1 yaitu sebesar 23,40 MPa, dan kuat tekan terendah terdapat pada variasi perbandingan *percursor* : *activator*, 2 : 1 Na₂SiO₃ : NaOH 2,5 : 1 yaitu sebesar 4,34 MPa. Sehingga bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi perbandingan massa larutan Na₂SiO₃ terhadap NaOH menghasilkan kuat tekan yang tinggi dengan perbandingan abu terbang (*precursor*) lebih rendah dari pada *aktivator*. Walaupun sudah dibuat dengan komposisi yang sama nilai kuat tekan yang lebih tinggi berada pada beton yang menggunakan semen Portland”.

Kata Kunci : Beton, Geopolimer, Kuat Tekan

1) Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bosowa
2) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa
3) Dosen Teknik Sipil Universitas Bosowa

**PENGGUNAAN ABU TERBANG DAN BAHAN ADDITIVESEBAGAI
PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

GEPOLIMER

Oleh : Ardi ¹⁾, Syahrul Sariman ²⁾, Hijriah ³⁾

ABSTRACT

“ Global warming is a fundamental problem that is a negative impact of the development of science and technology today. Many aspects of the cause of the existence of the problem. One aspect that is the main contributor is the aspect in the world of construction, especially in the production of portland cement (SP), so it requires to search for portland cement replacement by using environmentally friendly materials such as Fly ash of coal burning waste. The purpose of this research is to know the influence of comparison of precursor (fly ash) and activator (sodium silicate and sodium hydroxide) to compressive strength of geopolimer concrete. Based on the results of the research, the highest compressive strength is found in the ratio of precursor (fly ash): activator (Na_2SiO_3 and NaOH) 1: 1,5 with the ratio Na_2SiO_3 : NaOH 2,5 : 1 ie 23,40 MPa, and lowest compressive strength this found in precursor (fly ash): activator (Na_2SiO_3 and NaOH) 2 : 1 with the ratio Na_2SiO_3 : NaOH 2,5 : 1 that is 4,340 MPa So it can be concluded that the higher mass ratio of Na_2SiO_3 solution to NaOH produces a high compressive strength with the ratio of fly ash lower than the activator. Although already made with the same composition the higher compressive strength values are in concrete using portland cement ”.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

LEMBAR PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR i

ABSTRAK iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR GRAFIK xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian I-4

1.3 Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah I-4

1.3.1 Ruang Lingkup Penelitian I-4

1.3.2 Batasan Masalah I-6

1.4 Gambaran Umum Penelitian I-6

1.4.1 Jenis Penelitian I-6

1.4.2 Tempat dan Waktu Penelitian I-7

1.5 Sistematika Penulisan I-7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton II-1

2.1.1 Sifat – Sifat Beton.....	II-1
2.1.2 Bahan – bahan Beton.....	II-6
2.1.3 Jenis Pengujian penyusun Beton.....	II-13
2.2 Mix Design Beton Normal.....	II-15
2.3 Nilai Slump.....	II-26
2.4 Beton Geopolimer.....	II-27
2.4.2 Sifat-sifat Beton geopolimer.....	II-28
2.4.2 Bahan-bahan Beton Geopolimer.....	II-28
2.5 Kuat Tekan.....	II-36
2.5.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan.....	II-37
2.6 Penelitian Terdahulu.....	II-38

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian.....	III-1
3.2 Metode Pengujian.....	III-1
3.2.1 Pengujian Karakteristik Agregat.....	III-1
3.3 Penentuan Mix Design Beton Normal.....	III-3
3.4 Variabel Penelitian.....	III-5
3.4.1 Variabel Terikat.....	III-5
3.4.2 Variabel bebas.....	III-5
3.5 Notasi Sampel.....	III-5

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Material.....	IV-1
4.2 Perencanaan Campuran Beton.....	IV-4
4.2.1 Perencanaan Campuran Beton Normal 20 MPa.....	IV-4

4.2.2 Perencanaan Campuran Beton Geopolimer	IV-6
4.3 Pengujian Slump	IV-6
4.4 Pengujian Kuat Tekan	IV-7
4.4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	IV-7
4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer	IV-9

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN – LAMPIRAN

- ❖ **PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK MATERIAL**
- ❖ **MIX DESIGN**
- ❖ **PENGUJIAN SLUMP**
- ❖ **PENGUJIAN KUAT TEKAN**
- ❖ **DOKUMENTASI PENELITIAN**

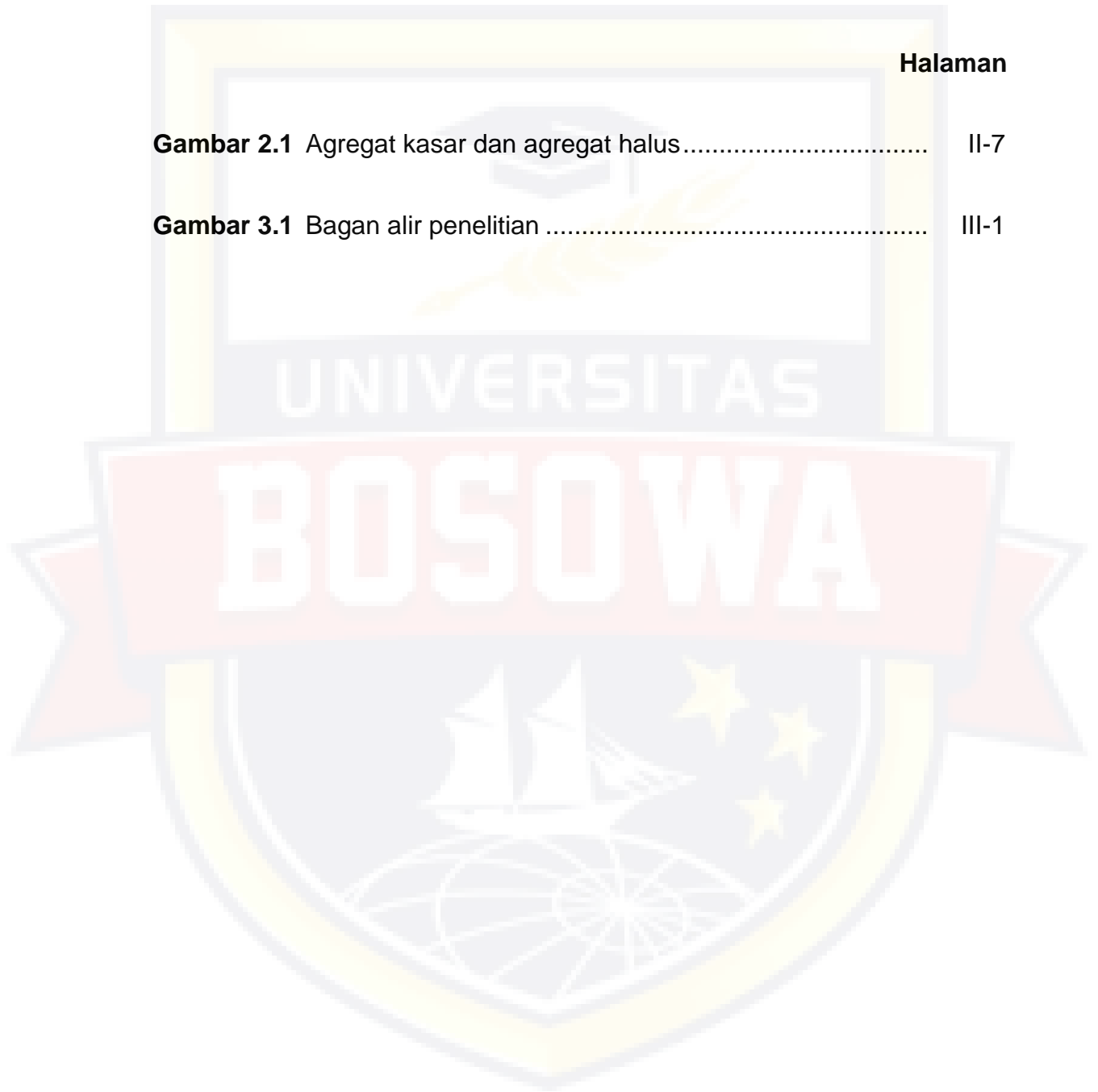
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Ketentuan gradasi agregat ASTM c-33.....	II-13
Tabel 2.2 Ketentuan kadar lumpur agregat ASTM c-117	II-13
Tabel 2.3 Ketentuan kadar air agregat ASTM c-556.....	II-14
Tabel 2.4 Ketentuan absorsi agregat ASTM c-128	II-14
Tabel 2.5 Ketentuan berat jenis agregat ASTM c-128	II-14
Tabel 2.6 Ketentuan berat isi agregat ASTM c-29.....	II-15
Tabel 2.7 Faktor perkalian deviasi standar	II-16
Tabel 2.8 Daftar deviasi standar	II-17
Tabel 2.9 Nilai margin jika data tidak tersedia deviasi standar	II-18
Tabel 2.10 Perkiran kuat tekan beton pada FAS 0,50	II-18
Tabel 2.11 Perkiraan kadar air menurut type agregat.....	II-19
Tabel 2.12 Penetapan nilai slump adukan beton	II-26
Tabel 2.13 Kandungan kimia fly ash	II-30
Tabel 2.14 Klasifikasi fly ash menurut kelasnya	II-34

Tabel 3.1	Pemeriksaan Agregat Halus	III-2
Tabel 3.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	III-3
Tabel 3.3	Notasi sampel	III-5
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir) ..	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat (BP1-2).....	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat (BP2-3).....	IV-3
Tabel 4.4	Data hasil perhitungan mix design beton kontrol	IV-4
Tabel 4.4	Data perhitungan mix design	IV-6
Tabel 4.5	Komposisi beton geopolimer untuk 1 silinder.....	IV-6
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Slump.....	IV-7
Tabel 4.7	Kekuatan Tekan Beton Geopolimer	IV-9

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Agregat kasar dan agregat halus.....	II-7
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	III-1



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm).....	II-20
Grafik 2.2 Grafik hubungan kadar air, berat jenis gabungan dan berat beton.....	II-22
Grafik 4.1 Analisa saringan agregat halus.....	IV-2
Grafik 4.2 Analisa saringan agregat kasar batu pecah 1-2.....	IV-3
Grafik 4.3 Analisa saringan agregat aasar batu pecah 2-3.....	IV-4
Grafik 4.4 Kuat Tekan Beton Normal.....	IV-8
Grafik 4.5 Kuat tekan beton GP-1.....	IV-10
Grafik 4.6 Kuat tekan beton GP-2.....	IV-10
Grafik 4.7 Kuat tekan beton GP-3.....	IV-11
Grafik 4.8 Kuat tekan beton GP-4.....	IV-11
Grafik 4.9 Kuat tekan rata-rata beton geopolimer.....	IV-12
Grafik 4.10 Kuat tekan beton normal & beton geopolimer.....	IV-12
Grafik 4.11 Perbandingan Kuat tekan beton normal dan beton geopolimer.....	IV-13

DAFTAR LAMPIRAN

A. PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT HALUS

- A.1 Analisa Saringan Agregat Halus
- A.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- A.3 Kadar Lumpur Agregat Halus
- A.4 Kadar Air Agregat Halus
- A.5 Berat Isi / Berat Volume

B. PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR

- B.1 Analisa Saringan Agregat Kasar
- B.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- B.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar
- B.4 Kadar Air Agregat Kasar
- B.5 Berat Isi / Berat Volume

C. PERHITUNGAN COMBINED GRADING (GRADASI GABUNGAN)

D. PERHITUNGAN MIX DESIGN

- D.1 Mix Design Beton Normal 20 MPa
- D.2 Mix Design Beton Geopolimer

E. HASIL PENGUJIAN SLUMP

F. PENGUJIAN KUAT TEKAN

- F.1 Kuat Tekan Beton Normal
- F.2 Kuat Tekan Beton Agropolimer

G. DOKUMENTASI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Harganya yang relative murah dan kemudahan dalam pelaksanaannya membuat beton semakin tak tergantikan dalam dunia konstruksi. Namun selain keuntungan yang dimilikinya beton juga memiliki beberapa kekurangan seperti tegangan tarik yang rendah, daktibilitas rendah dan keseragaman mutu yang bervariasi.

Karena kekurangan yang dimilikinya maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasi dan variasi bahan tambahannya agar dapat meningkatkan fungsi beton itu sendiri menjadi lebih maksimal.

Dalam pembuatannya, keseragaman kualitas beton sangat dipengaruhi oleh keseragaman bahan dasarnya dan metode pelaksanaan. Pada prakteknya dilapangan, umumnya beton yang disuplai oleh perusahaan pembuatan beton (ready mix) telah terjamin keseragaman bahan dasarnya. Untuk mendapatkan kualitas dan keseragaman beton sesuai seperti yang disyaratkan maka pelaksanaan pembuatan beton harus dilakukan dengan baik dan sesuai dengan prosedur. Yang dimaksud dengan kualitas beton seperti disyaratkan disini adalah kuat tekan beton pada umur ke-28 hari. Oleh karena sebab-sebab diatas maka

diperlukan adanya control kualitas yang dapat mengetahui kemungkinan terjadinya output yang tidak sesuai dengan yang disyaratkan sedini mungkin.

Melihat perkembangan teknologi dibidang rekayasa struktur di Indonesia dan juga penggunaan beton sebagai perkuatan pada struktur bangunan masih banyak. Selain itu bahan penyusun beton mudah didapatkan seperti semen, agregat, dan air. Kebutuhan akan beton diseluruh semakin meningkat demikian juga dengan produksi semen sebagai bahan dasar pembuatan beton. Dalam proses produksinya semen mengeluarkan gas CO₂ yang menimbulkan efek rumah kaca. Karena alasan inilah mulai dikembangkan bahan alternatif sebagai pengganti semen, maka dikembangkan material geopolimer.

Pemanasan global (Global warming) adalah permasalahan pokok yang merupakan dampak negatif dari perkembangan ilmu dan teknologi dewasa ini. Banyak aspek yang menjadi penyebab dari adanya permasalahan tersebut. Salah satu aspek yang menjadi kontributor utamanya adalah aspek dalam bidang dunia konstruksi, khususnya dalam proses produksi semen portland (SP). Pelepasan karbon dioksida (CO₂), yang merupakan kontributor utama pada emisi gas rumah kaca di atmosfer, dihasilkan dalam proses produksi semen portland. Secara keseluruhan, produksi semen portland dunia memberikan kontribusi 1,6 juta ton CO₂ atau sekitar 7% dari pelepasan CO₂ ke atmosfer.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan bahan alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan dari semen. Bahan-bahan tambahan tersebut antara lain seperti pemanfaatan limbah buangan serat ijuk, sabut kelapa, serat nilon, abu sekam padi, ampas tebu, sisa kayu, limbah gergajian, abu cangkang sawit, abu terbang (fly ash), mikrosilika (silica fume), cangkang kemiri dan lain-lain. Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah pemanfaatan bahan fly ash (abu terbang) dari limbah pembakaran batu bara yang akan digunakan sebagai bahan pengganti semen untuk campuran beton geopolimer.

Bahan geopolimer ialah suatu bahan anorganik yang terdiri dari silikat (Si) dan Aluminium (Al) sebagai material utama serta bahan additive untuk pengikat. Sejauh ini bahan dasar yang digunakan untuk membuat beton geopolimer adalah abu terbang (fly ash). Untuk melakukan polimerisasi dibutuhkan suatu reaktan dari golongan alkalin yang dapat melepas ion-ion yang tidak diperlukan pada proses pembentukan beton geopolimer. Dalam kasus ini digunakan Natrium Hidroksida atau NaOH yang memiliki sifat basa kuat sebagai reaktan alkalin.

Fly ash (abu terbang) adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut bottom ash. dalam dunia industry, fly ash biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batubara. Fly ash umumnya ditangkap oleh electrostatic precipitators atau peralatan filtrasi

partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan bottom ash dihapus dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal dengan abu batu bara. Dimasa lalu, fly ash atau abu terbang pada umumnya dilepaskan ke atmosfer, tetapi sekarang disyaratkan harus ditangkap sebelum dirilis. Fly ash umumnya disimpan di pembangkit listrik batubara atau ditempatkan di tempat pembuangan sampah. Sekitar 43% didaur ulang, sering digunakan untuk melengkapi semen dalam produksi beton.

Dari uraian tersebut diatas menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya kedalam bentuk tugas akhir yang berjudul; ***“PENGUNAAN ABU TERBANG DAN BAHAN ADDITIVE SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER “***

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan ini yaitu memebrikan gambaran tentang pengaruh penggunaan abu terbang dan bahan additive (NaOH dan Na₂SiO₃) sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton geopolimer.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui penggunaan Abu Terbang dan Bahan Additive sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan Beton Geopolimer, kemudahan dalam pengerjaan (workability) dari beton akibat

penggunaan bahan kimia sodium silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH).

- Melihat perbandingan kuat tekan beton normal dengan mutu 20 MPa dan kuat tekan beton geopolimer dengan komposisi campuran agregat yang sama pada beton normal.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah

1.3.1. Ruang Lingkup Penelitian

- a. Penggunaan abu terbang sebagai bahan pengganti semen
- b. Abu terbang yang digunakan yaitu hasil pembakaran atau limbah batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap.
- c. Agregat kasar dan halus yang digunakan adalah agregat dari Bili-Bili (Sungai Jeneberang) Kab. Gowa.
- d. Activator yang digunakan yaitu NaOH (Natrium Hidroksida) dan Na_2SiO_3 (Sodium Silikat)
- e. Konsentrasi molaritas NaOH adalah 12M
- f. Perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 adalah 1 : 2,5
- g. Metode perawatan Beton Geopolimer dengan dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 80°C selama 24 jam. . Setelah dikeluarkan dari oven, benda uji akan dimasukkan ke dalam plastik kedap udara (clipped plastic bag) sampai tiba saatnya pengujian benda uji.

- h. Rancangan campuran beton untuk mendapatkan rancangan dengan mutu standar.
- i. Mutu beton kontrol (beton normal) yang digunakan 20 MPa.
- j. Komposisi campuran Beton Geopolimer yang dibuat dengan Mix Design Modifikasi dari Beton Normal, serta pendekatan perbandingan berat.
- k. Untuk Beton Geopolimer komposisi agregat kasar dan agregat halus mengikuti beton normal
- l. Melakukan Pengujian Kuat tekan pada Beton Geopolimer.

1.3.2. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Tidak melakukan pengujian sifat fisik dan kimia untuk abu terbang, NaOH, dan Na_2SiO_3 .
2. Tidak melakukan pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton

1.4. Gambaran Umum Penelitian

1.4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental merupakan bentuk penelitian percobaan yang berusaha untuk mengisolasi dan melakukan control setiap kondisi-kondisi yang relevan dengan situasi yang diteliti kemudian melakukan pengamatan terhadap efek atau pengaruh ketika kondisi-kondisi tersebut

di manipulasi. Dengan kata lain, perubahan atau manipulasi dilakukan terhadap variable bebas dan pengaruhnya diamati pada variable terkait.

1.4.2. Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat pengambilan sampel
 - a. Agregat Kasar (Batu pecah 2-3 dan 1-2) di Jl. Poros Malino, Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan, Kabupaten Gowa.
 - b. Agregat Halus (Pasir) di Jl. Poros Malino, Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan, Kabupaten Gowa, PT. Mega Struktur.
 - c. Abu terbang (*Fly Ash*) di Jl. Poros Pangkep, Sulawesi Selatan, Kabupaten Pangkep, Pabrik PT. Semen Tonasa.
- Tempat penelitian dilakukan yaitu di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Bosowa.
- Penelitian ini dilakukan selama empat bulan terhitung mulai dari tanggal 18 agustus 2016 sampai dengan Desember 2016.
-

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud

dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori – teori yang menyangkut penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sample , persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup untuk memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah bahan bangunan yang terbentuk dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Agregat yang biasanya berbentuk kerikil dan pasir adalah merupakan bahan pengisi, sedangkan semen dan air lebih berperan sebagai bahan perekat dari pada bahan pengisi. Mutu beton sangat bergantung dari komposisi material dan cara pencampurannya.

Beton merupakan bahan yang mempunyai kuat tekan yang cukup besar, kekuatan beton dipengaruhi oleh factor air semen, tingkat pemadatan, jenis semen, jenis agregat dan perawatan. Namun beton memiliki kuat tarik yang rendah, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, yang kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Kuat tekan beton sangat diperhitungkan hamper pada semua perencanaan konstruksi beton.

2.1.1. Sifat-Sifat Beton

Beberapa sifat umum yang penting diketahui pada beton adalah sebagai berikut :

A. Kemampuan dikerjakan (workability)

Sifat workability merupakan ukuran dari tingkat kemudahan mengaduk bahan-bahan beton secara bersama, sampai menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah untuk diangkut, dituang, dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran dan menurunkan mutu beton. Kemampuan dikerjakan dapat diukur dari kekental dengan menggunakan alat slump (slump test) yang berbentuk kerucut terpancung. Pengambilan nilai slump tergantung dari jenis pengerjaan beton.

B. Sifat Ketahanan Beton (Durability)

Untuk mendapatkan sifat ketahanan dari beton maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Pengaruh cuaca dan pemekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering atau panas dan dingin yang silih berganti.
- Ketahanan terhadap zat kimia, pengaruh ini bersifat kimiawi yang diakibatkan oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia limbah industri, buangan air kotor kota dan sebagainya yang dapat merusak keawetan beton.
- Ketahanan terhadap erosi, pengaruh erosi yang dapat mengakibatkan terjadinya lubang-lubang, gugus karena adanya gesekan benda yang terbawa air.

C. Sifat Kedap Air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara pada saat pengecoran. Rongga udara ini akan membentuk saluran-saluran kapiler mengakibatkan air dapat merusak dari luar kedalam atau tembus kebeton. Jika saluran-saluran kapiler itu tidak tertutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Jadi untuk membuat beton yang kedap air, beton harus dibuat sepadat mungkin dan perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin untuk keperluan hidrasi semen.

Hal-hal yang mempengaruhi sifat kedap airnya beton adalah sebagai berikut :

- Perbandingan air dan semen dalam campuran beton (mutu dan porositas).
- Kepadatan (hasil pemadatan/penggetaran dengan vibrator).
- Selalu cukup air pada saat curing (4 minggu), umur beton bertambah, kedap air turun.
- Gradasi agregat (memenuhi spesifikasi).

D. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima atau menahan beban sampai pada batas kehancurannya. Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara pembuatan benda uji kubus maupun silinder yang kemudian ditekan dengan menggunakan mesin Press Srenght.

Sifat kuat hancur beton dipengaruhi oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya. Selain itu pula kuat hancur beton dipengaruhi oleh sejumlah factor penting, yaitu :

- Jenis semen dan kualitasnya.
- Jenis dan kondisi agregat.
- Tingkat perawatan.
- Pengaruh suhu.
- Umur beton itu sendiri.

E. Kekenyalan

Beton sebenarnya bukan merupakan benda kenyal, dimana grafik deformasi (Stress Strength) beton yang telah mengeras dengan sempurna akan menunjukkan garis miring agak tegak lurus sampai mencapai tegangan kerja maksimum. Penentuan modulus kekencyalan beton biasanya dilakukan pada pembebanan maksimum 50%. Biasanya beton yang memiliki kuat tekan tinggi, memiliki angka modulus kenyal yang tinggi.

F. Rangkak

Merupakan perubahan bentuk akibat pembebanan yang terus bertambah atau kalau beban diiadakan akan berubah sebagian. Apabila beton dibebani tekanan secara tetap akan mengalami pempendekan, yaitu :

- Perpendekan yang dapat kembali semula. Perpendekan ini erat hubungannya dengan kekencyalan.

- Perpendekan yang terus bertambah atau kalau beban dibebaskan, akan berubah sebagian, perpendekan ini disebabkan oleh penurunan pori-pori dalam. Aliran dari pasta semen, pergerakan Kristal dalam agregat dan terjadinya tekanan air dari gelombang semen karena adanya tekanan. Sifat rangkai ini perlu dipertimbangkan bagi konstruksi yang terus menerus mendapat beban.

G. Penyusutan

Penyusutan yang terjadi pada beton jika mengalami kekeringan pada waktu proses pengerasan. Penyusutan pada beton terjadi :

- Penyusutan awal beton ketika masih dalam keadaan cair / plastis akibat reduksi dari volume air dengan semen mencapai 1 % dari volume absolute semen kering.
- Penyusutan kering berlanjut dari beton ketika mengeras dan menjadi kering.

H. Sifat Panas Beton

Sifat panas beton diakibatkan karena hydrasi semen oleh air, terutama pada beton yang tebal, panas terkonsentrasi dalam beton. Untuk menghindari panas yang berlebihan, maka diusahakan :

- Penggunaan semen minimum dengan memenuhi persyaratan (kekuatan tetap terpenuhi).
- Penggunaan semen type V akan mengurangi panas hydrasi.

I. Berat Beton

Berat beton terutama dipengaruhi oleh jenis agregat yang digunakan. Untuk beton bendungan yang memakai manfaat berat maka berat beton ini sangat penting. Untuk itu dipakai agregat yang menghasilkan isi beton yang besar.

2.1.2. Bahan-Bahan Penyusun Beton

Bahan campuran beton sangat menentukan baik tidaknya mutu beton yang akan dihasilkan, sehingga para peneliti harus mengadakan eksperimen untuk mendapatkan data-data yang akurat yang bias dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan untuk menentukan karakteristik serta perbandingan bahan campuran yang akan digunakan. Seperti yang diketahui bahwa bahan-bahan campuran beton antara lain :

A. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No:1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Gambar 2.1. Agregat kasar dan agregat halus



Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

a. Sifat-sifat agregat

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat adalah :

- Gradasi
- Kebersihan
- Kekerasan
- Ketahanan agregat
- Bentuk butir
- Tekstur permukaan

- Porositas
- Kemampuan untuk menyerap air
- Berat jenis, dan
- Daya kelekatan

Sifat agregat tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis batuan. Karakteristik bagian luar agregat, terutama bentuk partikel dan tekstur permukaan memegang peranan penting terhadap sifat beton segar dan yang sudah mengeras. Menurut BS 812 : Part 1:1975, bentuk partikel agregat dapat dibedakan atas :

- Rounded
- Irregular
- Flaky
- Angular
- Elongated
- Flaky & Elongated

b. Klasifikasi Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan yaitu: Agregat Halus, Agregat Kasar, Agregat Ringan dan Bahan Pengisi (Filler).

1. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam atau disintegrasi alami dengan diameter minimum 0,075 mm dan maksimum 5 mm, yang mempunyai susunan butiran yang bervariasi. Agregat halus mempunyai kadar bagian

yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Pasir dibedakan menjadi 3 yaitu :

- Pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah
- Pasir sungai yang diambil dari sungai
- Pasir laut yang diperoleh dari pantai (digunakan dengan petunjuk petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang di akui).

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci.
- Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%.
- Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - a. Tertahan ayakan 4 mm, harus minimum 2%
 - b. Tertahan ayakan 1 mm, harus berkisar 10% berat
 - c. Tertahan ayakan 0,25, harus berkisar antara 80% sampai 90%.

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry dengan ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (SK SNI T-15-1991 03).

Agregat kasar yang akan dicampurkan dalam adukan beton harus mempunyai syarat mutu yang ditetapkan. Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut DPU tahun 1982 adalah sebagai berikut :

- Syarat fisik
 - a. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari $1/5$ jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, $1/3$ tebal pelat atau $3/4$ dari jarak bersih minimum tulangan.
 - b. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudeloff tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
 - c. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tidak boleh lebih dari 27% berat.
 - d. Kadar lumpur maksimal 1%
 - e. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.
- Syarat kimia
 - a. Kekekalan terhadap Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimal 12% berat.

- b. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

B. Air

Air merupakan komponen yang penting dalam pembuatan beton karena dengan adanya air dapat terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang mengakibatkan terjadinya pengikatan dan proses pengerasan.

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi oleh reaksi antara semen dan air, sehingga air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam atau zat organik lainnya yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu.

C. Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana , definisi semen adalah bahan perekat yang bias merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu koral dan batu

bata hingga membentuk sebuah bangunan. Sedangkan pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. (Bonardo Pangaribuan, Holcim).

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Semen Non-hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis di alam. Kapur telah digunakan selama berabad-abad lamanya sebagai bahan adukan dan plesteran untuk bangunan. Hal tersebut terlihat pada piramida-piramida di Mesir yang dibangun 4500 tahun sebelum masehi. Kapur digunakan sebagai bahan pengikat selama zaman Romawi dan Yunani.

Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk tohor (belum berhubungan dengan air) dan akan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika telah berhubungan dengan air.

2. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik,

semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen Portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif.

Pada semen hidrolik mengandung kapur hidrolik, sebagian besar 65%-75% bahan kapur hidrolik terbuat dari batu gamping, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikatnya berupa silika, aluminium, magnesium dan oksida besi.

2.1.3. Jenis Pengujian Agregat Penyusun Beton

Pengujian karakteristik, dimaksudkan untuk memastikan apakah bahan yang digunakan sesuai dengan standar yang ada atau tidak.

Pengujian ini meliputi :

- a. Pemeriksaan analisa saringan (ASTM C - 33)

Tabel 2.1. Ketentuan gradasi Agregat (ASTM C – 136)

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat						
Inci (in)	Standar (mm)	Halus	Kasar			Gabungan		
			Ukuran nominal maksimum 1½ in (40 mm)	Ukuran nominal maksimum ¾ in (20 mm)	Ukuran nominal maksimum 3/8 in (10 mm)	Ukuran nominal maksimum 1 ½ in (40 mm)	Ukuran nominal maksimum ¾ in (20 mm)	Ukuran nominal maksimum 3/8 in (10 mm)
2	50,0		100	-	-	100	-	-
1½	37,5		85 – 100	100	-	95 – 100	100	-
¾	20,0		0 – 25	85 – 100	-	45 – 80	95 – 100	-
½	14,0		-	0 – 70	100	-	-	100
3/8	10,0	100	0 – 5	0 – 25	85 – 100	-	-	95 – 100
3/16	5,0	89 – 100		0 – 5	0 – 25	25 – 50	35 – 55	30 – 65
No.8	2,36	60 – 100			0 – 5	-	-	20 – 50
No.16	1,18	30 – 100				-	-	15 – 40
No.30	600µm	15 – 100				8 – 30	10 – 35	10 – 30
No.50	300 µm	5 – 70				-	-	5 – 15
No.100	150 µm	0 – 15				0 – 8*	0 – 8*	0 – 8*

Sumber : ASTM C 136

- b. Kadar lumpur sesuai dengan (ASTM C - 117)

Tabel 2.2. Ketentuan kadar lumpur (ASTM C – 117)

Jenis Agregat	Interval (%)	Keterangan
Agregat kasar	0,2% - 1%	Syarat terpenuhi
Agregat halus	0,2% - 5%	Syarat terpenuhi

Sumber : ASTM C 117

c. Kadar air sesuai dengan (ASTM C - 556)

Tabel 2.3. Ketentuan kadar air (ASTM C – 556)

Jenis Agregat	Interval (%)	Keterangan
Agregat kasar	0,5% - 2%	Syarat terpenuhi
Agregat halus	3% - 5%	Syarat terpenuhi

Sumber : ASTM C 556

d. Absorpsi sesuai dengan (ASTM C - 129)

Tabel 2.4. Ketentuan Absorpsi (ASTM C – 129)

Jenis Agregat	Interval (%)	Keterangan
Agregat kasar	0,2% - 4%	Syarat terpenuhi
Agregat halus	0,2% - 2%	Syarat terpenuhi

Sumber : ASTM C 129

e. Berat Jenis sesuai dengan (ASTM C - 128)

Tabel 2.5. Ketentuan berat jenis (ASTM C – 128)

Jenis Agregat	Interval (%)	Keterangan
Agregat kasar		
a. Bj. Nyata	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi
b. Bj. Dasar kering	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi
c. Bj. Kering permukaan	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi

Agregat halus		
a. Bj. Nyata	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi
b. Bj. Dasar kering	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi
c. Bj. Kering permukaan	1,6% - 3,2%	Syarat terpenuhi

Sumber : ASTM C 128

f. Berat isi sesuai dengan (ASTM C – 29)

Tabel 2.6. Ketentuan berat isi (ASTM C – 29)

Jenis Agregat	Interval (%)	Keterangan
Agregat kasar		
a. Kondisi Lepas	1,4% - 1,9% Kg/liter	Syarat terpenuhi
b. Kondisi Padat	1,4% - 1,9% Kg/liter	Syarat terpenuhi
Agregat halus		
c. Kondisi Lepas	1,6% - 1,9% Kg/liter	Syarat terpenuhi
d. Kondisi Padat	1,6% - 1,9% Kg/liter	Syarat terpenuhi

Sumber : ASTM C 29

2.2. Mix Design Beton Normal

Perencanaan campuran beton (mix design) menggunakan metode DOE (Department of Environment) berasal dari Inggris (The British Mix Design Method), tercantum dalam Design of Normal Concrete Mixes telah menggantikan Road Note No.4 sejak tahun 1975. Di Indonesia DOE digunakan sebagai standar perencanaan Dinas Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku standar SNI 03-2384-2000. Metode ini digunakan

karena merupakan metode yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat diantaranya penggunaan rumus dan grafik, waktu pencampuran beton pada kondisi SSD tanpa harus kering oven. Langkah metode ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

A. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c')

Penentuan kuat tekan ini disyaratkan dengan perencanaan struktural dan kondisi setempat.

B. Penetapan nilai deviasi standar (s)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaannya maka semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji sehingga dilakukan koreksi terhadap nilai standar deviasi dengan suatu faktor perkalian pada tabel 2.4 berikut ini.

Table 2.7 Faktor perkalian deviasi standar

Jumlah Data	30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1.0	1.03	1.08	1.16	Tidak boleh

Sumber : Buku petunjuk praktikum teknologi bahan universitas jember dalam M. Ainur Rofiqi, 2015

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton pada sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), maka nilai margin dapat langsung diambil 7 MPa. Penilaian tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Daftar Deviasi Standar

Indonesia				Inggris	
Isi pekerjaan	Deviasi Standar Sr (kg/cm ²)			Tingkat pekerjaan	Sr Mpa
	Satuan jumlah beton (m ³)	Baik sekali	Baik	Dapat diterima	Memuaskan Baik sekali
Kecil < 1000	45<Sr<55	55<Sr<65	65<Sr<85	Baik	4.20
Sedang 1000-3000	35<Sr<45	45<Sr<55	65<Sr<75	Cukup	5.60
Besar > 3000	25<Sr<35	35<Sr<45	45<Sr<65	Jelek Tanpa kendali	7.00 8.40

Sumber : *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

C. Perhitungan nilai tambah (margin)

Jika nilai tambah sudah ditetapkan 12, maka langsung ditetapkan kuat tekan rata-rata rencana (langkah D). Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan nilai deviasi standar dengan rumus :

$$M = k \times S$$

Dengan : $M = \text{Nilai Tambah}$

$$k = 1.34$$

$$Sd = \text{Standar Deviasi (MPa)}$$

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata rencana.

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan dapat digunakan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata.

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan.

M = nilai tambah.

Tabel 2.8. Nilai Margin jika Data tidak tersedia untuk menetapkan Deviasi Standar.

Persyaratan Kuat Tekan, f'_c , MPa	Margin (m), MPa
Kurang dari 21 MPa	7,0
21 s/d 35 MPa	8,5
Lebih dari 35 MPa	10,0

Sumber : Ketentuan umum rancang campur menurut SNI 03-2847-2013

E. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.

Jenis atau type semen yang dipakai harus dinyatakan dalam design campuran beton. Umumnya semen type I dan III yang banyak dipakai yaitu semen cepat mengeras (pengikatan awal rendah). Type semen ada lima yaitu : semen type I, II, III, IV, dan V.

Hubungan type semen, kuat tekan, umur beton dan jenis agregat dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.9 Perkiraan Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.50

Type semen	Jenis agregat kasar	Kuat tekan pada umur (hari) kg/cm ²			
		3	7	28	91
Semen Portland	Alami	200	280	400	480

type I	Batu pecah	300	320	450	540
Semen Portland	Alami	250	340	460	530
type III	Batu pecah	300	400	530	600

Sumber : *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

F. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar.

Penetapan jenis agregat yang akan digunakan apakah menggunakan pasir alam dan kerikil alam, atau pasir alam dan batu pecah, karena hal ini mempengaruhi kekuatan dan kadar air bebas sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.10 Type Agregat Dan Perkiraan Kadar Air Bebas

Slump (mm)		0 – 10	10 - 30	30 - 60	60 – 180
V.B (det)		12	6 - 12	3 - 6	0 – 3
Ukuran maks. Agregat (mm)	Jenis agregat	Kadar air bebas dalam (kg / m ³)			
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	100	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

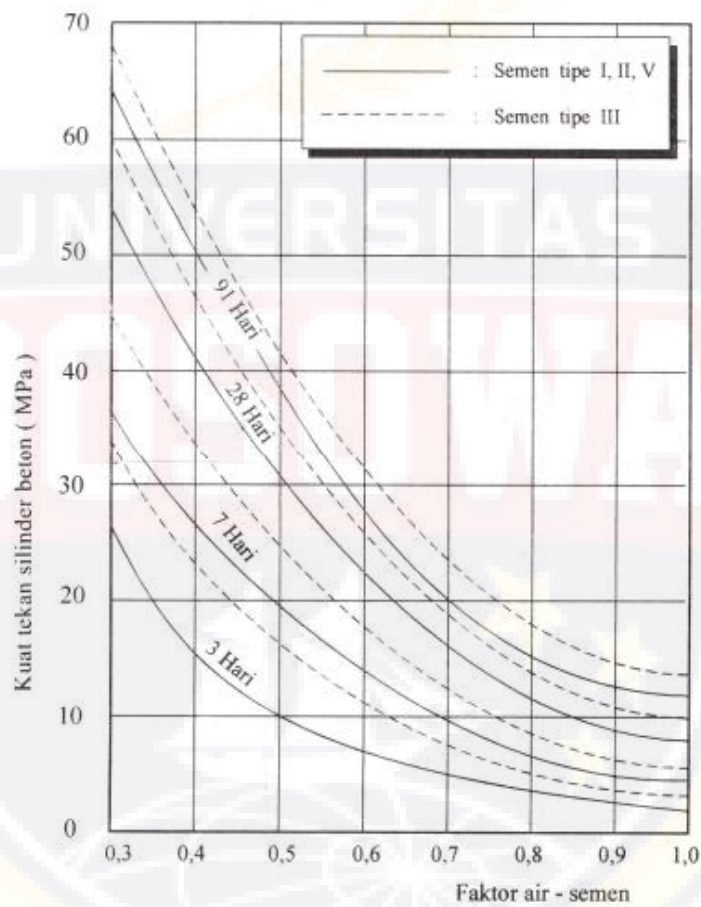
Sumber : *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

G. Menetapkan faktor air semen.

- Menetapkan FAS berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata selinder/kubus dengan umur rencana.

- Menetapkan berdasarkan jenis semen dan agregat yang digunakan dan kuat tekan rata-rata pada umur yang direncanakan.

Grafik 2.1. Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas dalam rancangan campuran)



Sumber : Ketentuan umum rancang campuran menurut SNI 03-2847-2002

H. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Jika nilai FAS maksimum lebih rendah dari nilai FAS sebelumnya (langkah G) maka nilai yang diambil adalah FAS maksimum.

I. Penetapan kadar air bebas

Penetapan besar kadar air bebas (air yang diluar air jenuh) ditetapkan berdasarkan nilai slump yang dipilih, ukuran maksimum agregat, dan type agregat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.6.

Apabila digunakan jenis agregat halus dan agregat kasar yang berbeda (alami dan batu pecah), maka perkiraan kebutuhan jumlah air per- m^3 beton harus disesuaikan menggunakan persamaan berikut:

$$A = (0,67 \times A.h) + (0,33 \times A.k)$$

Dimana : A = Perkiraan air per- m^3 beton

A.h = Kebutuhan air berdasarkan jenis agregat halus

A.k = Kebutuhan air berdasarkan jenis agregat kasar

J. Penetapan nilai slump

Untuk menetapkan nilai slump memerlukan pengalaman pelaksanaan beton, tetapi untuk ancang-ancang slump dapat dijadikan patokan seperti pada tabel penetapan nilai slump tergantung dari :

- Cara pengangkutan (belt conveyer, pompa, manual, gerobak, dan lain-lain).
- Cara pengecoran atau penuangan pada acuan.
- Cara pemadatan atau penggetaran (alat getar / triller, hand vibrator).
- Jenis atau tujuan struktur.

K. Penetapan kadar semen (kg / m^3) beton.

Penetapan kadar semen perlu per m³ beton (kg / m³) digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}}$$

L. Penetapan perkiraan berat jenis spesifik gabungan.

Perkiraan berat jenis gabungan agregat kasar dan agregat halus dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$B_{js} \text{ gabungan} = a\% \times B_{j} \text{ Spesifik pasir} + b\% \times B_{j} \text{ Spesifik kerikil}$$

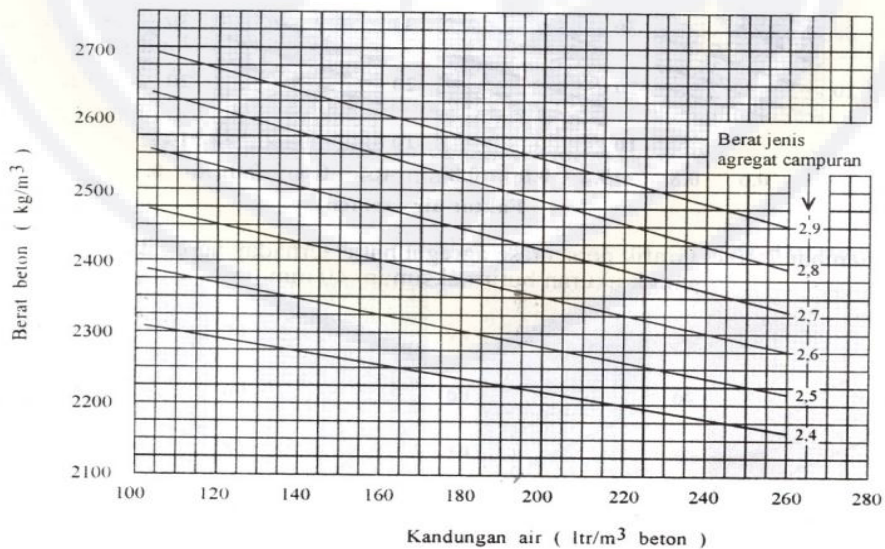
Dimana = a% = persentase penggabungan agregat halus terbaik

= b% = persentase penggabungan agregat kasar terbaik

M. Penentuan berat volume beton segar (basah).

Menentukan berat volume beton segar berdasarkan hasil perhitungan berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air per-m³ beton dengan grafik.

Grafik 2.2. Hubungan Kandungan air, Berat jenis campuran dan Berat beton.



Sumber : Ketentuan umum rancang campur menurut SNI 03-2847-2002

N. Penetapan proporsi agregat.

$$\text{Berat agregat halus } A = a\% \times (D - W_s - W_a)$$

$$\text{Berat agregat kasar } B = b\% \times (D - W_s - W_a)$$

Dimana : $a\%$ = Persentase penggabungan agregat halus

$B\%$ = Persentase penggabungan agregat kasar

D = Berat volume beton basah (kg/m^3)

W_s = Kadar semen (kg/m^3) beton

W_a = Kadar air bebas (kg/m^3) beton

O. Hasil rancangan campuran beton teoritis (bahan kondisi SSD).

Campuran beton teoritis adalah porsi campuran dimana agregat masih dalam kondisi SSD (masih sulit untuk pelaksanaan dilapangan)

yaitu :

Air = W_a (kg/m^3) beton

Semen = W_s (kg/m^3) beton

Pasir = A (kg/m^3) beton

Kerikil = B (kg/m^3) beton

Berat komponen beton teoritis adalah berat kondisi SSD (agregat kondisi jenuh air / kering permukaan), jadi masih perlu diperbaiki (dikoreksi) terhadap kondisi agregat lapangan saat mau dilaksanakan pengecoran.

P. Koreksi campuran beton.

Untuk penyesuaian takaran berat agregat sesuai kondisinya pada saat akan dicampur, maka perlu dikoreksi agar pengambilan agregat untuk dicampur dapat langsung diambil. Dimaksudkan koreksi tersebut adalah koreksi terhadap kadar air sesaat agregat (kondisi agregat tidak selamanya SSD seperti pada hasil campuran teoritis.

Koreksi campuran beton ada dua macam sebagai berikut :

- Koreksi secara eksak (rasional)

Uraian rumus :

BK = berat kering mutlak (oven)

BL = berat lapangan (sesuai kondisi agregat)

W% = kadar air agregat (sesuai kondisi agregat)

R% = resapan agregat (terhadap berat kering)

Uraian rumus koreksi cara eksak (berdasarkan definisi persen resapan air dan persen kadar air) :

$$\begin{aligned} BL &= BK + W\% \times BL \rightarrow BL - (W\% \times BL) = BK \\ (1 - W\%) \times BL &= BK \\ \rightarrow BL &= \frac{BK}{1 - W\%} \dots\dots\dots a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BK &= SSD - R\% \times BK \rightarrow BK + R\% \times BK = BSSD \\ (1 + R\%) \times BK &= BSSD \\ \rightarrow BK &= \frac{BSSD}{(1 + R\%)} \dots\dots\dots b) \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (a) dan (b) diperoleh :

$$\rightarrow BL = \frac{BSSD}{(1+R\%) \times (1-W\%)}$$

.dengan memakai index p untuk pasir dan index k untuk kerikil
maka diperoleh rumusan koreksi secara eksak sebagai berikut :

Berat koreksi pasir (p)

$$BLp = \frac{BSSDp}{(1+Rp\%) \times (1-Wp\%)} \text{ (kg/m}^3\text{) beton}$$

Berat koreksi kerikil (k)

$$BLk = \frac{BSSDk}{(1+Rk\%) \times (1-Wk\%)} \text{ (kg/m}^3\text{) beton}$$

Sehingga berat komponen beton setelah dikoreksi (kg/m³)

beton:

Semen = Ws

Pasir = BLp

Kerikil = BLk

Air = Kadar air bebas + (A – BLp) + (B – BLk)

Berat komponen diatas merupakan takaran berat, untuk pelaksanaan dilapangan dan dengan masing-masing berat volumenya akan diperoleh takaran volume.

- Koreksi cara pendekatan (estimate)

Koreksi ini berdasarkan nilai pendekatan (estimate), karena pengertian definisi resapan dan kadar air berorientasi berat lapangan.

Koreksi tersebut adalah :

Semen = Ws (kg/m³) beton

Pasir = $BL_p = A - (Rp\% - Wp\%) \times A/100$ (kg/m³) beton

Kerikil = $BL_k = B - (Rk\% - Wk\%) \times B/100$ (kg/m³) beton

Air = kadar air bebas + $(A - BL_p) + (BL_k)$ (kg/m³) beton

Dalam hal ini A dan B merupakan berat SSD dari pasir dan kerikil.

2.3. Nilai Slump

Nilai slump digunakan untuk mengukur tingkat kelecekan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (workability). Semakin besar nilai slump, maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan.

Sebaliknya semakin kecil nilai slump, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan.

Tabel 2.11. Penetapan nilai slump adukan beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi, pondasi telapak bertulang	12.5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah tanah	9	2.5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7.5
Perkerasan jalan	7.5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7.5	2.5

Sumber : Ketentuan umum rancang campur SNI 03-2847-2002

2.4. Beton Geopolimer

Beton Geopolimer adalah beton yang merupakan material ramah lingkungan yang biasa dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa mendatang, sebagai terobosan baru, kini berhasil ditemukan jenis material beton baru “Geopolimer” yang konon lebih ramah lingkungan. Karena, material ini tersusun dari sintesa bahan-bahan alam non organik melalui proses polimerisasi.

Bahan dasar utama pembuatan beton geopolimer, adalah bahan yang banyak mengandung silikon dan alumunium. Unsur-unsur ini, diantaranya banyak terdapat pada material buangan hasil sampingan industri, seperti abu terbang (fly ash) sisa pembakaran batu bara.

Proses pembuatan beton geopolymer tidak terlalu memerlukan energi. Dengan pemanasan lebih kurang 60° C selama satu hari penuh sudah dapat dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi. Karenanya, pembuatan beton geopolymer mampu menurunkan emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh proses produksi semen hingga tinggal 20 persen saja.

Beton geopolimer sendiri yaitu sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesiskan dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (fly ash) abu sekam padi (risk husk ash) dan lain – lain, yang banyak mengandung silicon dan aluminium (Davidovits, 1997) Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi

pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Peranan unsur silikat dan aluminium sangat penting dalam proses polimerisasi. Hal ini ditunjukkan dalam bentuk rasio perbandingan Si/Al, semakin besar rasio Si/Al karakter polimer semakin terbentuk kuat.

2.4.1. Sifat-Sifat Beton Geopolimer

Beton geopolimer memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Pada beton segar (fresh concrete)
 - Memiliki waktu setting 10 jam pada suhu -20°C , dan mencapai 7 – 60 menit pada suhu 20°C .
 - Penyusutan selama setting kurang dari 0.05%.
 - Kehilangan masa dari beton basah menjadi beton kering kurang dari 0.1%.
- b. Pada beton keras (hardened concrete)
 - Memiliki kuat tarik sebesar 10-15 Mpa pada umur 28hari.
 - Memiliki water absorption kurang dari 3%.

2.4.2. Bahan-Bahan Penyusun Beton Geopolimer

Seperti halnya pada beton normal atau beton biasa, beton geopolimer juga mempunyai bahan penyusun sehingga bisa menjadi sebuah beton yang layak digunakan, tetapi beton geopolimer memiliki perbedaan dari beton normal, yang terletak pada bahan perekat beton

geopolimer. Dimana beton geopolimer menggunakan bahan perekat yaitu : Fly Ash dan Activator (NaOH dan Na_2SiO_3),

A. Fly ash

Fly ash (abu terbang) adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut bottom ash. Dalam dunia industri, fly ash biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batubara.

Fly ash umumnya ditangkap oleh electrostatic precipitators atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan bottom ash dihapus dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai abu batubara. Tergantung pada sumber dan makeup dari batubara yang dibakar, komponen fly ash bervariasi, tetapi semua fly ash termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak batubara-bantalan lapisan batuan.

Fly-ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Fly-ash atau abu terbang di kenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi

secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Tabel 2.12 kandungan kimia fly ash (abu terbang).

Senyawa	Abu dasar %	Abu terbang %
Al ₂ O ₃	24,0	30,8
CaO	2,7	4,0
Fe ₂ O ₃	5,5	4,6
K ₂ O	0,17	0,18
MgO	1,3	1,9
Na ₂ O	1,0	1,3
P ₂ O ₅	-	-
SO ₃	0,18	0,23
SiO ₂	63,4	54,0
TiO ₂	-	-
Fe + Si + Al	92,9	89,4
CaO bebas	<0,06	<0,06
Kand. Silika	-	53,4
LOI	0,68	<0,5
D50	-	15,5 (µm)
D90	-	67,9 (µm)

sumber : PLTU PT. Semen Tonasa

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa, fly-ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan specific gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses pozzolanic dari fly-ash mirip dengan bahan pozzolan lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (fly-ash) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. Fly-ash dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bitomius dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari

batubara jenis lignite atau subbitumes. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung zat kimia SiO_2 sampai dengan dengan 70%.

Tingkat pemanfaatan abu terbang dalam produksi semen saat ini masih tergolong amat rendah. Cina memanfaatkan sekitar 15 persen, India kurang dari lima persen, untuk memanfaatkan abu terbang dalam pembuatan beton. Abu terbang ini sendiri, kalau tidak dimanfaatkan juga bisa menjadi ancaman bagi lingkungan. Karenanya dapat dikatakan, pemanfaatan abu terbang akan mendatangkan efek ganda pada tindak penyelamatan lingkungan, yaitu penggunaan abu terbang akan memangkas dampak negatif kalau bahan sisa ini dibuang begitu saja dan sekaligus mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton.

Sebagian besar abu terbang yang digunakan dalam beton adalah abu kalsium rendah (kelas "F" ASTM) yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau batu bara bituminous. Abu terbang ini memiliki sedikit atau tida ada sifat semen tetapi dalam bentuk yang halus dan kehadiran kelambaban, akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidrosida pada suhu biasa untuk membentuk bahan yang memiliki sifat-sifat penyemenan. Abu terbang kalsium tinggi (kelas ASTM) dihasilkan dari pembakaran lignit atau bagian batu bara bituminous, yang memiliki sifat-sifat penyemenan di samping sifat-sifat pozolan.

Hasil pengujian yang dilakukan oleh Poon dan kawan-kawan, memperlihatkan dua pengaruh abu terbang di dalam beton, yaitu sebagai

agregat halus dan sebagai pozzolan. Selain itu abu terbang di dalam beton menyumbang kekuatan yang lebih baik dibanding pada pasta abu terbang dalam komposisi yang sama. Ini diperkirakan lekatan antara permukaan pasta dan agregat di dalam beton. More dan kawan-kawan, Mendapatkan workabilitas meningkat ketika sebagian semen diganti oleh abu terbang.

Beton yang mengandung 10 persen abu terbang memperlihatkan kekuatan awal lebih tinggi yang diikuti perkembangan yang signifikan kekuatan selanjutnya. Kekuatan meningkat 20 persen dibanding beton tanpa abu terbang. Penambahan abu terbang menghasilkan peningkatan kekuatan tarik langsung dan modulus elastis. Kontribusi abu terbang terhadap kekuatan di dapati sangat tergantung kepada faktor air-semen, jenis semen dan kualitas abu terbang itu sendiri.

Dalam suatu kajian, abu terbang termasuk ke dalam kategori kelas F dengan kandungan CaO_2 rendah sebesar 1,37 persen lebih kecil daripada 10 persen yang menjadi persyaratan minimum kelas C. Namun demikian kandungan SiO_2 cukup tinggi yaitu 57,30 persen.

Abu terbang ini, selain memenuhi kriteria sebagai bahan yang memiliki sifat pozzolan, abu terbang juga memiliki sifat-sifat fisik yang baik, yaitu jari-jari pori rata-rata 0,16 mili mikron, ukuran median 14,83 mili-mikron, dan luas permukaan spesifik 78,8 m^2/gram . Sifat-sifat tersebut dihasilkan dengan menggunakan uji Porosimeter.

- Kalsifikasi kelas Abu terbang

a. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari **pembakaran anthracite atau bitumen batubara (bitumminous).**

Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.

Kadar CaO < 10% (ASTM 20%, CSA 8%)

Kadar karbon (C) berkisar antara 5% -10%

Fly ash kelas F disebut juga **low-calcium fly ash**, yang tidak mempunyai sifat cementitious dan hanya bersifat pozolanic

b. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari **pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda / sub-bitumminous).**

Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.

Kadar CaO \geq 10% (ASTM 20%, CSA menetapkan angka 8-20% untuk tipe CI dan di atas 20% untuk CH)

Kadar karbon (C) sekitar 2%

Fly ash kelas C disebut juga **high-calcium fly ash**

Karena kandungan CaO yang cukup tinggi, fly ash tipe C mempunyai sifat cementitious selain juga sifat pozolan.

Oleh karena fly ash tipe C mengandung kadar CaO yang cukup tinggi dan mempunyai sifat cementitious, jika terkena air atau kelembaban, akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Tabel 2.13 klasifikasi fly ash menurut kelasnya,

Unsur	Kandungan (%b/b)			
	Kelas F Fe rendah	Kelas F Fe tinggi	Kelas C CaO tinggi	Sedang/ intermediet
SiO ₂	45 – 57	42 – 54	25 – 42	46 – 59
Al ₂ O ₃	18 – 29	16,5- 24	15 – 21	14 – 22
Fe ₂ O ₃	6 – 16	16 – 24	5 – 10	5 – 13
CaO	1,8 – 5,5	1,3 – 3,8	17 – 32	8 – 16
MgO	0,7 – 2,1	0,3 – 1,2	4 – 12	3,2 – 4,9
K ₂ O	1,9 – 2,8	2,1 – 2,7	0,3 – 1,2	0,6 – 1,1
Na ₂ O	0,2 – 1,1	0,2 – 0,9	0,8 – 6,0	1,3 – 2,5
SO ₃	0,4 – 2,9	0,5 – 1,8	0,4 – 5,0	0,4 – 2,5
LOI	0,6 – 2,9	1,2 – 5,0	0,1 – 0,1	0,1 – 2,3
TiO ₂	0,6 – 4,8	1 – 1,5	< 1	< 1
PbO ₂			114 ppm	
Ar (arsenik)			286 ppm	
Cr kromium)			218 ppm	
Cu (tembaga)			185 ppm	
Zn (seng)			254 ppm	

Sumber : ASTM C 618 - 96

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa abu terbang memiliki porositas rendah dan pertikelnya halus. Bentuk partikel abu terbang adalah bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk

workabilitas, karena akan mengurangi permintaan air atau superplastiscizer.

B. Aktivator

Aktivator adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai bahan campuran untuk membuat bahan perekat atau mengikat. Adapun activator yang digunakan sebagai berikut :

1. NaOH (Natrium Hidroksida)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik alkali dan, adalah dasar logam kaustik. Hal ini digunakan dibanyak industri, terutama sebagai basis kimia yang kuat dalam pembuatan pulp dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen.

Natrium hidroksida murni adalah peadatan putih yang tersedia dipelet, serpih, butiran, dan sebagai larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida mudah menyerap karbon dioksida dari udara, sehingga harus disimpan dalam wadah kedap udara.

Natrium hidroksida didominasi ion, mengandung kation dan anion. Natrium hidroksida membuat dasar yang kuat bereaksi dengan asam sehingga membentuk air dan garam yang sesuai.

2. Na₂SiO₃ (Sodium Silikat)

Sodium Silikat merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang sering digunakan dalam industri kimia. Sodium silikat terdapat dalam dua bentuk, yaitu padatan dan larutan dimana untuk campuran beton lebih banyak digunakan dalam bentuk larutan.

Sodium silikat atau yang lebih dikenal dengan nama water glass pada mulanya digunakan dalam campuran pembuatan sabun. Dalam perkembangannya, sodium silikat dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk bahan campuran semen, pengikat keramik, coating, campuran cat serta dalam beberapa keperluan industri, seperti kertas, tekstil, dan serat.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa sodium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran dalam beton. (Hartono & Sutanto, 2005 (dalam Andoyo, 2006)).

2.5. Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan tingkat atau derajat kekuatan suatu material terhadap gaya tekan dari luar yang membebaninya. Kuat tekan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A}$$

Dimana :

$F'c$ = Kuat tekan (MPa)

P_{maks} = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (mm^2)

Laju kenaikan kuat tekan beton geopolimer kemungkinan akan bertambah seiring dengan umur beton geopolimer yang semakin bertambah. Hal ini terjadi karena Calcium Silikat Hidrat (CSH) yang

dihasilkan melalui reaksi pozzolanik akan bertambah keras dan kuat seiring berjalannya waktu.

2.5.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan

A. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Berfungsi memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan terjadinya pengerasan, sebagai pelican campuran kerikil, pasir dan semen dalam mempermudah pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

B. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut.

C. Jenis dan kualitas semen

Ada berbagai jenis semen yang dapat digunakan dalam pembuatan beton, misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya 24 jam sama dengan semen portland biasa pada umur 28 hari.

D. Jenis dan lekuk bidang permukaan agregat

Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan batu koral dari sungai.

Tegangan dimana retak terbentuk sebagian besar tergantung pada sifat agregat kasar. Kerikil yang licin menimbulkan tegangan yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah yang kasar dan bersudut karena lekatan mekanis dipengaruhi oleh sifat-sifat permukaan dan bentuk agregat kasar.

E. Perawatan (curing)

Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat beton yang akan dihasilkan, terutama dari segi kekuatannya ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan pada proses curing.

2.6. Penelitian Terdahulu

Loli Siti Khadijah Lubis 2004, dalam tesis yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton” melakukan penelitian terhadap beton. Proporsi campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa campuran dengan pengurangan 20% menjadi kadar optimum dalam peningkatan kuat tekan.

Lydia Wanty Maya 2012, dalam skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Biopozzolan Abu Sekam Padi Sebagai Fly Ash Dalam Pembuatan Semen Untuk Meningkatkan Kualitas Fisis Mortar” melakukan penelitian terhadap pembuatan semen. Dengan proporsi abu sekam padi sebanyak 0%, 10%,

12.5%, 15%, 17.5%, dan 20% dari keseluruhan baham pembuatan semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 17.5% kedalam proporsi bahan semen dapat meningkatkan kuat tekan mortar. Pengujian kuat tekan mortar dengan penambahan 10% abu sekam padi yang direndam dalam larutan $MgSO_4$ pada hari ke 7 dan ke 28 tidak memenuhi standar SNI.

Maria dan Chris 2012, dalam skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dengan Treatment Hcl Sebagai Pengganti Semen Dalam Pembuatan Beton” melakukan penelitian terhadap beton dengan menambahkan abu sekam padi dengan atau tanpa Alkali Treatment dalam campuran beton. Penelitian ini menghasilkan beton pozzolanic yang memiliki kuat tekan yang cukup baik dengan mutu > 25 Mpa.

Bernadus Henri Efendi, 2014 dalam skripsi yang berjudul “Pengaruh Komposisi Solid Material Abu Terbang Dan Abu Sekam Padi Pada Beton Geopolimer Dengan Alkaline Activator Sodium Silikat Dan Sodium Hidroksida” melakukan penelitian terhadap beton geopolimer. Dengan melakukan variasi terhadap solid material (Fly Ash dan Abu Sekam Padi) dengan variasi perbandingan 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 dengan penambahan alkalin aktivator berupa Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida. Pada penelitian ini beton geopolimer dengan proporsi Fly Ash sebesar 100% menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 21,20305 MPa pada umur 28 hari dan dapat digunakan sebagai beton structural apabila pengerjaannya dilakukan dengan benar.

Ginanjar Bagus Prasetyo, Suhendro Trinugroho, Dan Mochamad Solikin., 2015, dengan judul “Tinjauan Kuat Tekan Beton *Geopolymer* Dengan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen” beton yang tersusun oleh agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland (SP) merupakan material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur. Pada saat proses memproduksi semen, terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO₂) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi yang dapat merusak lingkungan atau biasa disebut efek rumah kaca.

Guna mengatasi efek buruk tersebut maka perlu dicari material lain sebagai bahan pengganti semen. Beton *geopolymer* merupakan salah satu beton alternatif dibuat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat, dan sebagai gantinya digunakan abu terbang (*fly ash*) yang kaya akan silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan cairan alkaline aktivator untuk menghasilkan bahan pengikat (*binder*). Alkaline Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah Na₂SiO₃ (sodium silikat) dan NaOH (sodium hidroksida) konsentrasi 10M. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap benda uji berbentuk kubus 15x15x15 cm³ sebanyak 45 benda uji.

Variasi aktivator 1:2, 2:2, 3:2, 4:2 dan 5:2, sedangkan variasi penggunaan agregat dan *binder* (*fly ash* dan aktivator) adalah 75% : 25%, 70% : 30% dan 65% : 35%. *Curing* yang dipakai dengan cara didiamkan dalam suhu ruangan. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

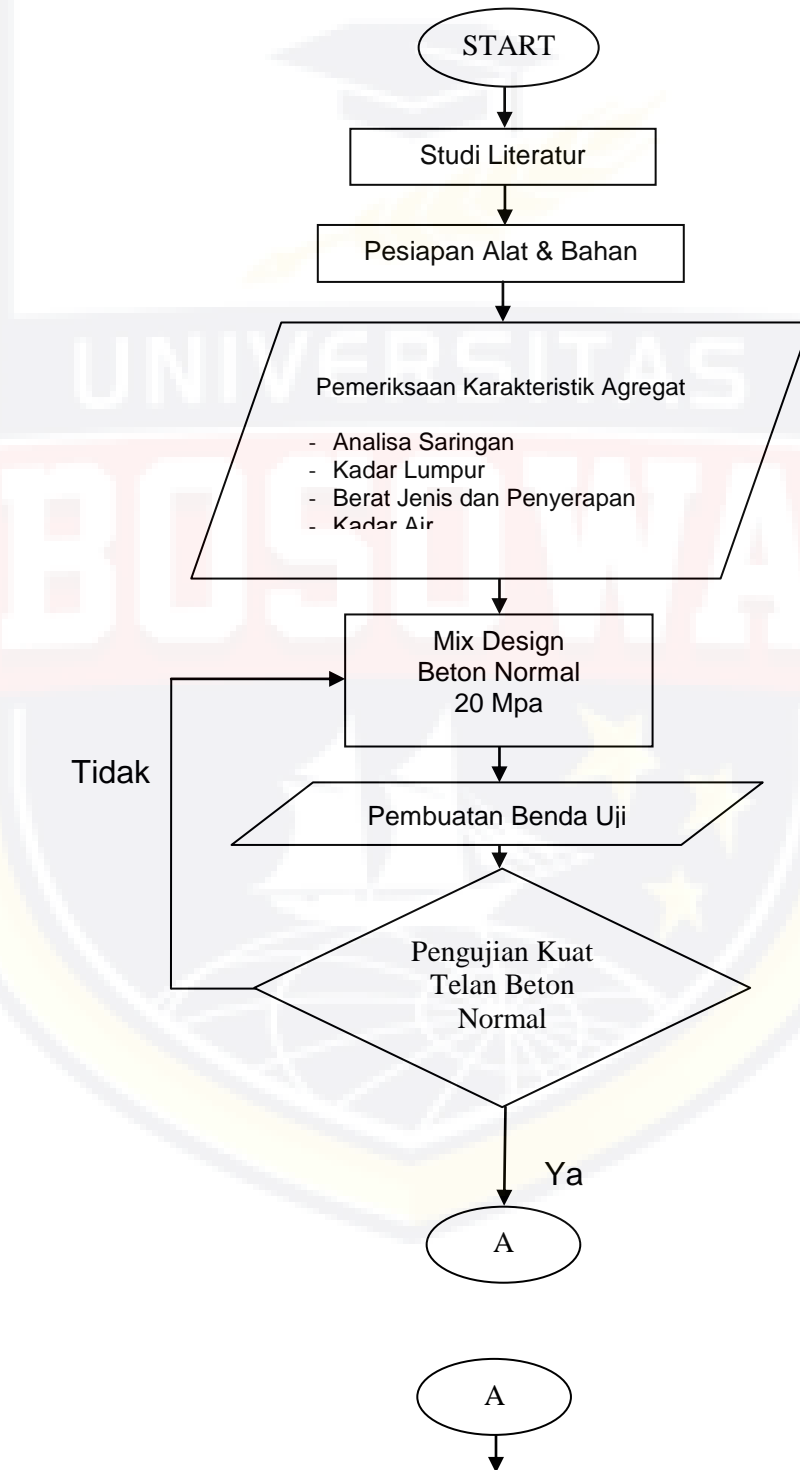
Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton *geopolymer* terhadap perbandingan aktivator. Untuk beton *geopolymer* 75 : 25, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar 135,407 kg/cm². Untuk beton *geopolymer* 70 : 30, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar 141,037 kg/cm². Dan untuk beton *geopolymer* 65 : 35, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 4:2$ sebesar 98,593 kg/cm².

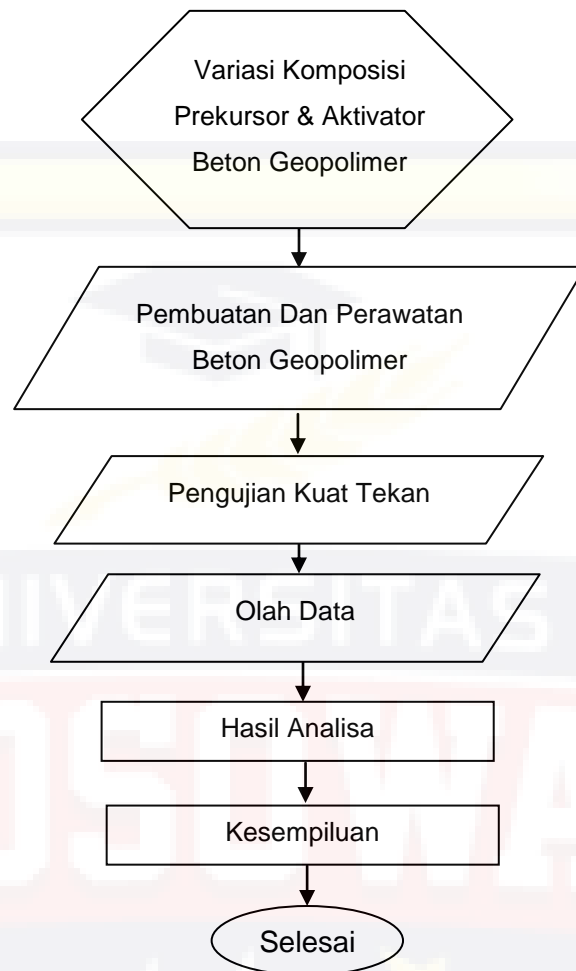
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi perbandingan aktivator $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ yang digunakan dalam campuran beton, maka terdapat kecenderungan semakin tingginya kuat tekan yang dihasilkan oleh masing – masing beton.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian





3.2. Metode Pengujian

3.2.1. Pengujian Karakteristik Agregat

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 3.1 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 3.2 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

3.3. Penentuan Mix Design Beton Normal f'c 20 Mpa

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 . Berikut adalah langkah – langkah desain campuran secara garis besarnya :

- A. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c').
- B. Penetapan nilai deviasi standar (s).
- C. Perhitungan nilai tambah (margin).
- D. Menetapkan kuat tekan rata-rata rencana.
- E. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.
- F. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar.
- G. Menetapkan faktor air semen.
- H. Menetapkan faktor air semen maksimum.
- I. Penetapan kadar air bebas.
- J. Penetapan nilai slump
- K. Penetapan kadar semen (kg / m^3) beton.
- L. Penetapan perkiraan berat jenis spesifik gabungan.
- M. Penentuan berat volume beton segar (basah).
- N. Penetapan berat total agregat.
- O. Penetapan proporsi agregat.
- P. Hasil rancangan campuran beton teoritis (bahan kondisi SSD)
Sebelum koreksi
- Q. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan.
- R. Hasil rancangan campuran beton teoritis sesudah dikoreksi.
- S. Perhitungan volume benda uji (silinder 15 x 30 cm).
- T. Penyajian hasil perhitungan mix design beton normal.

3.4. Variabel Penelitian

3.4.1. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variable yang sifatnya mutlak atau tetap. Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi :

- Komposisi agregat kasar dan agregat halus.
- Perbandingan activator ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$)

3.4.2. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang sifatnya tidak terikat atau dapat diubah sesuai perencanaan. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi :

- Prekursor (fly ash) terhadap aktivator

3.3. Notasi Sampel

Tabel 3.2. Notasi Sampel Beton Geopolimer

No.	Nama Benda uji	Fly Ash : Aktivator (Berat)	Aktivator $\text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SiO}_3$ (Berat)	Jumlah Benda uji	Umur (Hari)
1.	GP 1	2 : 1	1 : 2,5	3	28
2.	GP 2	1,5 : 1	1 : 2,5	3	28
3.	GP 3	1 : 1	1 : 2,5	3	28
4.	GP 4	1 : 1,5	1 : 2,5	3	28

Sumber : Rencana penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. 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). Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. untuk agregat halus dan Tabel 4.2 untuk agregat kasar yaitu sebagai berikut:

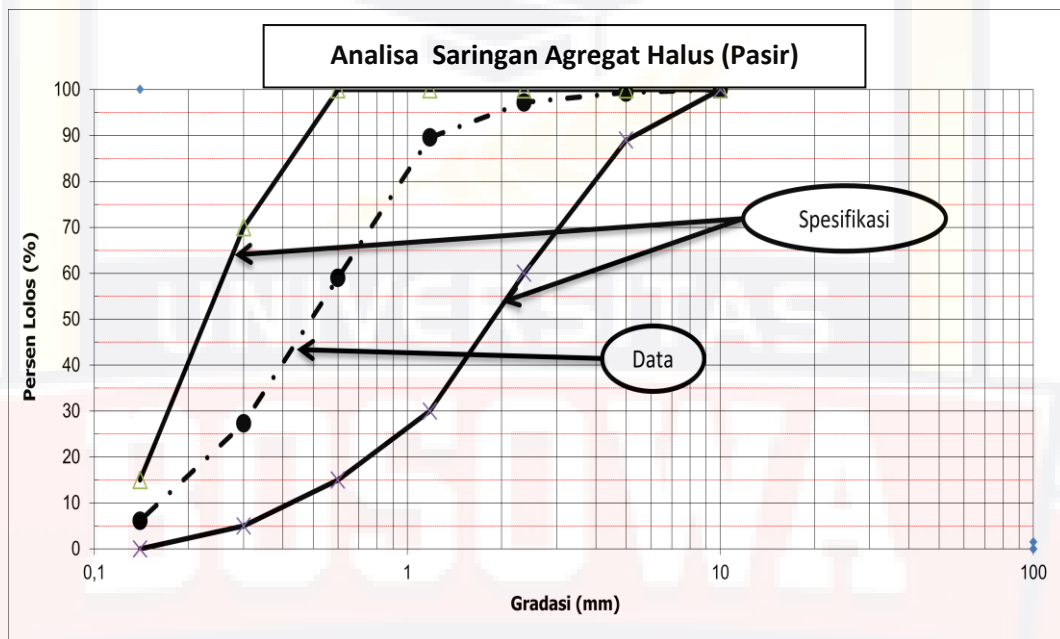
Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
1	Analisa Saringan	Lihat Tabel	Lihat Grafik 4.1	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	1.6 – 3.3	2.79	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.3	2.84	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	1.6 – 3.3	2.93	Memenuhi
3	Berat isi			
	a. Lepas	1.4 – 1.9	1.413	Memenuhi
	b. Padat	1.4 – 1.9	1.450	Memenuhi
3	Penyerapan	0.2% – 2%	1.75	Memenuhi
4	Kadar Air	3 – 5	4.32	Memenuhi

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
5	Kadar Lumpur	0.2 – 6	4.02	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.1. Analisa saringan agregat halus (Pasir)



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

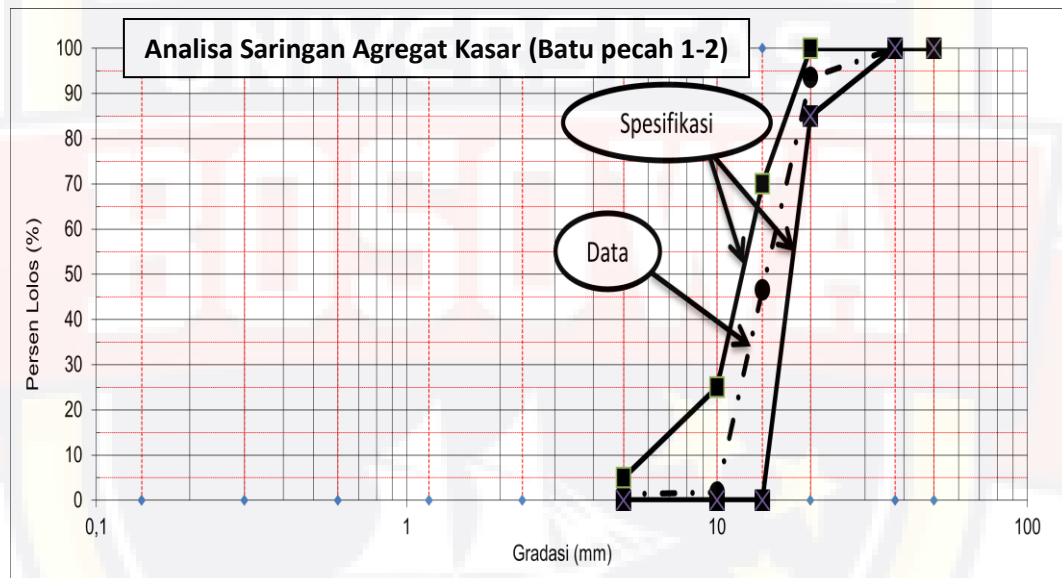
Tabel. 4.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 1-2)

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
1	Analisa Saringan	Lihat Tabel	Lihat Grafik 4.2	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	1.6 – 3.3	2.57	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.3	2.62	Memenuhi
	Berat Jenis Semu	1.6 – 3.3	2.70	Memenuhi
3	Penyerapan	0.2% - 4%	1.93	Memenuhi
4	Kadar Air	0.5% - 2%	0.55	Memenuhi

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
5	Berat Isi			
	a. Lepas	1.6 – 1.9	1.603	Memenuhi
	b. Paadat	1.6 – 1.9	1.614	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	0.82	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.2. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 1-2)



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

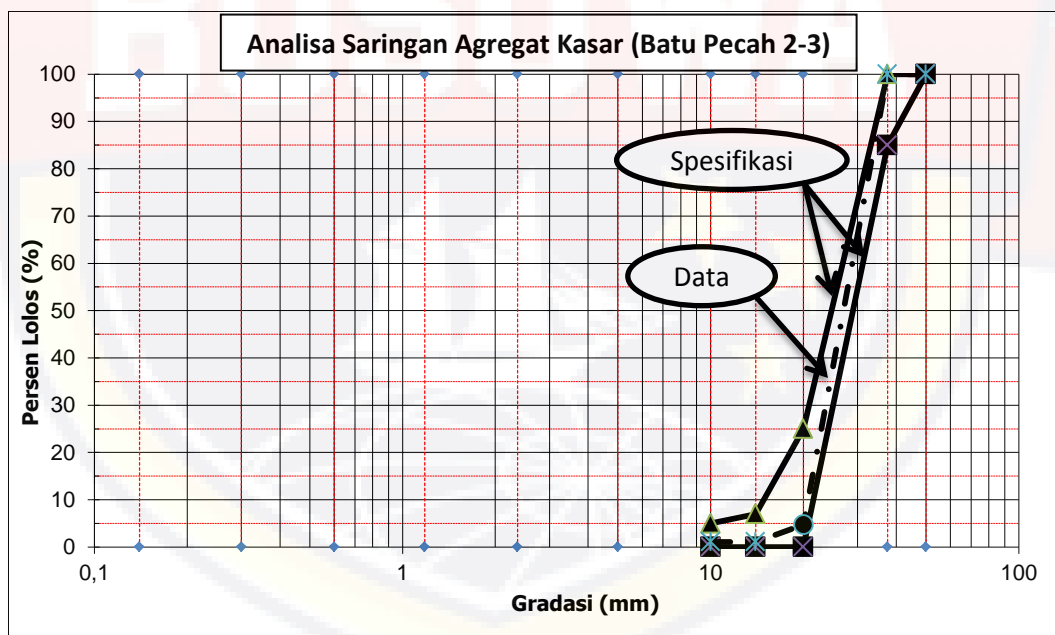
Tabel 4.3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 2-3)

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
1	Analisa Saringan	Lihat Tabel	Lihat Grafik 4.3	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	1.6 – 3.3	2.56	Memenuhi
	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.3	2.60	Memenuhi

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Penelitian	Keterangan
	Berat Jenis Semu	1.6 – 3.3	2.68	Memenuhi
3	Penyerapan	0.2% - 4%	1.82	Memenuhi
4	Kadar Air	0.5% - 2%	0.55	Memenuhi
5	Berat isi			
	a. Lepas	1.6 – 1.9	1.603	Memenuhi
	b. Padat	1.6 – 1.9	1.630	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	0.82	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.3. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 2-3)



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Dari tabel diatas menunjukan semua karakteristik dari agregat kasar dan agregat halus memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini berarti

agregat kasar dan agregat halus tersebut baik dijadikan bahan dalam pembuatan campuran beton.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

4.2.1. Perencanaan Campuran Beton Normal

Perencanaan campuran beton dilaksanakan dengan menggunakan metode DOE (Department of Environment). Adapun hasil perencanaan campuran beton dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3. Data hasil perhitungan mix design beton normal 20 Mpa

Nilai Slump	7 ± 2 cm
Kuat tekan yang disyaratkan	20 MPa
Deviasi standar	-
Nilai tambah (margin)	7,00
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	27 MPa
Faktor air semen bebas (Fas)	0,53
Faktor air semen maksimum	0,60
Kadar air bebas	185 kg/m ³
Kadar semen maksimum	349 kg/m ³
Kadar semen minimum	275 kg/m ³
Berat isi beton	2435
Berat agregat gabungan	1900,94 kg/m ³
Berat agregat halus (pasir)	682,43 kg/m ³
Berat agregat kasar (batu pecah 2-3)	749,88 kg/m ³
Berat agregat kasar (batu pecah 1-2)	468,68 kg/m ³
Berat jenis gabungan	2,70 kg/m ³

Sumber : Hasil perhitungan Mix design $f'c = 20$ Mpa.

- Perhitungan volume benda uji (silinder 15 x 30 cm).

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30 \text{ m}$$

$$V = 0,00530 \text{ m}^3$$

- Perhitungan untuk 1 benda uji
 - $V = 0,0053 \text{ m}^3 \times 1 \times 1,2$ (faktor kehilangan)
 - $V = 0,0064 \text{ m}^3$
- Hasil perhitungan mix design beton normal untuk 20 benda uji

Tabel 4.4 Data perhitungan mix design

Bahan Beton	Berat /M ³ Beton (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Untuk 1 Sampel (kg)	Berat Untuk 20 Sampel (kg)
Air	184,95	0,0064	1,18	23,53
Semen	349,06	0,0064	2,22	44,39
Pasir	682,43	0,0064	4,34	86,80
B. Pecah 2-3	749,88	0,0064	4,77	95,40
B. Pecah 1-2	468,68	0,0064	2,98	59,60

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.2. Perencanaan Campuran Beton Geopolimer

Komposisi bahan campuran beton geopolimer dilakukan pendekatan perbandingan berat semen pada beton normal. Komposisi beton agropolimer dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.5 Komposisi campuran beton geopolimer 1 silinder

Kode Sampel	Fly Ash (Kg)	Aktivator (Kg)		Pasir (Kg)	Batu Pecah (Kg)		Air (Kg)	Jumlah Benda Uji
		NaOH	Na ₂ SiO ₃		1-2	2-3		
Gp-1	2,27	0,32	0,81	4,34	4,77	2,98	0,68	3

Kode Sampel	Fly Ash (Kg)	Aktivator (Kg)		Pasir (Kg)	Batu Pecah (Kg)		Air (Kg)	Jumlah Benda Uji
		NaOH	Na ₂ SiO ₃		1-2	2-3		
Gp-2	2,04	0,544	0,971	4,34	4,77	2,98	0,68	3
Gp-3	1,7	0,49	1,21	4,34	4,77	2,98	0,68	3
Gp-4	1,36	0,58	1,46	4,34	4,77	2,98	0,68	3

Sumber : Hasil perhitungan

4.3. Pengujian Slump Test

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui Keleccakan (workability) adukan beton.. Tingkat keleccakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan sebanyak 4 kali. Hasil pengujian slump test pada beton normal berturut-turut yaitu sebesar 7,5 cm, 8 cm, 6 cm dan 7.5 cm. sehingga material ini memenuhi batas syarat nilai slump test untuk beton yaitu 7 ± 2 cm, sedangkan pada beton geopolimer yaitu sebesar 10 cm, 11 cm, 9.5 cm dan 13.5 perbedaan nilai slump pada beton geopolimer disebabkan penggunaan air yang dapat merubah ikatan kedua bahan kimia antara NaOH + Na₂SiO₃, sehingga workability dari beton geopolimer meningkat dibandingkan dengan beton normal yang dapat dilihat pada tabel dibawa ini.

Tabel 4.4. Pengujian Slump Test Beton

Pengecoran	Hasil Pengujian (cm)		Rata-rata (cm)	
	Beton Normal	Beton geopolimer	Beton Normal	Beton Geopolimer
I	7,5	10	7,25	11
II	8	11		

Pengecoran	Hasil Pengujian (cm)		Rata-rata (cm)	
	Beton Normal	Beton geopolimer	Beton Normal	Beton Geopolimer
III	6	9,5		
IV	7.5	13,5		

Sumber : Hasil Pengujian di Lab Teknik Sipil

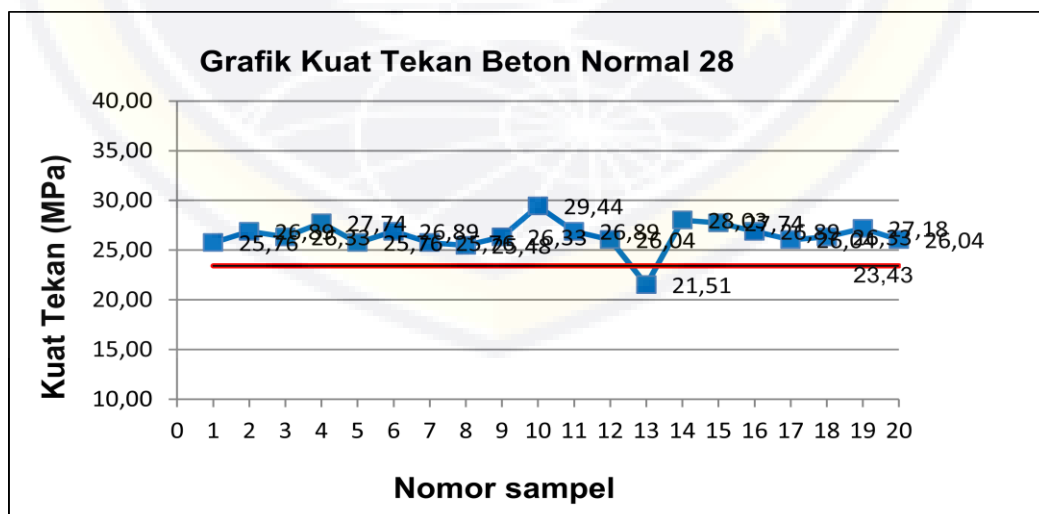
4.4. Pengujian Kuat Tekan

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 (Pmaks) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c')

4.4.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Hasil pengujian kuat tekan beton normal (beton kontrol) pada umur 28 hari dapat dilihat pada Grafik 4.4 dengan nilai rata-rata kuat tekan 26,11 Mpa.

Grafik 4.4 Kuat tekan beton normal



Sumber : Hasil perhitungan

$$F_{ck} = f_{cm} - k \times S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}} \quad S = \frac{\sqrt{43,0939}}{20-1} = 1,50602$$

$$F_{ck} = 26,11 - 1,645 \times (1,50602 \times 1,08) = 23,439 > 20 \text{ MPa}$$

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal diatas didapatkan nilai kuat tekan karakteristik sebesar 23,439 MPa. Nilai kuat tekan karakteristik ini memenuhi standar dimana nilai kuat tekan karakteristik yang ingin dicapai yaitu sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai kuat tekan pada beton geopolimer.

4.4.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

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

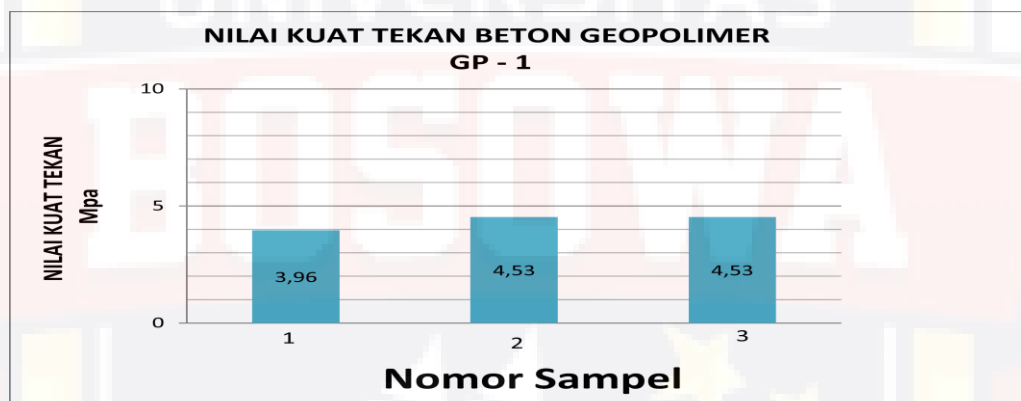
Tabel. 4.5. Kekuatan Tekan Beton Geopolimer.

Notasi Sampel	Berat (Kg)	Slump (mm)	Luas (mm) ²	Beban (KN)	Umur 28 (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
GP 1	A	12,74	100	17662	70	4,34
	B	12,57	100	17662	80	
	C	12,71	100	17662	80	
GP 2	A	12,72	110	17662	350	19,72
	B	12,53	110	17662	305	
	C	12,58	110	17662	390	
GP 3	A	12,41	95	17662	400	23,40

Notasi Sampel	Berat (Kg)	Slump (mm)	Luas (mm) ²	Beban (KN)	Umur 28 (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
GP 4	B	12,56	95	17662	400	10,66
	C	12,48	95	17662	440	
GP 4	A	12,14	135	17662	200	10,66
	B	12,27	135	17662	190	
	C	12,1	135	17662	175	

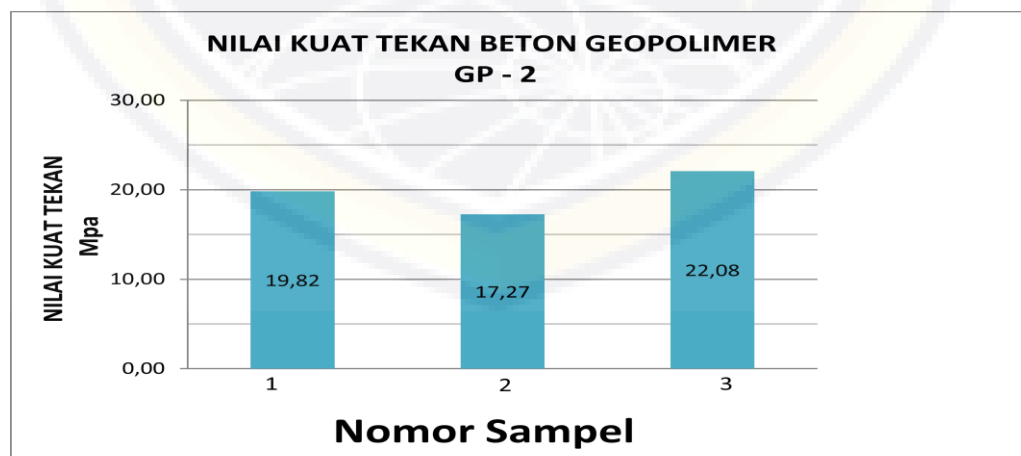
Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.5. Nilai kuat tekan beton GP-1



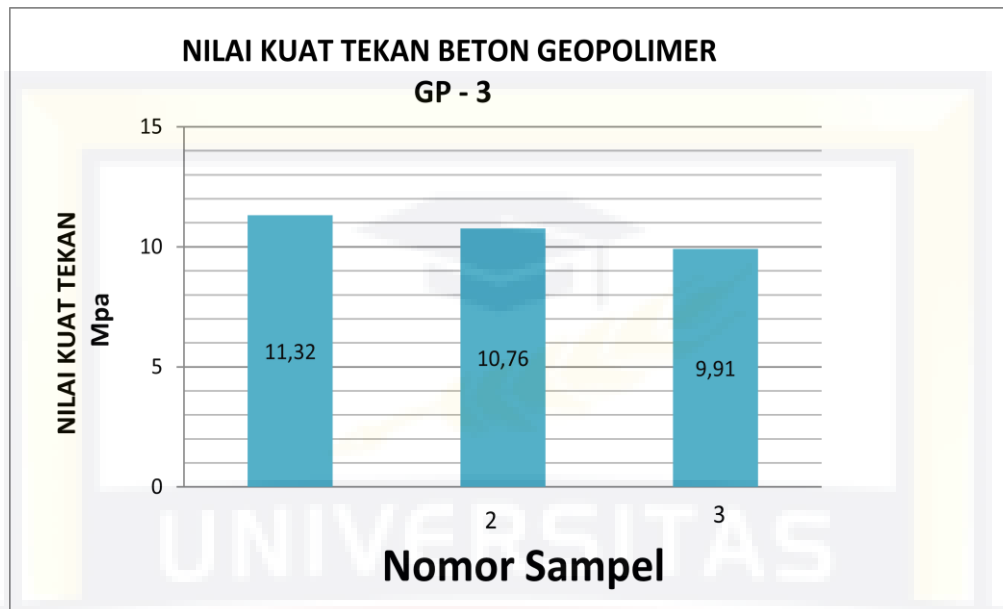
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.6. Kuat Tekan Beton GP-2



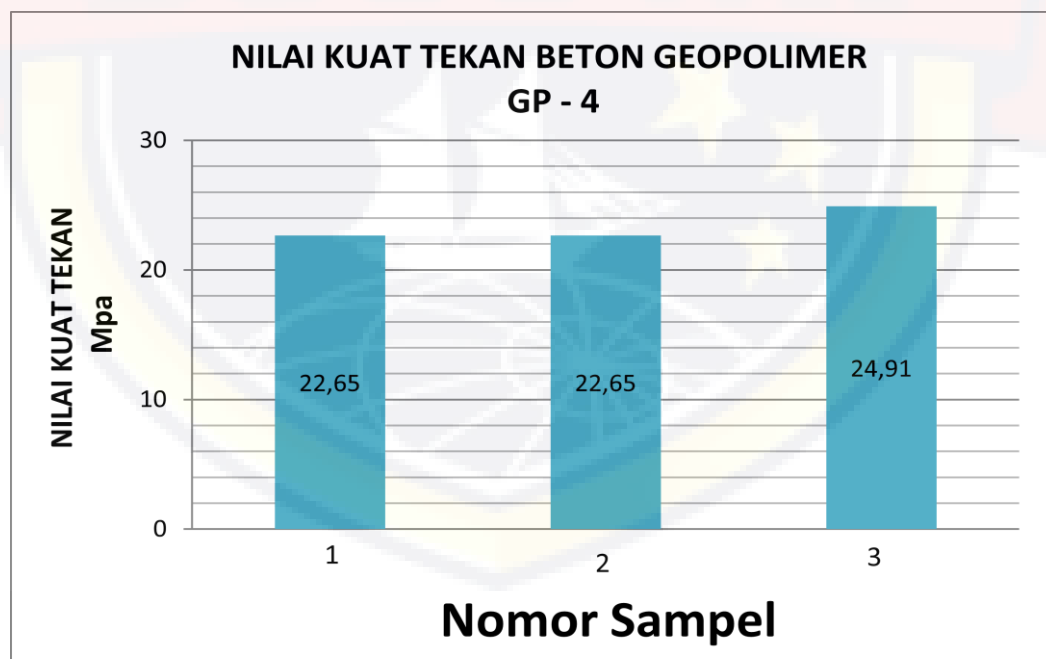
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.7. Kuat Tekan Beton GP-3



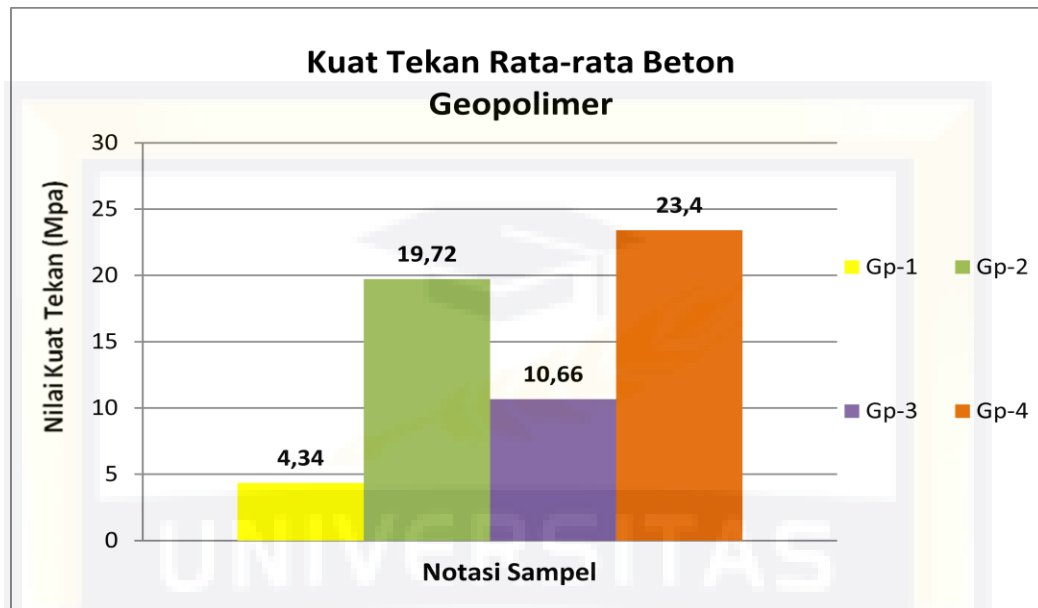
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.8. Kuat Tekan Beton GP-4



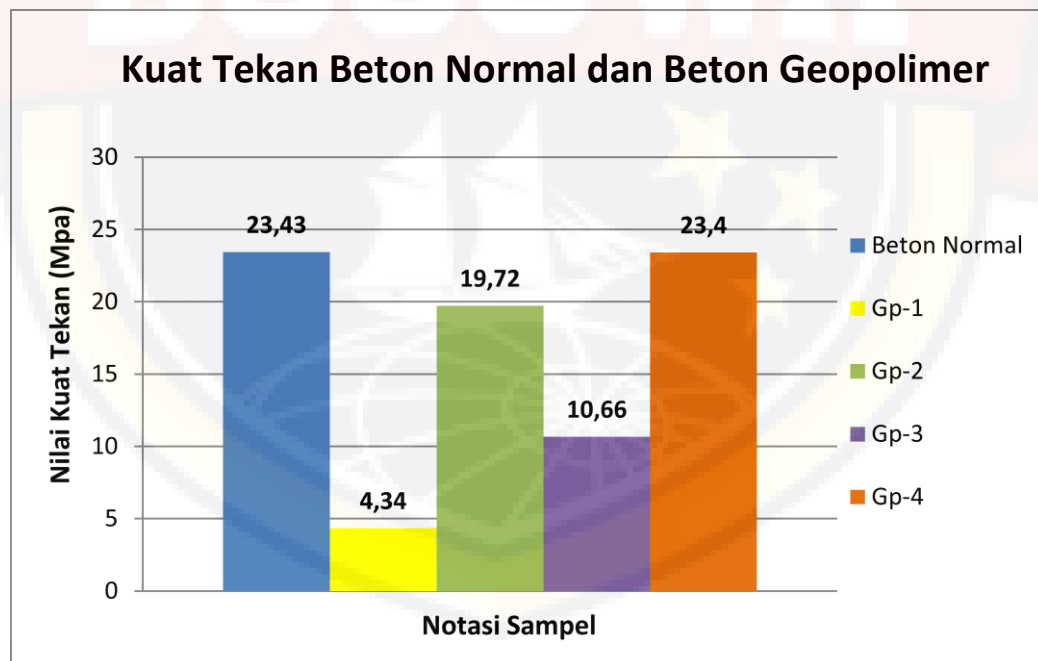
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.9. Kuat Tekan Rata-rata tiap variasi pada beton geopolimer



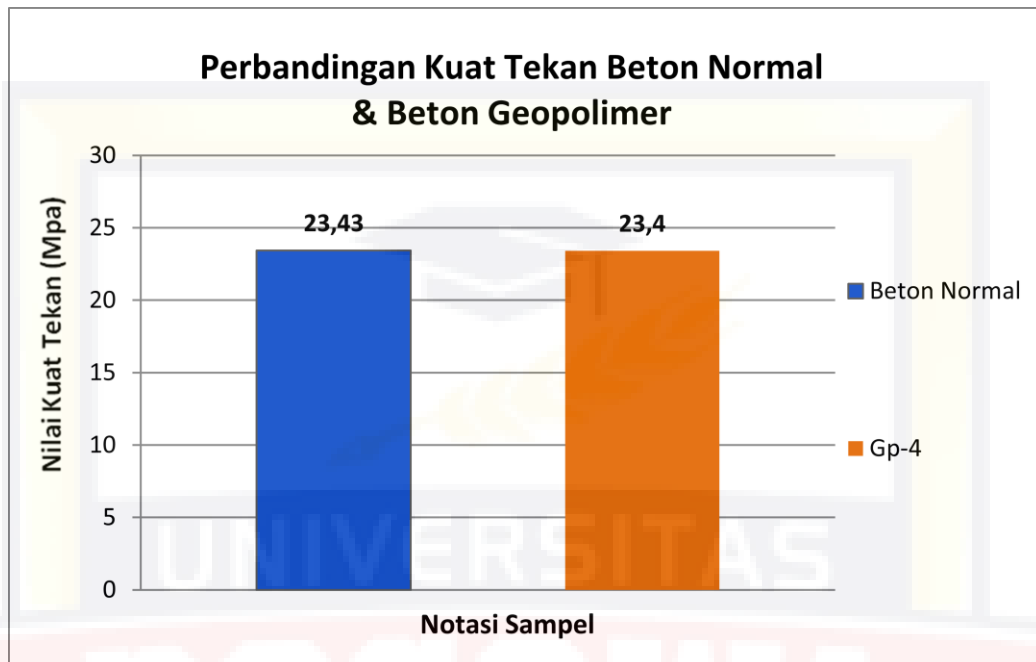
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.10. Kuat tekan beton normal dan beton geopolimer



Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.11. Perbandingan kuat tekan beton normal dan beton geopolimer



Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil pemeriksaan kuat tekan beton geopolimer pada tabel diatas, terlihat bahwa kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi GP – 3 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,40 Mpa yang setara nilai kuat tekan beton normal dengan variasi perbandingan komposisi percursor dan aktivator yaitu, 1 : 1,5 dengan perbandingan antara aktivator dalam hal ini NaOH dan Na_2SiO_3 yaitu, 1 : 2,5 hal ini disebabkan ketika berat aktivator ditingkatkan terhadap berat fly ash kuat tekan beton geopolimer kuat tekan cenderung akan meningkat, dimana aktivator berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi polimerisasi adalah reaksi pengikatan rantai monomer Si – O dan Al – O yang terkandung dalam fly ash.

Sebaliknya kuat tekan terendah terdapat pada variasi GP – 1 yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 4,34 MPa dengan variasi perbandingan komposisi percursor dan aktivator yaitu, 2 : 1 sedangkan perbandingan antara aktivator NaOH dan Na₂SiO₃ yaitu, 1 : 2,5 yang dapat dilihat pada grafik 4.5.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

- Perbedaan besarnya nilai slump beton normal dan beton Geopolimer disebabkan oleh penggunaan air, pada beton geopolimer penggunaan air dapat meningkatkan nilai slump sehingga mempermudah proses pencampuran (*workability*)
- Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari dengan perbandingan percursor dengan aktivator yaitu; 2 : 1, 1.5 : 1, 1 : 1, 1 : 1.5, berturut-turut adalah 4.34 Mpa, 19,72 Mpa. 10.66 Mpa, dan 23.40 Mpa, dengan nilai kuat tekan beton maksimum terjadi pada beton geopolimer dengan perbandingan percursor dan aktivator 1 : 1.5 yaitu sebesar 23.40 Mpa.
- Pada komposisi tertentu semakin tinggi berat aktivator terhadap percursor maka nilai kuat tekan beton geopolimer cenderung akan semakin meningkat.

5.2 Saran

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

- Perlu penelitian lebih lanjut pada perbandingan komposisi percursor dan aktivator yaitu 1 : 2.
- Usahakan proses pemadatan dari setiap sampelnya dilakukan secara konsisten agar beton benar-benar padat dan semua pori terisi secara merata.
- Perlunya penelitian selanjutnya dengan penambahan konsentrasi aktivator untuk menghasilkan kuat tekan beton geopolimer optimal.
- Perlunya dilakukan penelitian selanjutnya pada proses curing yang berlanjut agar didapatkan kuat tekan yang lebih tinggi
- Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba menggunakan bahan-bahan limbah industri lain sebagai pengganti semen seperti, limbah gipsum, limbah pabrik keramik.
- Beton geopolimer hasil dari penelitian ini pada variasi GP – 4 dapat digunakan sebagai beton non struktur, bangunan pelindung pantai atau bangunan yang sering terkena air laut.

DAFTAR PUSTAKA

Efendi, Bernadus Henri., 2014. *Pengaruh Komposisi Solid Material Abu Terbang Dan Abu Sekam Padi Pada Beton Geopolimer Dengan Alkaline Activator Sodium Silikat Dan Sodium Hidroksida*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atmajaya Yogyakarta.

Fitriani, Dian Rahma., 2010. *Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash – Based Geopolymer Mortar*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Hardjito, Djwantoro., 2002, *Geopolimer Beton Tanpa Semen yang Ramah Lingkungan*, Fakultas Teknik Universitas Unika Widya Mandira, Kupang

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

Septia, P., 2011, *Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH:Na₂SiO₃, Rasio Air/Prekursor, Suhu Curing, dan Jenis Prekursor terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

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

Ginanjari Bagus Prasetyo, Suhendro Trinugroho, Dan Mochamad Solikin., 2015, *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

ASTM C33 – 08, Standard Specification for Concrete Aggregates

Maya, Lydia Wanti., 2012, *Pemanfaatan Biopozzolan Abu Sekam Padi Sebagai Fly Ash Dalam Pembuatan Semen Untuk Meningkatkan Kualitas Fisis Mortar*, Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanudin, Makassar.

Maria, Chris, Handoko, Dan Paravita., 2012, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dengan Treatment Hcl Sebagai Pengganti Semen Dalam Pembuatan Beton*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Petra.

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

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





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

**Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Halus (Pasir)**

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2% - 6%	4.02%	Memenuhi
3	Kadar air	3% - 5%	4.32%	Memenuhi
	Berat Isi			
4	a. Lepas	1.4 - 1.9	1.413	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9	1.45	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 2%	1.75%	Memenuhi
	Berat jenis spesifik			
6	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.79%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.84%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.93%	Memenuhi

Mengetahui :
Kepala Laboratorium
Struktur dan Bahan

Eka Yuniarto, ST.MT



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan		Keterangan
			BP 1-2	BP 2-3	
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran		Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2 - 1%	0.82 %	0.82%	Memenuhi
3	Kadar air	0.5 - 2%	0.55%	0.55%	Memenuhi
4	Berat Isi				
	a. Lepas	1.6 - 1.9	1.603	1.603	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9	1.614	1.630	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 4%	1.93	1.82	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik				
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.57	2.56	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.62	2.60	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.70	2.68	Memenuhi



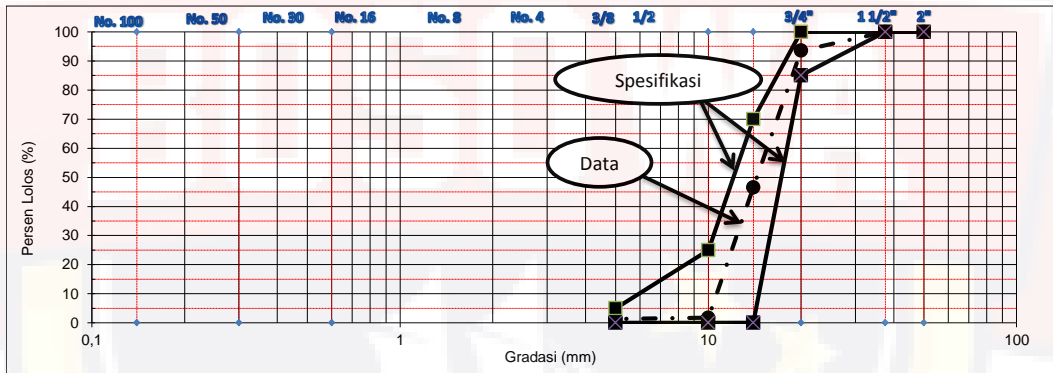
**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Mateial : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 19 Agustus 2016
Sumber : Bili-bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

Saringan No	Total : 2501,8			Total : 2502			Total : 2500,4			Rata-rata		Spesifikasi
	Sampel	1		Sampel	2		Sampel	3		%		
		Kumulatif Tertahan	% Tertahan		% Lolos	Kumulatif Tertahan		% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	
2"	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	-	
1 1/2"	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	100	
3/4"	110,6	4,421	95,579	184,0	7,354	92,646	188,1	7,523	92,477	93,567	85 - 100	
1/2"	1316,4	52,618	47,382	1347,7	53,865	46,135	1347,8	53,903	46,097	46,538	0 - 70	
3/8"	2453,0	98,049	1,951	2463,2	98,449	1,551	2456,6	98,248	1,752	1,751	0 - 25	
No. 4	2466,5	98,589	1,411	2471,6	98,785	1,215	2464,3	98,556	1,444	1,357	0 - 5	
No. 8	2471,1	98,773	1,227	2474,1	98,885	1,115	2466,2	98,632	1,368	1,237	-	
No. 16'	2473,7	98,877	1,123	2475,4	98,937	1,063	2468,3	98,716	1,284	1,157	-	
No. 30	2475,8	98,961	1,039	2477,0	99,001	0,999	2469,5	98,764	1,236	1,091	-	
No. 50	2480,1	99,133	0,867	2479,0	99,081	0,919	2471,7	98,852	1,148	0,978	-	
No. 100	2481,7	99,197	0,803	2480,7	99,149	0,851	2474,6	98,968	1,032	0,896	-	
Pan	2485,5	99,348	0,652	2483,8	99,273	0,727	2479,2	99,152	0,848	0,742	-	





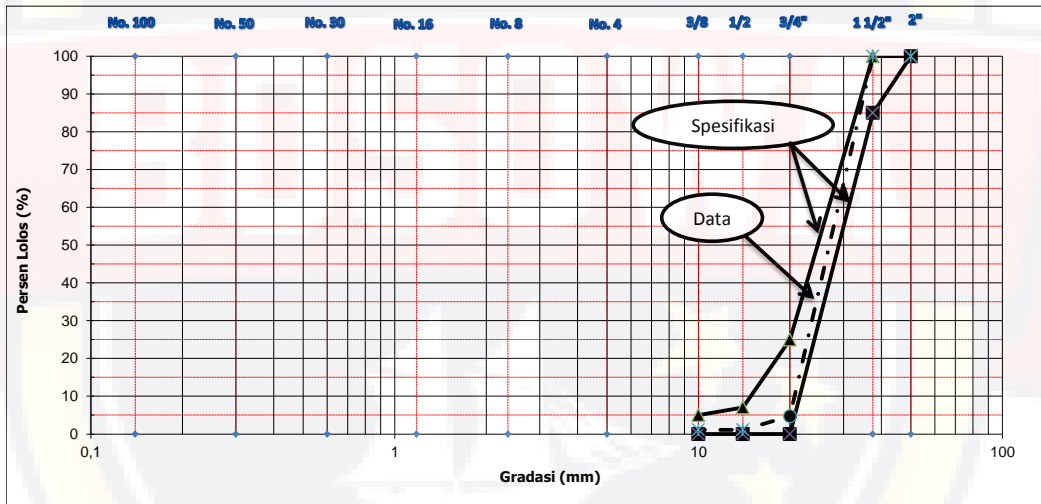
LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Mateial : Batu Pecah 2-3
 Tanggal : 18 Agustus 2016
 Sumber : Bili-bili

Nama : Ardi
 Nim : 45 11 041 010

Saringan No	Total : 2518,7			Total : 2520,2			Total : 2522,4			Rata-rata	Spesifikasi
	Sampel	1		Sampel	2		Sampel	3		%	
		Kumulatif Tertahan	% Tertahan		% Lolos	Kumulatif Tertahan		% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	
2"	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	100
1 1/2"	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	85 - 100
3/4"	2424,2	96,248	3,752	2404,5	95,409	4,591	2372,7	94,065	5,935	4,759	0 - 25
1/2"	2485,7	98,690	1,310	2495,4	99,016	0,984	2496,4	98,969	1,031	1,108	-
3/8"	2485,7	98,690	1,310	2495,4	99,016	0,984	2496,4	98,969	1,031	1,108	0 - 5
No. 4	2485,8	98,694	1,306	2495,7	99,028	0,972	2497,1	98,997	1,003	1,094	
No. 8	2487,1	98,745	1,255	2496,5	99,060	0,940	2497,6	99,017	0,983	1,059	
No. 16'	2488,0	98,781	1,219	2497,0	99,079	0,921	2498,1	99,037	0,963	1,034	
No. 30	2488,3	98,793	1,207	2497,7	99,107	0,893	2498,5	99,052	0,948	1,016	
No. 50	2489,1	98,825	1,175	2498,6	99,143	0,857	2499,2	99,080	0,920	0,984	
No. 100	2489,3	98,833	1,167	2498,9	99,155	0,845	2500,0	99,112	0,888	0,967	
Pan	2492,6	98,964	1,036	2500,8	99,230	0,770	2502,3	99,203	0,797	0,868	





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Mateial : Pasir

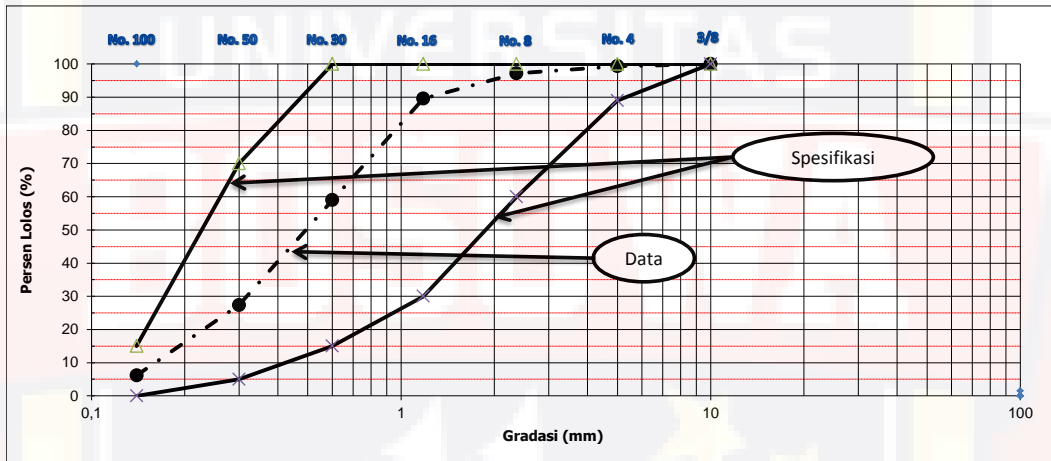
Tanggal : 19 Agustus 2016

Sumber : Bili-bili

Nama : Ardi

Nim : 45 11 041 010

Saringan No	Total : 2511,7			Total : 2512,4			2518,6			2500,4			Rata-rata % Spesifikasi
	Sampel 1			Sampel 2			Sampel 3			%			
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos			
3/8"	0,0	0	100	0,0	0	100	0,0	0,000	100	100	100	100	
No. 4	14,3	0,569	99,431	17,7	0,705	99,295	16,4	0,656	99,344	99,36	89 - 100		
No. 8	66,3	2,640	97,360	68,3	2,719	97,281	77,0	3,080	96,920	97,19	60 - 100		
No. 16'	263,3	10,483	89,517	266,7	10,615	89,385	256,4	10,254	89,746	89,55	30 - 100		
No. 30	991,5	39,475	60,525	1000,8	39,834	60,166	1092,2	43,681	56,319	59,00	15 - 100		
No. 50	1701,6	67,747	32,253	1823,3	72,572	27,428	1943,1	77,712	22,288	27,32	5 - 70		
No. 100	2329,1	92,730	7,270	2350,7	93,564	6,436	2382,8	95,297	4,703	6,14	0 - 15		
Pan	2387,0	95,035	4,965	2483,8	98,862	1,138	2397,7	95,893	4,107	3,40			





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : September 2016
Sumber : Bili-bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

Lepas

Nomor Benda Uji	I	II	III
Berat Container (A) (gr)	5830	5725	6185
Berat Container + Agregat (B) (gr)	9100	9088	9610
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)	3270	3363	3425
Volume Container (D) (cm ³)	2031,2	2150,0	2094,2
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³)	1,610	1,564	1,636
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,603		

Padat

Nomor Benda Uji	I	II	III
Berat Container (A) (gr)	5830	5725	6185
Berat Container + Agregat (B) (gr)	9210	9135	9520
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)	3380	3410	3335
Volume Container (D) (cm ³)	2031,2	2150,0	2094,2
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³)	1,664	1,586	1,593
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,614		



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : September 2016
Sumber : Bili-bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

Lepas

Nomor Benda Uji	I	II	III
Berat Container (A) (gr)	5830	5725	6185
Berat Container + Agregat (B) (gr)	8750	8630	9225
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)	2920	2905	3040
Volume Container (D) (cm ³)	2031,2	2150,0	2094,2
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³)	1,438	1,351	1,452
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,413		

Padat

Nomor Benda Uji	I	II	III
Berat Container (A) (gr)	5830	5725	6185
Berat Container + Agregat (B) (gr)	8855	8760	9220
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)	3025	3035	3035
Volume Container (D) (cm ³)	2031,2	2150,0	2094,2
Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³)	1,489	1,412	1,449
Berat Isi Rata-rata Agregat	1,450		



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

		A	B	Rata-Rata
Berat Benda Uji Kering Oven	B_k	2507,1	2500,3	2503,7
Berat Benda Uji Kering - Permukaan Jenuh	B_j	2554,1	2549,8	2551,95
Berat Benda Uji dalam Air	B_a	1580,9	1573,2	1577,05

		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,58	2,56	2,57
Berat Jenis Kering - Permukaan Jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,62	2,61	2,62
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,71	2,70	2,70
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1,87	1,98	1,93



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 2-3
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

		A	B	Rata-Rata
Berat Benda Uji Kering Oven	B_k	2503,7	2516,7	2510,2
Berat Benda Uji Kering - Permukaan Jenuh	B_j	2549,6	2562,3	2555,95
Berat Benda Uji dalam Air	B_a	1566,5	1581,5	1574

		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,55	2,57	2,56
Berat Jenis Kering - Permukaan Jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,59	2,61	2,60
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,67	2,69	2,68
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1,83	1,81	1,82



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD) _____ 500	500	500	500
Berat benda uji kering oven _____ B_k	493,7	489,1	491,4
Berat piknometer diisi air (25°C) _____ B	654,3	650,1	652,2
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) _____ B_t	979,9	972,4	976,15

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,83	2,75	2,79
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,87	2,81	2,84
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,94	2,93	2,93
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	1,28	2,23	1,75



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2501,9	2504,3
Berat benda uji kering oven	gram	B	2486,7	2492,1
Berat Air	gram	$C (A - B)$	15,2	12,2
Kadar Air	%	$(C/A)*100$	0,61	0,49
Kadar Air Rata- rata		%	0,55	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 2-3
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2504,2	2504,3
Berat benda uji kering oven	gram	B	2482,5	2492,6
Berat Air	gram	$C (A - B)$	21,7	11,7
Kadar Air	%	$(C/A)*100$	0,87	0,47
Kadar Air Rata- rata	%		0,67	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : 21 Agustus 2016
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2501,8	2506,9
Berat benda uji kering oven	gram	B	2395,4	2397,1
Berat Air	gram	$C (A - B)$	106,4	109,8
Kadar Air	%	$(C/A)*100$	4,25	4,38
Kadar Air Rata- rata		%		4,32



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 20 Agustus 2013
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

			I	II	III
Berat benda uji sebelum dicuci	gram	A	2512,2	2505,3	2511,1
Berat benda uji setelah dicuci	gram	B	2492,5	2485,4	2489,2
Berat lumpur	gram	C (A - B)	19,7	19,9	21,9
Kadar lumpur	%	$(C/A)*100$	0,78	0,79	0,87
Kadar Lumpur Rata- rata		%		0,82	

UNIVERSITAS

BOSOWA





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 2 - 3
Tanggal : 20 Agustus 2013
Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi
Nim : 45 11 041 010

			I	II	III
Berat benda uji sebelum dicuci	gram	A	2503,2	2501,4	2502,5
Berat benda uji setelah dicuci	gram	B	2484,1	2483,5	2486,3
Berat lumpur	gram	C (A - B)	19,1	17,9	16,2
Kadar lumpur	%	(C/A)*100	0,76	0,72	0,65
Kadar Lumpur Rata- rata		%		0,71	

UNIVERSITAS

BOSOWA





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Material : Pasir

Tanggal : 20 Agustus 2013

Sumber : Bili - Bili

Nama : Ardi

Nim : 45 11 041 010

			I	II	III
Berat benda uji sebelum dicuci	gram	A	2502,1	2511,3	2505,8
Berat benda uji setelah dicuci	gram	B	2395,1	2412,6	2408,9
Berat lumpur	gram	$C (A - B)$	107	98,7	96,9
Kadar lumpur	%	$(C/A)*100$	4,28	3,93	3,87
Kadar Lumpur Rata- rata		%	4,02		

UNIVERSITAS

BOSOWA





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

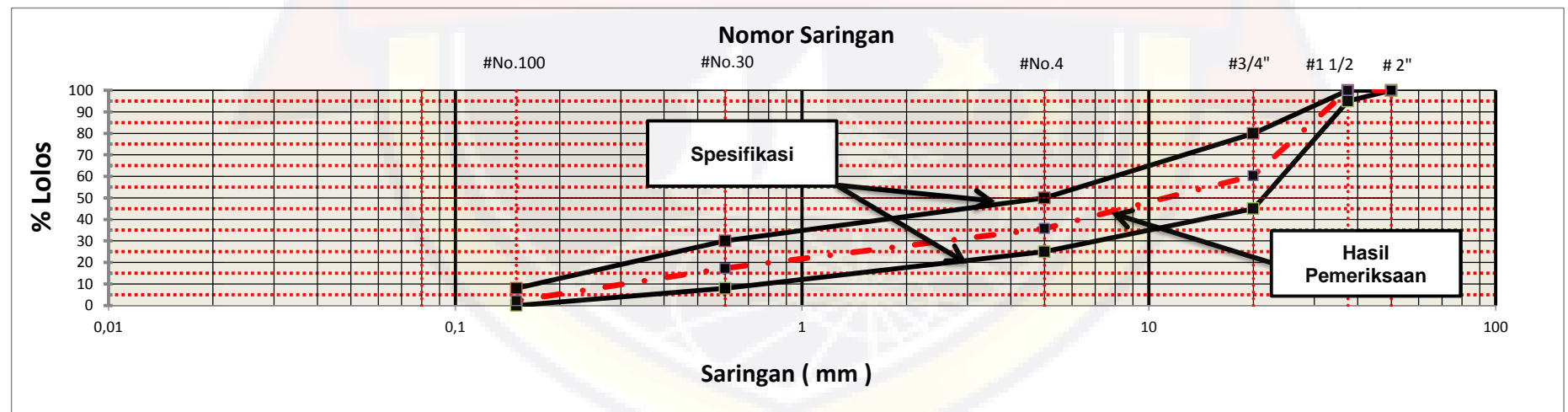
COMBINED AGGREGATE GRADING

Material : Batu Pecah (2-3, 1-2) & Pasir
 Tanggal : 20 Agustus 2016
 Sumber : Bili - bili

Nama : Ardi
 Stambuk : 45 11 041 010

ASTM SIEVE SIZE	AGGREGATE GRADING (AVARAGE)				COMBINED AGGREGATE GRADING BETON (Maksimum Nominal 20 mm)											SPEC	AGG. SURFACE FACTOR	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI			
2"	100	100	100		100												100	
1 1/2"	100	100	100		100												95-100	
3/4"	4,759	93,567	100		60,29535												45-80	
No. 4	1,094	1,357	100		35,77685												25-50	
No. 30	1,016	1,091	47,34		17,24815												8-30	
No. 100	0,967	0,896	4,47		2,1753												0-8	

AGGREGATE	a. Batu Pecah 2-3	40																
BLENDING RATIO	b. Batu Pecah 1-2	25																
(% BY WEIGHT OF TOTAL AGGREGATE)	c. Pasir	35																
TOTAL AGGREGATE SURFACE AREA (M ² / KG)																		





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

RANCANG CAMPURAN BETON
(CONCRETE MIX DESIGN)

Material : Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Nama : Ardi

Tanggal :

Nim : 45 11 041 010

Data :

Slump	=	7 ± 2	cm
Kuat tekan yang disyarat (Silinder)	=	20	Mpa
Deviasi Standar (S)	=	-	Mpa
Nilai Tambah (Margin)	=	7,00	Mpa
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	=	27,00	Mpa
Faktor Air Semen Bebas (Fas)	=	0,53	(Grafik)
Faktor Air Semen Maksimum	=	0,60	(Tabel)
Kadar Air Bebas	=	185	kg/m ³
Kadar Semen Maksimum	=	349	kg/m ³
Kadar Semen Minimum	=	275	(Tabel)
Berat Isi Beton	=	2435	(Grafik)
Berat Agregat Gabungan	=	1900,94	kg/m ³
Berat Agregat Halus	=	665,33	kg/m ³
Berat Agregat Kasar Batu Pecah 1-2	=	475,24	kg/m ³
Berat Agregat Kasar Batu Pecah 2-3	=	760,38	kg/m ³
Berat Jenis Gabungan	=	2,7	kg/m ³

a. Menentukan deviasi standar

Berdasarkan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 20 Mpa (silinder), maka :

Deviasi standar (S) tabel modifikasi deviasi standar = -

b. Menghitung nilai tambah (margin)

m = 7 Mpa

c. Menghitung kuat tekan rata-rata

$$f_{c_r} = f_c + M$$

$$f_{c_r} = 20 + 7,00 = 27,00 \text{ Mpa}$$

d. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran

Jenis semen = Type I (PCC semen bosowa)

e. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar

Agregat halus yang digunakan yaitu = Pasir alam

Agregat kasar yang digunakan yaitu = Batu pecah



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

f. Menetapkan faktor air semen

Besar faktor air semen (fas) diambil dari grafik

- berdasarkan kuat tekan rata-rata = 0,53 (berdasarkan grafik korelasi fas dan f'_{c_r})

g. Menetapkan faktor air semen maksimum

Diperoleh dari tabel persyaratan nilai fas maksimum untuk berbagai pembeconan di lingkungan khusus (Beton diluar ruang bangunan terlindung dari hujan dan terik matahari langsung).

- nilai fas maksimum = 0,60

h. Menetapkan kadar air bebas

Berdasarkan nilai slump 7 ± 2 cm dan ϕ maksimum agregat 40 mm, maka diperoleh :

Kadar air bebas alami (Wf) = 175 kg/m³ beton

Kadar air bebas bt. pecah (Wc) = 205 kg/m³ beton

Kadar air bebas = $(2/3 \times Wf) + (1/3 \times Wc)$

$$= (2/3 \times 175) + (1/3 \times 205)$$

$$= 185,0 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

i. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen Maks} = \frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{185}{0,53} = 349,06 \text{ kg/m}^3$$

Kadar semen minimum = 275 kg/m³ beton (diperoleh dari tabel => jenis konstruksi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung)

j. Berat jenis gabungan agregat

Bj. Gabungan = a . Bj. Spesifik SSD pasir + b . Bj. Spesifik SSD b. Pch (2-3) + b . Bj. Spesifik SSD b. Pch (1-2)

$$\text{Bj. Gabungan} = 0,350 \times 2,84 + 0,4 \times 2,6 + 0,3 \times 2,6 = 2,7$$

k. Berat volume beton segar

Berdasarkan nilai bj. Gabungan 2.7 dan kadar air bebas 185 kg/m³ (grafik), maka diperoleh :

$$\text{Berat volume beton segar} = 2435 \text{ kg/m}^3$$

l. Berat total agregat (pasir+batu pecah)

Berat total agregat = Berat Volume Beton Segar - Kadar Air Bebas - Kasar Semen Maksimum

$$\text{Berat total agregat} = 2435 - 185 - 349,06 = 1900,94 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

m. Berat masing-masing agregat

Berat pasir	=	35,00%	x	1900,94	=	665,330	kg/m ³ beton
Berat B. Pecah (2-3)	=	40,00%	x	1900,94	=	760,377	kg/m ³ beton
Berat B. Pecah (1-2)	=	25,00%	x	1900,94	=	475,236	kg/m ³ beton
Jumlah	=			1900,94	=		kg/m ³ beton

n. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

Sebelum Koreksi		Sesudah Koreksi	
		(Untuk semen, tidak dikoreksi)	
Air (Wa)	=	185,00 kg/m ³	Air (Wa) = 183,20 kg/m ³
Semen (Ws)	=	349,06 kg/m ³	Semen (Ws) = 349,06 kg/m ³
Pasir (B _{SSDp})	=	665,33 kg/m ³	Pasir (B _{SSDp}) = 682,43 kg/m ³
Bp 2-3 (B _{SSDk})	=	760,38 kg/m ³	Kerikil (B _{SSDk}) = 749,88 kg/m ³
Bp 1-2 (B _{SSDk})	=	475,24 kg/m ³	Kerikil (B _{SSDk}) = 468,68 kg/m ³
Jumlah	=	2435,00 kg/m ³	Jumlah = 2433,25 kg/m ³

o. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi Air} &= \text{Jumlah Air} - (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times (\text{Jumlah Pasir}) / 100 \\
 &\quad - (\text{Kadar Air Bp 2-3} - \text{Absorpsi Bp 2-3}) \times (\text{Jumlah B.P 2-3}) / 100 \\
 &\quad - (\text{Kadar Air Bp 1-2} - \text{Absorpsi Bp 1-2}) \times (\text{Jumlah B.P 1-2}) / 100 \\
 &= 185 - (4,32 - 1,75) \times (665,33 / 100) - (0,67 - 1,82) \times (760,38 / 100) \\
 &\quad - (0,55 - 1,93) \times (475,24 / 100) \\
 &= 183,2037 \\
 \text{Koreksi Pasir} &= \text{Jumlah Pasir} + (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times (\text{Jumlah Pasir}) / 100 \\
 &= 665,33 + 4,32 - 1,75 \times 667,16 / 100 = 682,429 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Koreksi Bp1-2} &= \text{Jumlah Kerikil} + (\text{Kadar Air Kerikil} - \text{Absorpsi Kerikil}) \times (\text{Jumlah Batu Pecah 1-2}) / 100 \\
 &= 475,24 + 0,55 - 1,93 \times 475,24 / 100 = 468,678 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Koreksi Bp2-3} &= \text{Jumlah Kerikil} + (\text{Kadar Air Kerikil} - \text{Absorpsi Kerikil}) \times (\text{Jumlah Batu Pecah 2-3}) / 100 \\
 &= 760,38 + 0,55 - 1,93 \times 760,38 / 100 = 749,884 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Perencanaan mix design adalah sebagai berikut :

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 1 SAMPEL (kg)	BERAT UTK 20 SAMPEL (kg)
Air	183,20	0,0064	1,16	23,30
Semen	349,06	0,0064	2,22	44,39
Pasir	682,43	0,0064	4,34	86,78
B.P 2-3	749,88	0,0064	4,77	95,36
B.P 1-2	468,68	0,0064	2,98	59,60

Perhitungan Volume Benda Uji

Silinder 15 cm x 30 cm

$$V = 1/4 \times \pi \times D^2 \times t$$

$$V = 1/4 \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,3$$

$$V = 0,00530 \text{ (Untuk 1 Benda Uji)}$$

$$V = 0,00530 \times 1 \times 1,2$$

$$V = 0,0064 \text{ (Untuk 1Benda Uji)}$$

Dimana 1,2 adalah Faktor Koreksi

$$V = \text{Volume Benda Uji} \quad V = \text{Volume Benda Uji}$$

D = Jari - Jari



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6– Telp. (0411) 452901 – 342789fax.(0411)424568.
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

KEKUATAN TEKAN BETON (Silinder)

20 Mpa

Tanggal Tes : 13 Oktober 2016

Di Uji : Ardi
Stambuk : 45 11 041 010

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Perbandingan Campuran PC : PSR : KR	Slump (mm)	Berat (Kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (Cm)	Berat Isi (Kg/Cm3)	Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kekuatan Tekan (MPa)	Syarat Benda Uji (28 hari)	Lokasi	Ket.
I	14-Sep-16		80	12,54	150	300	17662,50		28	455	25,76	20 Mpa	UNIBOS	
II	14-Sep-16		80	12,58	150	300	17662,50		28	475	26,89		UNIBOS	
III	14-Sep-16		80	12,35	150	300	17662,50		28	465	26,33		UNIBOS	
IV	14-Sep-16		80	12,58	150	300	17662,50		28	490	27,74		UNIBOS	
V	14-Sep-16		80	12,51	150	300	17662,50		28	455	25,76		UNIBOS	
VI	14-Sep-16		80	12,59	150	300	17662,50		28	475	26,89		UNIBOS	
VII	14-Sep-16		80	12,47	150	300	17662,50		28	455	25,76		UNIBOS	
VIII	14-Sep-16		80	12,44	150	300	17662,50		28	450	25,48		UNIBOS	
IX	14-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	465	26,33		UNIBOS	
X	14-Sep-16		80	12,57	150	300	17662,50		28	520	29,44		UNIBOS	
XI	15-Sep-16		80	12,54	150	300	17662,50		28	475	26,89		UNIBOS	
XII	15-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	460	26,04		UNIBOS	
XIII	15-Sep-16		80	12,56	150	300	17662,50		28	380	21,51		UNIBOS	
XIV	15-Sep-16		80	12,40	150	300	17662,50		28	495	28,03		UNIBOS	
XV	15-Sep-16		80	12,60	150	300	17662,50		28	490	27,74		UNIBOS	
XVI	15-Sep-16		80	12,64	150	300	17662,50		28	475	26,89		UNIBOS	
XVII	15-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	460	26,04		UNIBOS	
XVIII	15-Sep-16		80	12,56	150	300	17662,50		28	465	26,33		UNIBOS	
XIX	15-Sep-16		80	12,51	150	300	17662,50		28	480	27,18		UNIBOS	
XX	15-Sep-16		80	12,38	150	300	17662,50		28	460	26,04		UNIBOS	
Rata - rata =											26,45			

$$f_{ck} = f_{cm} - k \times S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{43,35036756}{(20-1)}} \quad S = 2,281598 = 1,510496$$

Ket : f_{ck} = kuat tekan karakteristik beton n = jumlah pengujian
 f_{cm} = kuat tekan rata-rata beton S = standar deviasi
 k = 1.645 untuk tingkat kepercayaan 95% f_{ci} = nilai hasil uji

$$f_{ck} = 26,45 - 1,645 (1,5105 \times 1,08) = \mathbf{23,77081 \text{ Mpa} > 20 \text{ Mpa}}$$



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

RANCANG CAMPURAN BETON GEOPOLIMER

(AGROPOLIMER CONCRETE MIX DESIGN)

Nama : Ardi

Tanggal : 06 september 2016

Nim : 45 11 041 010

Komposisi Mix Design Beton Normal 20 MPa (silinder 15 x 30)

Air	=	1,18 Kg
Semen	=	2,22 Kg
Pasir	=	4,34 Kg
BP 1-2	=	2,98 Kg
BP 2-3	=	4,77 Kg

Komposisi Mix Design Modifikasi Beton Geopolimer 1 Silinder

Geopolimer I Fly Ash : Activator (2 : 1)

Air	+	Semen	=	Fly Ash	+	Activator
1,18	+	2,22	=	3,4 Kg		
Fly Ash	:	Activator	=	2	:	1
		3,4	=	2,27	+	1,13
Fly Ash			=	2,27 Kg		
Activator (Naoh + Na ₂ SiO ₃)			=	1,13 Kg		
Na ₂ SiO ₃	:	NaOH	=	2,5	:	1
		1,13	=	0,81	+	0,32
Na ₂ SiO ₃			=	0,81 Kg		
NaOH			=	0,32 Kg		
Pasir			=	4,34 Kg		
BP 1-2			=	2,98 Kg		
BP 2-3			=	4,77 Kg		
Air			=	0,68 Kg		



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA

Geopolimer II Fly Ash : Activator (1,5 : 1)

Fly Ash	+	Activator	=	3,4	Kg	
Fly Ash	:	Activator	=	1,5	:	1
		3,4	=	2,04	+	1,36
Fly Ash			=	2,04	Kg	
Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃)			=	1,36	Kg	
Na ₂ SiO ₃	:	NaOH	=	25	:	1
		1,36	=	0,971429	+	0,544
Na ₂ SiO ₃			=	0,971429	Kg	
NaOH			=	0,544	Kg	
Pasir			=	4,34	Kg	
BP 1-2			=	2,98	Kg	
BP 2-3			=	4,77	Kg	
Air			=	0,68	Kg	

Geopolimer III Fly Ash : Activator (1 : 1)

Fly Ash	+	Activator	=	3,4	Kg	
Fly Ash	:	Activator	=	1	:	1
		3,4	=	1,7	+	1,7
Fly Ash			=	1,7	Kg	
Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃)			=	1,7	Kg	
Na ₂ SiO ₃	:	NaOH	=	2,5	:	1
		1,7	=	1,21	+	0,49
Na ₂ SiO ₃			=	1,21	Kg	
NaOH			=	0,49	Kg	
Pasir			=	4,34	Kg	
BP 1-2			=	2,98	Kg	
BP 2-3			=	4,77	Kg	
Air			=	0,68	Kg	



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA

Geopolimer IV Fly Ash : Activator (1 : 1,5)

Fly Ash	+	Activator	=	3,4	Kg		
Fly Ash	:	Activator	=	1		:	1,5
		3,4	=	1,36		+	2,04
Fly Ash			=	1,36	Kg		
Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃)			=	2,04	Kg		
Na ₂ SiO ₃	:	NaOH	=	2,5		:	1
		2,04	=	1,46		+	0,58
Na ₂ SiO ₃			=	1,46	Kg		
NaOH			=	0,58	Kg		
Pasir			=	4,34	Kg		
BP 1-2			=	2,98	Kg		
BP 2-3			=	4,77	Kg		
Air			=	0,68	Kg		

Perencanaan Mix design beton geopolimer 1 silinder

Kode Sampel	Fly Ash (Kg)	Aktivator (Kg)		Pasir (Kg)	Batu Pecah (Kg)		Air (Kg)	Jumlah Benda Uji
		NaOH	Na ₂ SiO ₃		1-2	2-3		
Gp-1	2,27	0,32	0,81	4,34	4,77	2,98	0,68	3
Gp-2	2,04	0,544	0,971	4,34	4,77	2,98	0,68	3
Gp-3	1,7	0,49	1,21	4,34	4,77	2,98	0,68	3
Gp-4	1,36	0,58	1,46	4,34	4,77	2,98	0,68	3

Komposisi bahan untuk 12 siliinder

Nama bahan	Volume silinder (m3)	Jumlah bahan (Kg)
Fly ash	0,0064	22,100
NaOH	0,0064	5,809
Na ₂ SiO ₃	0,0064	13,357
Air	0,0064	8,160
Batu Pecah 1-2	0,0064	57,240
Batu Pecah 2-3	0,0064	35,760
Pasir	0,0064	8,160



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6– Telp. (0411) 452901 – 342789fax.(0411)424568.
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

HASIL KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER (SILINDER)

TANGGAL : DESEMBER 2016
NAMA : ARDI
STAMBUK : 45 11 041 010

NO BENDA UJI	TANGGAL PEMBUATAN	SLUMP (Cm)	BERAT (Kg)	DIAMETER (Cm)	LUAS PENAMPANG (Cm)	UMUR (HARI)	BEBAN MAKSIMUM (KN)	KEKUATAN TEKAN (Mpa)	SYARAT BENDA UJI	LOKASI	KET RATA-RATA (Mpa)
GP1 A	9 NOVEMBER	10	12,740	15	176,63	28	70	3,96	20 Mpa	UNIBOS	4,34
GP1 B	9 NOVEMBER	10	12,570	15	176,63	28	80	4,53		UNIBOS	
GP1 C	9 NOVEMBER	10	12,710	15	176,63	28	80	4,53		UNIBOS	
GP2 A	17 NOVEMBER	11	12,720	15	176,63	28	350	19,81		UNIBOS	19,72
GP2 B	17 NOVEMBER	11	12,530	15	176,63	28	305	17,27		UNIBOS	
GP2 C	17 NOVEMBER	11	12,580	15	176,63	28	390	22,08		UNIBOS	
GP3 A	16 NOVEMBER	9,5	12,140	15	176,63	28	200	11,32		UNIBOS	10,66
GP3 B	16 NOVEMBER	9,5	12,270	15	176,63	28	190	10,76		UNIBOS	
GP3 C	16 NOVEMBER	9,5	12,100	15	176,63	28	175	9,91		UNIBOS	
GP4 A	16 NOVEMBER	13,5	12,410	15	176,63	28	400	22,65		UNIBOS	23,40
GP4 B	16 NOVEMBER	13,5	12,560	15	176,63	28	400	22,65		UNIBOS	
GP4 C	16 NOVEMBER	13,5	12,485	15	176,63	28	440	24,91		UNIBOS	

DOKUMENTASI PENELITIAN

❖ Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



❖ Proses pencampuran beton normal



❖ **Proses pencampuran beton Geopolimer**



❖ **Pengujian slump beton normal**



❖ **Pengujian slump beton Geopolimer**



❖ **Benda uji beton normal setelah dicetak dalam silinder**



- ❖ **Beton Geopolimer dicetak dalam silinder**



- ❖ **Benda uji beton normal**



- ❖ Perawatan beton Geopolimer dimasukan dalam oven



- ❖ Pengujian kuat tekan beton normal



❖ **Pengujian kuat tekan beton geopolimer**



DUJUWA

