

TUGAS AKHIR

**ANALISIS VARIASI FLY ASH DAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN
BETON DENGAN MENGGUNAKAN ADMIXTURE GLENIUM 190**



Disusun Oleh:

ERA FITRIA HAEDAR AP

45 11 041 113

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2018



UNIVERSITAS BOSOWA

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452 901/ 452 789
Fax. (0411) 424 568 Website : www.universitasbosowa.ac.id
Makassar - Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa No. / SK/FT.Unibos/
/2018 tanggal bulan Tahun Dua Ribu Delapan Belas, perihal Pengangkatan Panitia
dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada hari/tanggal : /

Tugas Akhir Mahasiswa :

Nama : Era Fitria Haedar AP

No. Stambuk : 45 11 041 113

Judul : Analisis Variasi *Fly Ash* Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan
Menggunakan *Admixture Glenium 190*

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana Fakultas Teknik Universitas Bosowa
setelah dipertahankan di depan 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.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua : Ir. H. Syahrul Sariman, MT

Sekretaris : Savitri Prasandi M, ST. MT

Anggota : 1. Hijriah, ST.MT

 2. Arman Setiawan, ST. MT

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa

DR. Ridwan, ST. M.Si
NIDN. 09 101271 01

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Sipil

Nurhadijah Yuniarti, S.T.M.T
NIDN. 09 160682 01



UNIVERSITAS BOSOWA

JL. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452 901/ 452 789
Fax. (0411) 424 568 Website : www.universitaspbosowa.ac.id
Makassar - Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir :

Judul : Analisis Variasi Fly Ash Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Admixture Glenium 190

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : Era Fitria Haedar AP


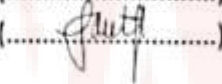
No. Stambuk : 45 11 041 113

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing

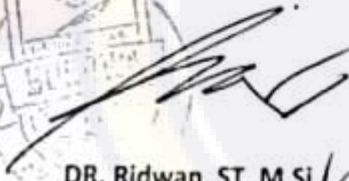
Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman, MT

Pembimbing II : Savitri Prasandi M, ST, MT

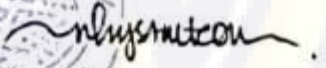
()
()

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa


DR. Ridwan, ST. M.Si
NIDN. 09 101271 01

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Sipil


Nurhadijah Yuniati, S.T,M.T
NIDN. 09 160682 01



Universitas
BOSOWA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ERA FITRIA HAEDAR AP
Nomor Stanbuk : 45 11 041 113
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir :

*ANALISIS VARIASI FLY ASH DAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON
DENGAN MENGGUNAKAN ADMIXTURE GLENIUM 190*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dari 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 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk database, Mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua berhak tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hakcipta dalam tugas akhir ini.

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



Malassar, Oktober 2018

[Signature]
ERA FITRIA HAEDAR AP

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Era Fitria Haedar AP

TtL : Parepare 20 Mei 1988

Alamat : Baddoka

Agama : Islam

Riwayat Pendidikan

1. Sekolah Dasar Negeri 46 Parepare
2. SMP N 3 Parepare
3. SMA N 2 Parepare
4. Diploma III Politeknik Negeri Ujung Pandang

BOSOWA



ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. *Fly ash* merupakan salah satu material hasil sampingan (*by-product*) industri yang dapat digunakan untuk membuat bahan pengikat (*binders*) pada beton geopolymer. Hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ini banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton. Dan *Glenium 190* jenis yang berbahan dasar *polimer*, yaitu bahan tambah yang dapat menambah kekuatan tekan beton yang tinggi. Admixture *Glenium 190* adalah campuran cairan yang akan ditambahkan ke beton selama proses pencampuran. Variasi *fly ash* yang digunakan yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sebagai pengganti semen didapatkan nilainya berturut-turut adalah 15,87 MPa, 16,17 MPa, 9,14 MPa, 2,70 MPa, dan 2,50 MPa

Kata kunci : Beton, Fly ash, Admixture Glenium 190, kuat tekan

PRAKATA

Puji dan syukur dipersembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Analisis Variasi Fly Ash Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Admixture Glenium 190 ”* yang merupakan salah satu syarat diajukan untuk menyelesaikan studi S1 pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam tugas akhir ini banyak kendala yang dihadapi serta memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, ucapan terimakasih. Penghormatan serta pengarahan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

1. Bapak DR. Ridwan, ST, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa
2. Ibu Savitri Prasandi M, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa dan dosen pembimbing II
3. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT selaku dosen pembimbing I atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkannya senantiasa selalu memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
4. Seluruh dosen, asisten lab dan asisten tugas besar serta staf Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa atas segala arahan dan bantuannya.

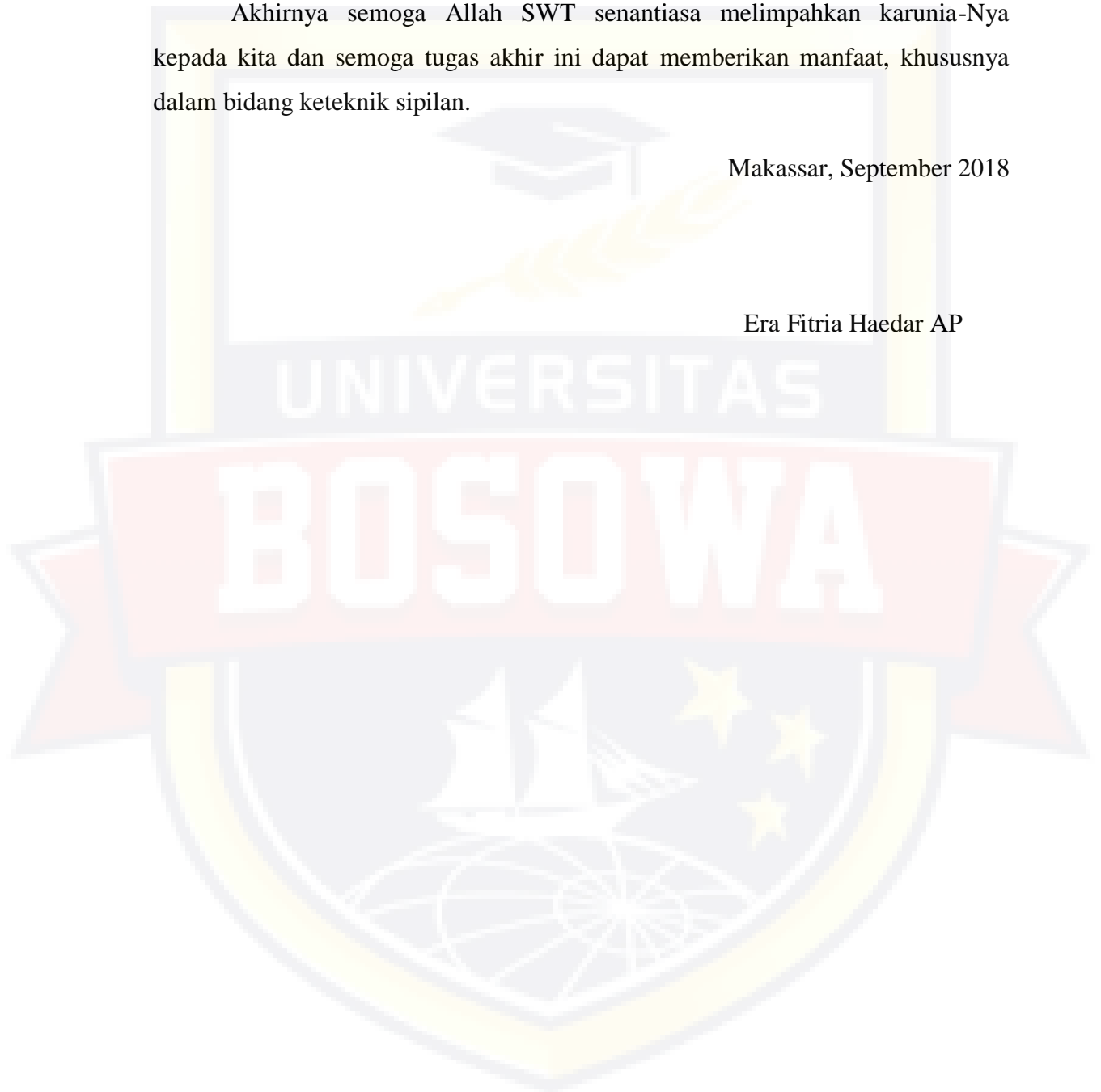
Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak pernah luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kepada

pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang keteknik sipilan.

Makassar, September 2018

Era Fitria Haedar AP



DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan	I-3
1.3 Batasan Masalah.....	I-4
1.4 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Deskripsi Beton	II-1
2.2 Bahan Campuran Beton.....	II-1
2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat	II-18
2.4 Perancangan Campuran Beton.....	II-28
2.5 Pengerjan Beton.....	II-41
2.6 Pematatan Beton	II-41

2.7	Perawatan Beton	II-41
-----	-----------------------	-------

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Prosedur Penelitian	III-1
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	III-2
3.3	Bahan dan Alat Penelitian	III-2
3.4	Pengumpulan Data dan Analisis	III-7
3.5	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	III-8
3.6	Variabel dan Konstanta Penelitian	III-10
3.7	Notasi Sampel	III-11

BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

4.1	Analisis Sistem	
4.1.1	Batasan Sistem	
4.2	Perancangan Sistem	
4.2.1	Use Case Diagram	
4.2.2	Class Diagram	
4.2.3	Activity Diagram	
4.2.4	Sequence Diagram	
4.3	Perancangan Interface	

BAB V PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK

5.1	Metode Pengujian Sistem	
5.2	Kesimpulan Pengujian Sistem	

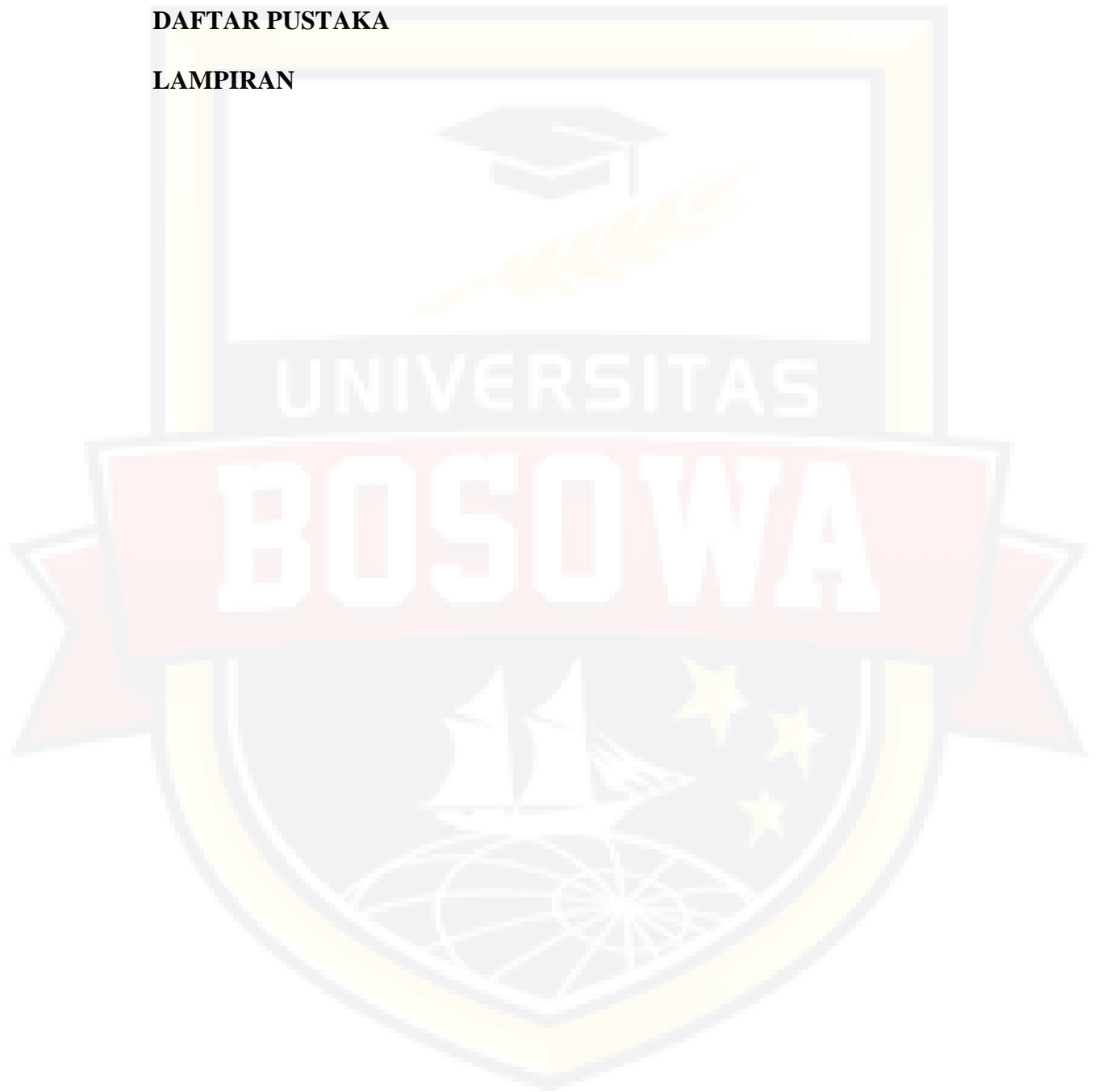
BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan.....

6.2 Saran.....

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi karakteristik agregat kasar untuk campuran beton menurut ASTM	II-3
Tabel 2.2 Spesifikasi karakteristik agregat halus untuk campuran beton menurut ASTM	II-4
Tabel 2.3 Susunan Oksida Semen Portland	II-5
Tabel 2.4 Empat Senyawa Dari Semen Portland	II-6
Tabel 2.5 Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	II-15
Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus (BS).....	II-19
Tabel 2.7 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C-33-95	II-21
Tabel 2.8 Syarat Agregat Halus Menurut B.S.....	II-22
Tabel 2.9.a Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 40 mm.....	II-22
Table 2.9.b Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 30 mm.....	II-23
Table 2.9.c Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 20 mm.....	II-24
Table 2.9.d Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 10 mm.....	II-25
Tabel 2.10 <i>Batas-batas Gradasi Gabungan untuk Agregat Campuran</i>	II-26

Tabel 2.11 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar	II-31
Tabel 2.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan F.A.S-0.5 dan Jenis Semen serta Agregat yang Biasa Dipakai di Indonesia	II-33
Tabel 2.13 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus.....	II-34
Tabel 2.14 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan	II-38
Tabel 2.15 Daftar Konversi.....	II-40
Tabel 3.1 Variabel dan Konstanta Penelitian.....	III-10
Tabel 3.2 Notasi Sampel	III-11
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agegat Kasar	IV-2
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Agregat Halus	IV-2
Tabel 4.4 Data <i>Mix Design</i>	IV-3
Tabel 4.5 Pencampuran Beton Segar	IV-3
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Beton Normal	IV-4
Tabel 4.7 Notasi Sampel.....	IV-6
Tabel 4.8 Proporsi Campuran Tiap Variasi.....	IV-6
Tabel 4.9 Perhitungan Berat Tiap Variasi	IV-7
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi.....	IV-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pasir Sungai	II-11
Gambar 2.2	Batu Pecah	II-12
Gambar 2.3	Abu Ampas Tebu.....	II-14
Gambar 2.4	Superplasticizer	II-20
Gambar 2.5	Pecahan Genteng Tanah Liat	II-21
Gambar 2.6	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	II-39
Gambar 2.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	II-41
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Beton Normal Terhadap Penambahan Pecahan Genteng	IV-9
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Beton Normal Terhadap Penambahan Superplasticizer IV-10	
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Variasi Terhadap Substitusi Abu Ampas Tebu	IV-11

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton konvensional terdiri dari atas Semen Portland (SP), agregat kasar, agregat halus dan air. Beton jenis ini sangat umum ditemui dan dapat diproduksi secara lokal dengan menggunakan metode sederhana. Beton menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti jembatan, jalan raya, bendungan dan sarana prasarana perkotaan lainnya. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternative untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Beberapa tahun belakangan, durabilitas beton yang terbuat dari Semen Portland menjadi perhatian dari para ahli material konstruksi bangunan. Untuk mengatasi efek buruk yang merusak lingkungan dan memperbaiki problem durabilitas pada material beton yang menggunakan Semen Portland, maka diperlukan material lainnya sebagai bahan pengganti Semen Portland untuk di gunakan pada pembuatan beton. Banyak jenis material hasil produksi sampingan (*by-product material*) telah digunakan untuk membuat beton diantaranya, *mill scale* (sisa produksi baja), plastik, kaca, *fly ash (fly-ash)*, cangkang kelapa sawit, *blast furnaca slag*, metakaolin, *silica fume* dan *rice hush ash*. Sebagian besar material hasil produksi sampingan ini dibuang begitu saja di daerah terbuka dan berdampak tidak baik terhadap lingkungan. *Fly ash* sebagai contoh, apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan pencemaran pada air, tanah, dan udara karena walaupun dalam jumlah sedikit, *fly ash* mengandung beberapa elemen beracun seperti arsenik, vanadium, antimony, boron, dan chromium. Salah satu cara agar material hasil produksi sampingan tersebut sebagai bahan pengganti sebagian Semen Portland, atau jika memungkinkan mengganti Semen Portland secara keseluruhan dalam membuat beton.

Fly ash merupakan salah satu material hasil sampingan (*by-product*) industri yang dapat digunakan untuk membuat bahan pengikat (*binders*) pada beton geopolimer. Hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ini banyak digunakan sebagai

bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton. Karena *fly ash* dapat meningkatkan kinerja beton, material ini sudah dikenal secara luas sebagai bahan yang digunakan tersendiri sebagaimana diuraikan pada ASTM C 595, klas F atau C, atau di campur dengan semen (ASTM C 595 atau C 1157).

Fly ash memiliki pengaruh terhadap beton segar (*fresh concrete*) dan beton sudah mengeras (*hardened concrete*). Material *fly ash* dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen. Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah kimia (*admixture*) yaitu *Glenium 190* jenis yang berbahan dasar *polimer*, yaitu bahan tambah yang dapat menambah kekuatan tekan beton yang tinggi. Dengan menambahkan bahan tambah ini kedalam adukan beton diharapkan dapat memperoleh mutu beton yang sangat tinggi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka saya akan melakukan penelitian yang berjudul **Analisis Variasi *Fly Ash* dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan *Admixture Glenium 190***. Diharapkan dari studi penelitian ini akan diperoleh data dan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan yang mana menjadi salah satu bahan masukan bagi Fakultas Teknik Universitas Bosowa, bagi pemerintah kota Makassar, para pengusaha yang bergerak dibidang jasa konstruksi dan masyarakat pada umumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Sejauh mana nilai kuat tekan beton normal dapat digunakan untuk campuran beton variasi?
2. Sejauh mana nilai kuat tekan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190 ?
3. Sejauh mana perbandingan antara nilai kuat tekan beton normal dengan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190 ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini :

1. Mengetahui nilai kuat tekan beton normal dapat digunakan untuk campuran beton variasi
2. Mengetahui nilai kuat tekan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190
3. Mengetahui perbandingan antara nilai kuat tekan beton normal dengan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190

1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini :

1. Menganalisis nilai kuat tekan beton normal dapat digunakan untuk campuran beton variasi
2. Menganalisis nilai kuat tekan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190
3. Menganalisis perbandingan antara nilai kuat tekan beton normal dengan beton variasi fly ash sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glemium 190

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pedoman ini memuat :

- a. Sistematika penelitian yang diawali dengan pengajuan judul, penulisan proposal, bimbingan, melaksanakan penelitian, penulisan laporan, bimbingan, pendaftaran ujian dan di akhiri pelaksanaan ujian
- b. Format penulisan dan tata cara penulisan skripsi berdasarkan pedoman penulisan skripsi program studi sarjana teknik sipil 2017 Universitas Bosowa

1.4.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini :

1. Tidak melakukan pengujian karakteristik semen
2. Tidak melakukan pengujian karakteristik fly ash

3. Penelitian ini menggunakan bahan tambah glenium 190
4. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari
5. Penelitian ini membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan variasi *fly ash* dan bahan tambah *admixture glenium 190* dengan jumlah tetap agar mendapatkan kualitas beton.
6. Persentase variasi pengaruh *fly ash* yang diuji coba adalah sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan penambahan *admixture Glenium 190* dengan dosis sesuai berat semen.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari 5 (lima) bab yang dimulai dengan pendahuluan, kemudian dilanjutkan penjelasan teori-teori dasar, tinjauan umum dan kajian pustaka serta mengadakan penelitian di laboratorium, pengolahan data-data hasil pemeriksaan yang akan disimpulkan dengan kesimpulan dan saran-saran. Adapun urutan penyajiannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab pengantar sebelum memasuki pembahasan yang sebenarnya dan memberikan suatu gambaran umum secara singkat mengenai penulisan ini, meliputi: Latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, pokok bahasan dan batasan masalah, serta penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan tinjauan umum dan kajian pustaka yang meliputi: penjelasan teori tentang beton, penjelasan teori tentang fly ash, bahan tambah kimia glenium 190 serta penjelasan teori tentang penelitian terdahulu yang sejenis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang prosedur penelitian, lokasi dan waktu, bahan dan alat, pengumpulan data dan analisis pembuatan dan perawatan benda uji, variabel dan konstanta penelitian, notasi sampel serta metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas dan menganalisa hasil penelitian yang diperoleh dari percobaan di laboratorium dengan mengacu pada teori yang sudah dijelaskan sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan akhir yang diperoleh dari hasil pengujian yang telah dibahas serta saran-saran perbaikan dan pengembangan hasil penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (*additif*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi kesatuan yang homogen. Nawy (1985:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

2.2 Bahan Campuran Beton

2.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan material glanular yang dipakai secara bersamaan dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton. Agregat berfungsi sebagai material pengisi dan biasanya menempati sekitar 75 % dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton. Mengingat bahwa agregat menempati jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka perlu kiranya material ini diberi perhatian yang lebih detail. Disamping itu dapat mengurangi penyusutan akibat pengerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien penuaian akibat panas.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat yaitu kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen dan ketahanan terhadap penyusutan. Dengan demikian sifat-sifat agregat ini berpengaruh terhadap beton, baik dalam keadaan plastis maupun yang sudah dalam keadaan mengeras.

Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

2.2.1.1 Agregat kasar

Agregat kasar berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan besar butir lebih dari 5 mm.

Kerikil dalam penggunaannya harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
3. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
4. Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Tabel 2.1 Spesifikasi karakteristik agregat kasar untuk campuran beton menurut ASTM

NO	Karakteristik Agregat	Interval	ASTM
1	Kadar Lumpur	0,2 % - 1 %	C117
2	Kadar air	0,5 % - 2,0 %	C558
3	Berat volume	1,6 kg/ltr – 1,9 kg/ltr	C29
4	Absorpsi (penyerapan air)	0,2 % - 4 %	C127
5	Berat jenis spesifik	1,6 – 3,2	C127
6	Modulus kehalusan	5,5 – 8,50	C104
7	Keausan	15 % - 50 %	C 131
8	Mutu beton < k-225	27 % - 40 % Aus	PBI 1971
9	Mutu beton > k-225	< 27 % - Aus	PBI 1971
10	Mutu beton BO dan BI	40 % - 50 %	PBI 1971

Sumber : (Akkas, 1995:15)

2.2.1.2 Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,8 mm (atau 5,0 mm). Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batuan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu.

Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971, antara lain :

1. Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur

lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.

3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

Spesifikasi sifat karakteristik agregat halus menurut ASTM dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Spesifikasi karakteristik agregat halus untuk campuran beton menurut ASTM

No	Karakteristik Pasir	Interval	ASTM
1	Kadar Lumpur	0,2 % - 6 %	C117
2	Kadar Organik	< N0. 3	C40
3	Kadar air	3 % - 5 %	C559
4	Berat volume	1,4 kg/ltr – 1,9 kg/ltr	C29
5	Absorpsi (penyerapan air)	0,2 % - 2 %	C128

6	Berat jenis spesifik	1,6 – 3,2	C128
7	Modulus kehalusan	2,2 – 3,1	C136

Sumber : (Akkas,1995:15)

2.2.2 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker/terak (70% hingga 95% yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung pasir silika, alumina, oksida besi dan lempung), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono, 1989)

Pada umumnya semen berfungsi untuk Bercampur dengan untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton dan mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Sedangkan untuk susunan oksida dari semen portland (Antono. 1995), seperti berikut ini:

Tabel 2.3 Susunan Oksida Semen Portland

Oksida	% Rata-rata
Kapur(CaO)	63
Silika (SiO ₂)	22

Alumunia (Al ₂ O ₃)	7
Besi (Fe ₂ O ₃)	3
Magnesia (MgO)	2
Sulfur (SO ₃)	2

Sumber : (Teknologi Beton:31)

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland.

Tabel 2.4 Empat Senyawa Dari Semen Portland

Nama Senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Trikalsium Silikat	3CaO.SiO ₂	C3S	50
DiealMum Silikat	2CaO.SiO ₂	C2S	25
Tricalcium Alumate	3CaO.Al ₂ O ₃	C3A	12
Tetracalsium Aluminoforit	4CaO.Al ₂ O ₃ FeO ₃	C4Af	8

Sumber : (Teknologi Beton:31)

Portland Composite Cement (PCC) merupakan semen produk terbaru yang dikeluarkan oleh PT ITK Tbk. Semen PCC merupakan turunan oleh semen OPC (Ordinary Portland Cement) yang bahan baku pembuatannya sama dengan bahan baku OPC (Ordinary Portland Cement) tetapi pada type semen PCC ditambahkan aditif selain gypsum yaitu : lime stone(batu kapur), fly ash (abu terbang) dan trass. Jika Ketiga unsur tersebut melebihi dari 3% umumnya masih memenuhi kualitas sement tipe I, namun bila kandungan ketiga material tambahan tersebut melebihi

maksimum 25%, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (Portland Composite Cement). Additive tersebut mempunyai kontribusi sangat penting sehingga semen type PCC (Portland Composite Cement) mempunyai kualitas lebih baik dari semen tipe OPC (Ordinary Portland Cement). Standard dan penggunaannya adalah (SNI 15-7064-2004).

2.2.3 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan membuat kekuatan beton menurun dan menjadi lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992):

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari dua gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.2.4 Bahan Tambah Kimia

Bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Agregates* ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, penambahan kekuatan beton, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

Beberapa tujuan yang penting dari penggunaan bahan tambah ini menurut manual of concrete practice dalam admixture and concrete (ACI.212.1R-81, Revised 1986) antara lain:

1. Memodifikasi beton segar, mortar dan grouting
 - a. Menambah sifat kemudahan pekerjaan tanpa menambah kandungan air atau mengurangi kandungan air dengan sifat pengerjaan yang sama.
 - b. Menghambat atau mempercepat waktu pengikatan awal dari campuran beton.
 - c. Mengurangi atau mencegah secara preventif penurunan atau perubahan volume beton.
 - d. Mengurangi segregasi.
 - e. Mengembangkan dan meningkatkan sifat penetrasi dan pemompaan beton segar.
 - f. Mengurangi kehilangan nilai slump.
2. Memodifikasi beton keras, mortar dan grouting
 - a. Menghambat atau mengurangi ekolusi panas selama pengerasan awal (beton muda).
 - b. Mempercepat laju pengembangan kekuatan beton pada umur muda.
 - c. Menambah kekuatan beton (kuat tekan, kuat lentur atau kuat geser dari beton)

- d. Menambah sifat keawetan beton atau ketahanan dari gangguan luar termasuk serangan garam-garam sulfat.
- e. Mengurangi kapilaritas dari air.
- f. Mengurangi sifat permeabilitas.
- g. Mengontrol pengembangan yang disebabkan oleh reaksi dari alkali termasuk alkali dalam agregat.
- h. Menghasilkan struktur beton yang baik.
- i. Menambah kekuatan ikatan beton bertulang.
- j. Mengembangkan ketahanan gaya impact (berulang) dan ketahanan abrasi.
- k. Mencegah korosi yang terjadi pada baja (embedded metal).
- l. Menghasilkan warna tertentu pada beton atau mortar.

Bahan tambah kimia Admixture Glenium 190 adalah eter polikarboksilat (PCE) berbasis superplasticiser dikembangkan untuk pengembangan kekuatan tinggi awal beton cocok untuk pracetak persyaratan manufaktur. Glenium 190 memberikan pengurangan air unggul sementara menawarkan workability yang baik dalam kondisi cuaca panas. Prinsipnya adalah menggantikan air pencampur dengan polimer sehingga dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi dan mempunyai mutu yang baik.

Admixture Glenium 190 adalah campuran cairan yang akan ditambahkan ke beton selama proses pencampuran. hasil terbaik diperoleh bila campuran tersebut ditambahkan setelah semua komponen lainnya sudah

dalam mesin pengaduk dan setelah penambahan sebesar 80% dari total air.

fitur dan manfaat :

- meminimalkan penggunaan air.
- Permeabilitas rendah untuk beton mutu tinggi
- mempermudah penempatan dan pematatan
- Mengoptimalkan siklus curing dengan memperpendek waktu curing atau menurunkan temperatur suhu beton.
- menghemat waktu pengerjaan dan perawatan beton.

Faktor polimer beton yang optimum adalah berkisar 0,3 sampai 0,45 dalam perbandingan berat, untuk mencapai kekuatan tinggi tersebut.

2.2.5 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly ash batu bara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batu bara (Wardani, 2008). Pada pembakaran batu bara dalam PLTU, terdapat limbah padat yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut *fly ash*, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut *bottom ash*. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan abu layang dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batu bara sebagai bahan baku pada industri PLTU (Harijono D, 2006, dalam Irwanto, 2010). Menurut Acosta, 2009, Abu terbang merupakan limbah

padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatis *precipitator*. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan *presipitator* elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3).



Gambar 2.1. *Fly ash* Batu bara (Wardani, 2008)

Saat ini umumnya *fly ash* batu bara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batu bara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. *Recovery* magnetit, *cenosphere*, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (*polisher*)
6. *Filler* aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen
8. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Konversi abu terbang batu bara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batu bara. Keuntungan adsorben berbahan baku *fly ash* batu bara adalah biayanya murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair (Marinda P, 2008).

Abu terbang batu bara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukkan abu terbang batu bara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Hal ini yang menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena *fly ash* hasil dari tempat pembakaran batu bara dibuang sebagai timbunan. *Fly ash* dan *bottom ash* ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan

pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah *fly ash* untuk adsorpsi udara pembakaran dalam kendaraan bermotor belum bisa dimasyarakatkan secara optimal, karena berdasarkan PP. No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), *fly ash* dan *bottom ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Yang dimaksud dengan bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusakkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Pasal 2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang dapat tercemar sehingga sesuai fungsinya kembali.

Pasal 3 menyebutkan bahwa setiap orang yang melakukan usaha dan atau kegiatan yang menghasilkan limbah B3, dilarang membuang limbah B3 yang dihasilkannya itu secara langsung kedalam media lingkungan hidup, tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, penelitian toksisitas abu batu bara dilaksanakan secara menyeluruh dengan tujuan melihat lebih jauh pengaruh pemanfaatan abu batu bara tersebut untuk kehidupan mahluk hidup dengan pendekatan secara biologi. Contoh abu limbah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU yang berada di Sumatera dan Kalimantan. Setelah melalui tahapan-tahapan dalam penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa keseluruhan uji hayati contoh abu batu bara tersebut terhadap kutu air, ikan mas dan mencit memberikan hasil bahwa bahan-bahan uji tersebut relatif tidak berbahaya bagi mahluk hidup (Wardani, 2008).

- **Kandungan *Fly Ash* Batu bara**

Fly ash batu bara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batu bara, kemurnian batu bara, tingkat penghancuran, tipe

pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008)

Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada

Tabel 2.5 Komposisi dan Klasifikasi *Fly Ash*

Komponen	Bituminus	Sub Bituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₃ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4

Sumber : Wardani,2008

Pembakaran batu bara lignit dan subbituminous menghasilkan *fly ash* dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminus, namun memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. *Fly ash* batu bara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel *fly ash* hasil pembakaran batu bara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan *fly ash* berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170 sampai 1000 m²/kg (Marinda P, 2008).

- **Proses Pembentukan *Fly Ash* (Abu Terbang)**

Sistem pembakaran batu bara umumnya terbagi 2 yakni sistem unggun terfluidakan (*fluidized bed system*) dan unggun tetap (*fixed bed system* atau *grate system*). Disamping itu terdapat system ke-3 yakni

spouted bed system atau yang dikenal dengan unggun pancar. *Fluidized bed system* adalah sistem dimana udara ditiup dari bawah menggunakan sehingga benda padat di atasnya berkelakuan mirip fluida. Teknik fluidisasi dalam pembakaran batu bara adalah teknik yang paling efisien dalam menghasilkan energi. Pasir atau *corundum* yang berlaku sebagai medium pemanas dipanaskan terlebih dahulu. Pemanasan biasanya dilakukan dengan minyak bakar. Setelah temperatur pasir mencapai temperatur bakar batu bara (300oC) maka diumpankanlah batu bara. Sistem ini menghasilkan abu terbang dan abu yang turun di bawah alat. Abu-abu tersebut disebut dengan *fly ash* dan *bottom ash*. Teknologi *fluidized bed* biasanya digunakan di PLTU (Acosta, 2009).

Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (80-90%) berbanding (10-20%). *Fixed bed system* atau *Grate system* adalah teknik pembakaran dimana batu bara berada di atas *conveyor* yang berjalan atau *grate*. Sistem ini kurang efisien karena batu bara yang terbakar kurang sempurna atau dengan kata lain masih ada karbon yang tersisa. Abu yang terbentuk terutama *bottom ash* masih memiliki kandungan kalori sekitar 3000 kkal/kg. Di China, *bottom ash* digunakan sebagai bahan bakar untuk kerajinan besi (pandai besi). Teknologi *Fixed bed system* banyak digunakan pada industri tekstil sebagai pembangkit uap (*steam generator*). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (15-25%) berbanding (75-85%) (Koesnadi, 2008).

- **Kemampuan *Fly Ash***

Fly ash batu bara memiliki kemampuan dapat menyerap air dan beberapa unsur hara sehingga dapat meningkatkan kualitas adsorpsi dengan baik (geology.com.cn, dalam Rilham, 2012). Selain itu *fly ash* batu bara juga dapat digunakan sebagai adsorben berbagai macam zat-zat polutan seperti SO_x, CO, dan partikulat debu termasuk timbal (Pb). *Fly ash* batu bara juga digunakan dalam bahan cetakan pada industri pengecoran logam karena memiliki ukuran butir jauh lebih kecil daripada pasir cetak sehingga saat dibuat cetakan akan menghasilkan permukaan yang lebih halus (Prahasto dan Sugiyanto, 2007).

Beton geopolimer dibuat dengan menggunakan bahan dasar abu terbang rendah kalsium (*low-calcium fly ash*) yang menurut kategori ASTM berada pada klas F.

- **Adapun sifat dan type dari *Fly Ash* sebagai berikut**

Sifat *Fly Ash*

- Terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga
- Dapat menyerap air dan beberapa unsur hara
- *Fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan modulus elastisitas
- Tahan terhadap permeabilitas dan karat
- *Fly ash* memiliki sifat pozzolonik mirip dengan material pozzolan yang secara natural terdapat di alam bebas, seperti pada abu dari gunung api atau material sedimen

lainnya (ACI 232.2R-03). Material ini tersedia sangat banyak tapi penggunaannya untuk pembuatan beton masih sangat terbatas. Pada tahun 1988 perkiraan produksi abu terbang melebihi 390 juta ton setiap tahunnya, tapi pemanfaatannya masih kurang dari 15% (Malhotra, 1999).

Type Fly Ash

Dalam SNI 03-6863-2002 (2002:146) ada 3 jenis abu terbang :

- A. Abu terbang jenis N, ialah abu terbang hasil kalsinasi dari pozolan alam, misalnya tanah diatomite, shale, tuft dan batu apung.
- B. Abu terbang jenis F, ialah abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit pada suhu kurang lebih 1560°C .
- C. Abu terbang jenis C, ialah abu terbang hasil pembakaran lignit/batu bara dengan kadar karbon sekitar 60% abu terbang jenis ini mempunyai sifat seperti semen dengan kadar kapur diatas 10%.

Pada beton segar *fly ash* dapat memperbaiki *workability*, mengurangi *bleeding*, meningkatkan *pumpability*, memperpanjang *setting-time*, berfungsi sebagai *retarder* dan air *entrainment*. Pada beton yang sudah mengeras, *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan, modulus elastisitas, memperbaiki *creep* dan pengikatan (*bond*), mengurangi

peningkatan pada proses hidrasi, tahan terhadap permeabilitas dan karat, mengurangi resiko pengembangan beton akibat reaksi alkali dan silika, meningkatkan shrinkage, mengurangi efek efflorescence, dan mampu mengurangi pengembangan beton akibat efek magnesia (ACI 232.2R-03 2003). Semua keuntungan tersebut didapat melalui penambahan sejumlah volume tertentu *fly ash* pada campuran beton segar yang menggunakan Semen Protland yang pada umumnya ditentukan pasaran.

2.2.6 Glenium 190

Bahan tambah kimia Glenium 190 adalah eter polikarboksilat (PCE) berbasis superplasticiser dikembangkan untuk pengembangan kekuatan tinggi awal beton cocok untuk pracetak persyaratan manufaktur. Glenium 190 memberikan pengurangan air unggul sementara menawarkan workability yang baik dalam kondisi cuaca panas. Prinsipnya adalah menggantikan air pencampur dengan polimer sehingga dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi dan mempunyai mutu yang baik.

Glenium 190 adalah campuran cairan yang akan ditambahkan ke beton selama proses pencampuran. hasil terbaik diperoleh bila campuran tersebut ditambahkan setelah semua komponen lainnya sudah dalam mesin pengaduk.

fitur dan manfaat :

- a. meminimalkan penggunaan air.
- b. Permeabilitas rendah untuk beton mutu tinggi
- c. mempermudah penempatan dan pepadatan

- d. mengoptimalkan siklus curing dengan memperpendek waktu curing atau menurunkan temperatur suhu beton.
- e. menghemat waktu pengerjaan dan perawatan beton.

2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat

Gradasi (pembagian/distribusi butir, grading) ialah distribusi ukuran butir agregat. Gradasi atau susunan butiran agregat, berbagai standar menyarankan dan menetapkan batas-batas susunan butir yang baik untuk agregat beton, guna mencapai mutu beton yang baik dan ekonomis.

2.3.1 Gradasi agregat normal

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti dalam Tabel 2.6. tabel 2.6 tersebut dijelaskan dalam gambar 2.1.a sampai 2.1.d untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus (BS)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 – 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 – 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 – 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 – 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 – 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

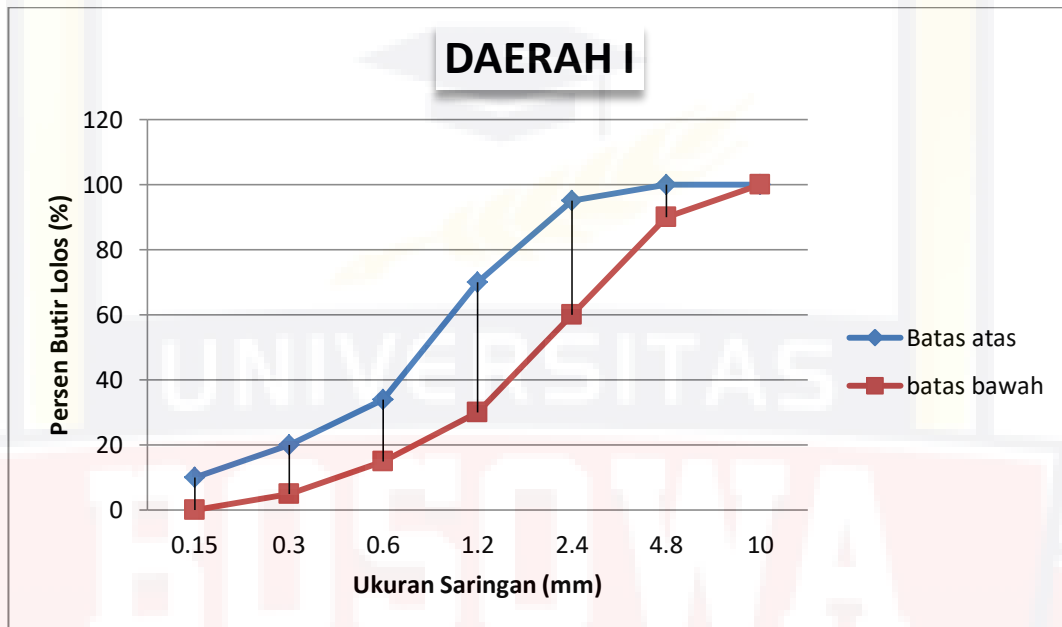
Sumber : (SK.SNI T-15-1990-03)

Keterangan : Daerah Gradasi I = Pasir Kasar

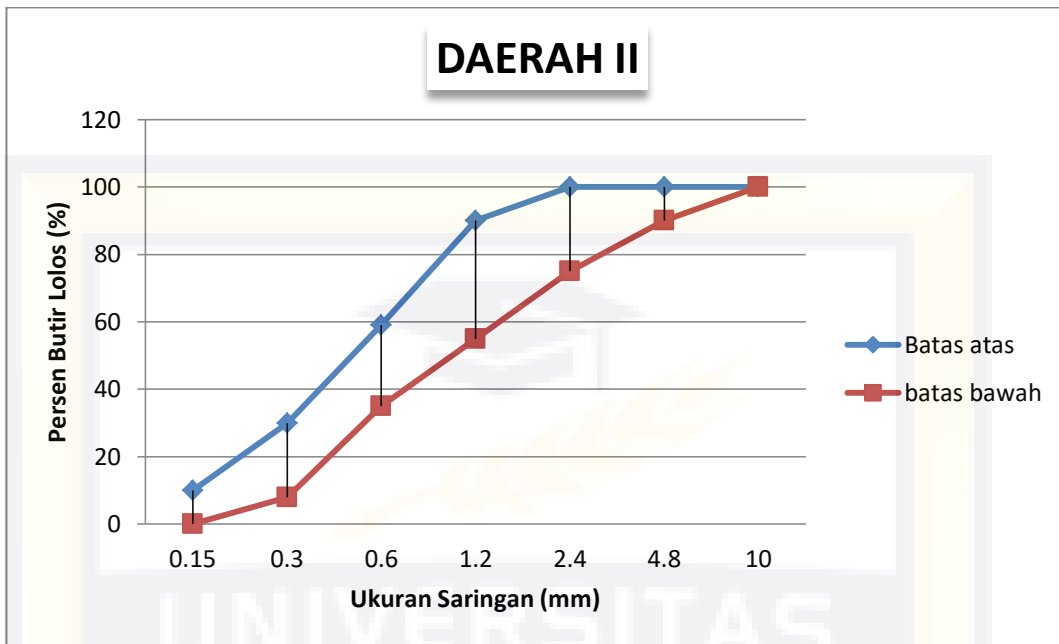
Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar

Daerah Gradasi III = Pasir Halus

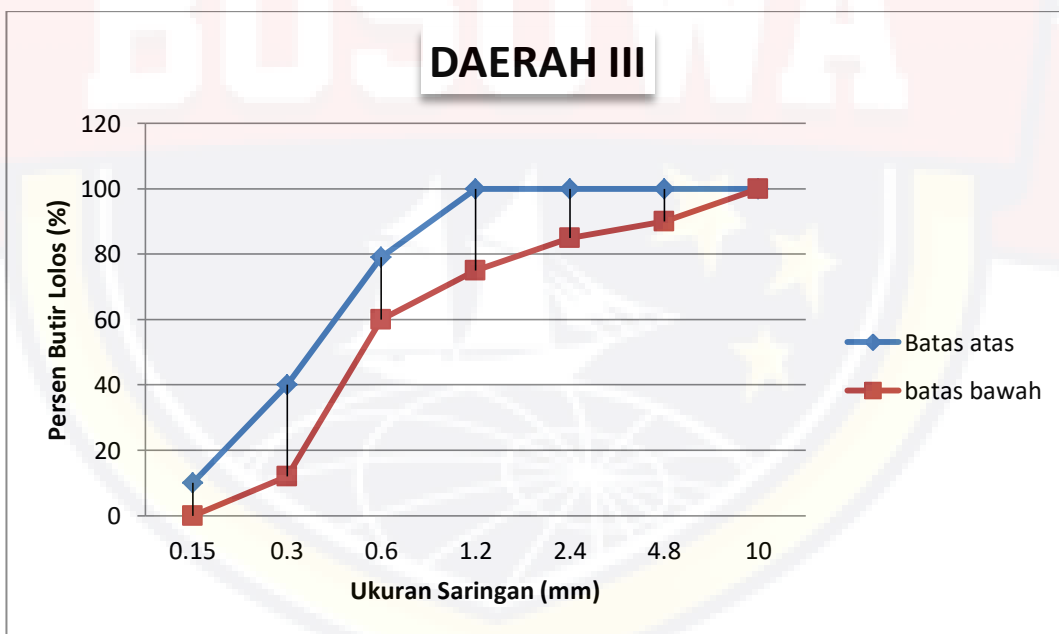
Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



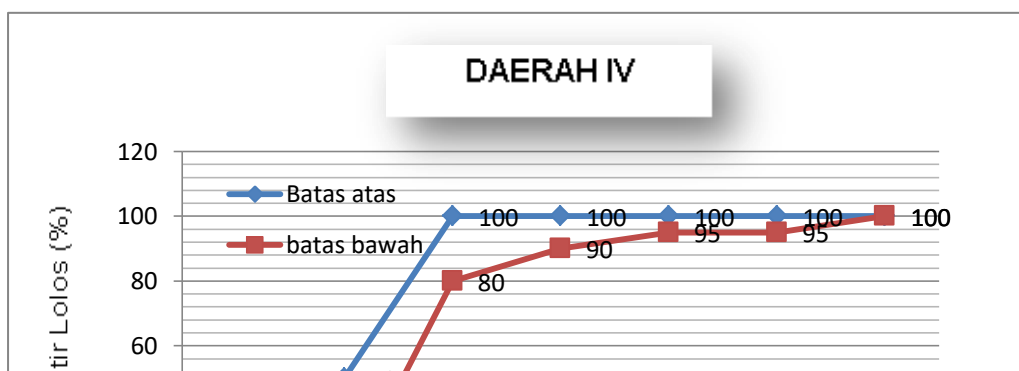
Gambar 2.1.a Daerah Gradasi Pasir kasar

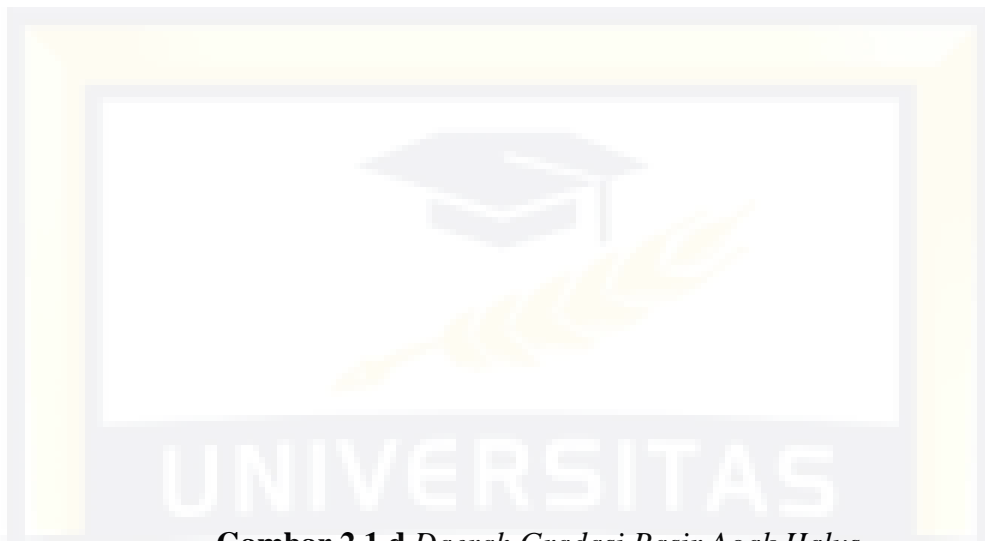


Gambar 2.1.b Daerah Gradasi Pasir Agak kasar



Gambar 2.1.c Daerah Gradasi Pasir Halus





Gambar 2.1.d Daerah Gradasi Pasir Agak Halus

ASTM C.33-86 dalam “Standar Spesification For Concrete” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam tabel 2.7, dimana agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Tabel 2.7 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C-33-95

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Komulatif
9.5	100
4.75	95 - 100
2.36	80 - 100
1.18	50 - 85
0.6	25 - 60
0.3	10 - 30
0.15	2 - 10

Sumber : (ASTM C-33-95)

Menurut *British Standard* (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batupecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam tabel 2.8.

Tabel 2.8 Syarat Agregat Halus Menurut B.S

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimal		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 - 100	100
12.5	-	-	90 - 100
10	10 – 35	25 - 55	40 - 85
4.8	0 – 5	0 - 10	0 - 10

Sumber : (SK.SNI T-15-1990-03:21)

2.3.2 Gradasi agregat campuran

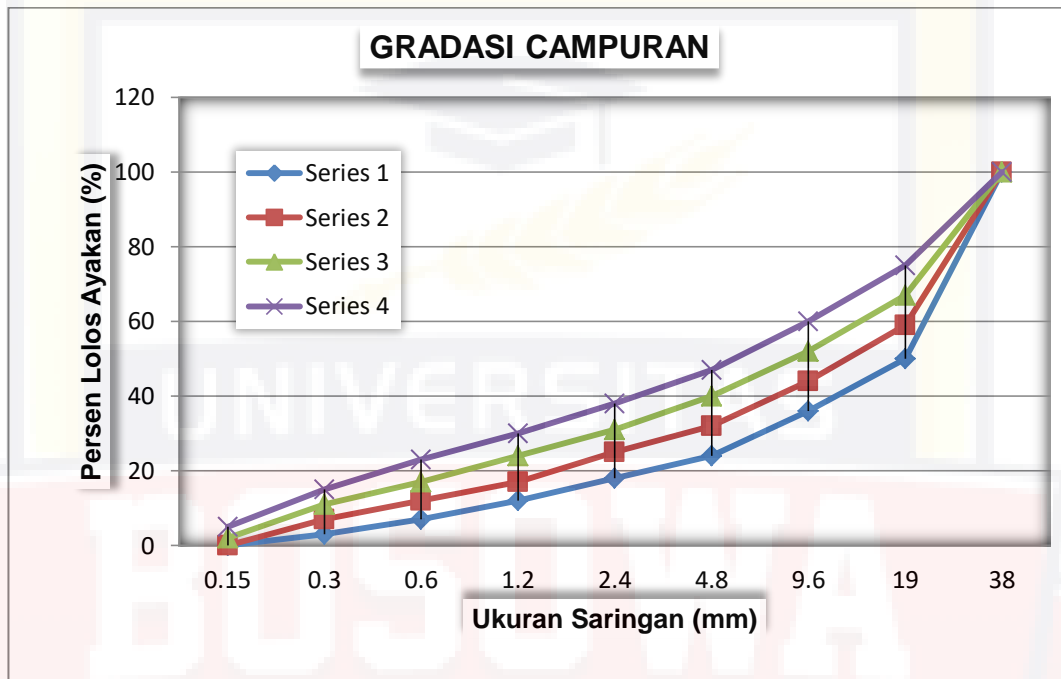
Gradasi yang baik kadang sangat sulit didapatkan langsung dari suatu tempat (quarry). Dalam praktek, biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang baik antara agregat kasar dengan agregat halus (SK.SNI T-15-1990-03:21) memberikan batasan gradasi yang diadopsi dari B.S, seperti yang tercantum dalam tabel 2.9.a sampai 2.9.b dan gambar 2.2.a sampai 2.2.d.

Tabel 2.9.a Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 40 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	50	59	67	75
9.6	36	44	52	60
4.8	24	32	40	47
2.4	18	25	31	38
1.2	12	17	24	30

0.6	7	12	17	23
0.3	3	7	11	15
0.15	0	0	2	5

Sumber : (SK.SNI T-15-1990-03:21)



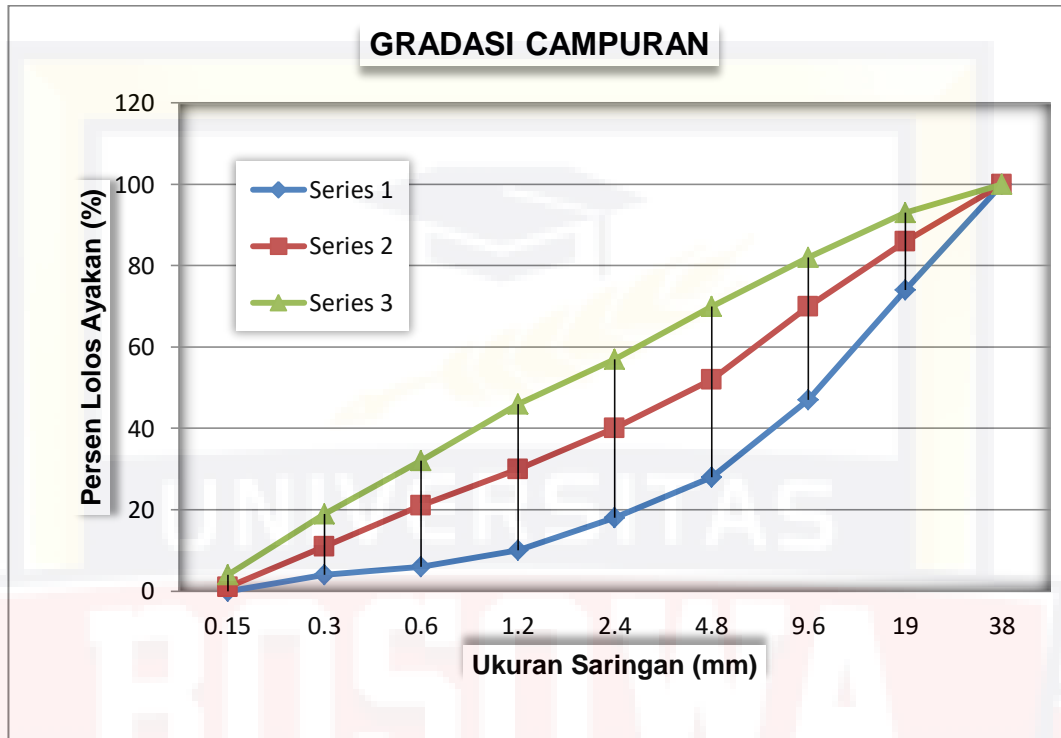
Gambar 2.2.a Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 40 mm

Tabel 2.9.b Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 30 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3
38	100	100	100
19	74	86	93
9.6	47	70	82
4.8	28	52	70
2.4	18	40	57
1.2	10	30	46
0.6	6	21	32
0.3	4	11	19

0.15	0	1	0
------	---	---	---

Sumber : (SK.SNIT-15-1990-03:21)



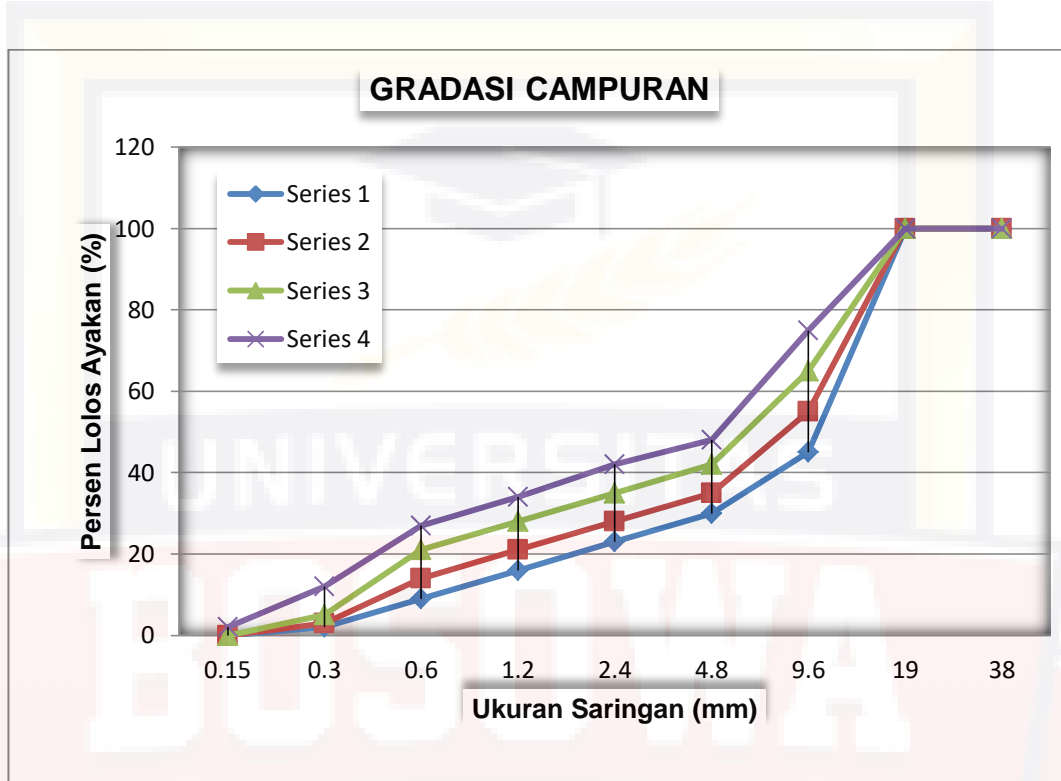
Gambar 2.2.b Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 30 mm

Tabel 2.9.c Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 20 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	45	55	65	75
4.8	30	35	42	48
2.4	23	28	35	42
1.2	16	21	28	34
0.6	9	14	21	27
0.3	2	3	5	12

0.15	0	0	0	2

Sumber : (SK.SNI T-15-1990-03:21)



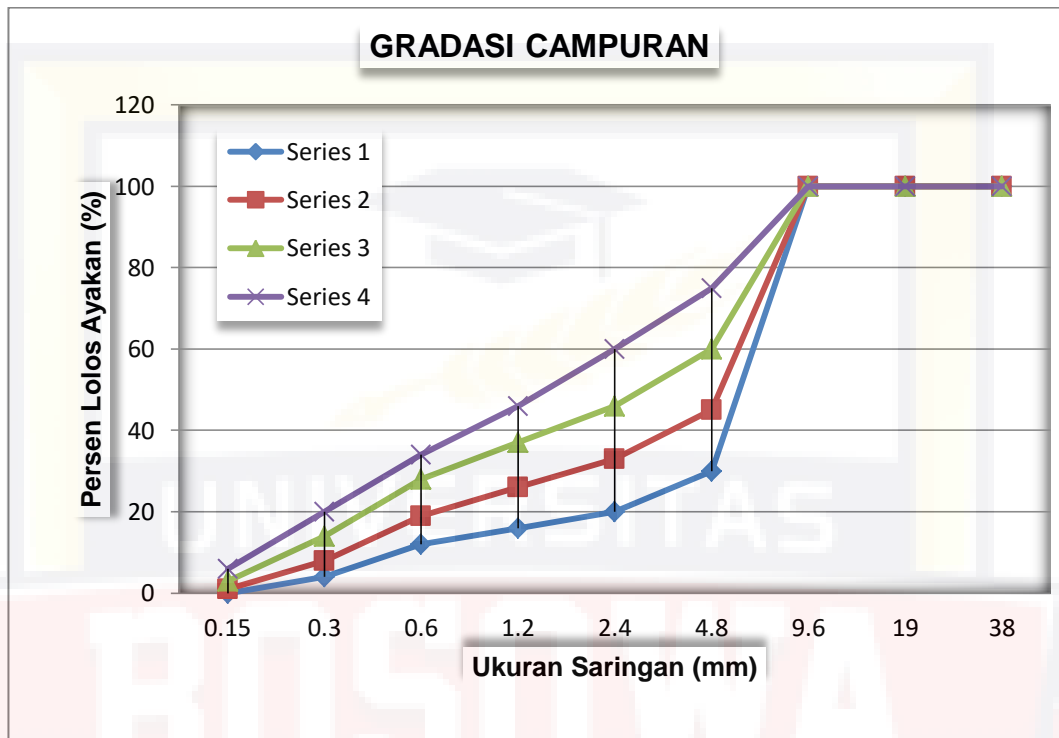
Gambar 2.2.c Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 20 mm

Tabel 2.9.d Persen Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 10 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
38	100	100	100	100
19	100	100	100	100
9.6	100	100	100	100
4.8	30	45	60	75
2.4	20	33	46	60
1.2	16	26	37	46
0.6	12	19	28	34
0.3	4	8	14	20

0.15	0	1	3	6
------	---	---	---	---

Sumber : (SK.SNIT-15-1990-03)



Gambar 2.2.d Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 10 mm

Untuk agregat gabungan susunan butir dikelompokkan berdasarkan ukuran maksimum agregat yaitu ukuran maksimal 38 mm, 19 mm, dan 9,6 mm seperti pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Batas-batas Gradasi Gabungan untuk Agregat Campuran

Ukuran Saringan (mm)	Batas-batas Gradasi Butiran yang Lolos (%)		
	Ukuran Maksimum 9,60 (mm)	Ukuran Maksimum 19,0 (mm)	Ukuran Maksimum 38 (mm)
38	100	100	100
19	100	100	50 – 75
9,6	100	45 – 75	35 – 60
4,8	29 – 75	29 – 50	24 – 47
2,4	21 – 60	23 – 42	18 – 35
1,2	17 – 76	15 – 35	12 – 30
0,6	12 – 35	9 – 18	7 – 23
0,3	4 – 20	3 – 12	3 – 14

0,15	0 – 8	0 - 4	2 – 6
------	-------	-------	-------

Sumber: (PEDC,1983:3.84)

2.3.3 Modulus Kehalusan Butiran

Modulus halus butir (*finnes modulus*) atau biasa disingkat MHB ialah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat (Abrams, 1918). MHB didefenisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38, 19, 9.6, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, dan 0.15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan 100 (Ilsley,1942:232).

Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1.59-3.8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. Nilai ini juga dapat dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai MHB yang biasa dipakai 5.0-6.0

Hubungan ketiga nilai MHB tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = (K-C)/(C-P) \times 100\%$$

Dengan :

W = persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah).

K = Modulus kehalusan butir agregat kasar

P = Modulus kehalusan butir agregat halus

C = Modulus kehalusan butir agregat campuran

Dalam praktik , untuk mudahnya gradasi dinyatakan dengan suatu angka, yaitu Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus – FM*). Modulus

kehalusan adalah suatu angka yang secara kasar menggambarkan rata-rata ukuran butiran agregat . ini dipakai di lapangan, untuk mengukur kehomogenan suatu bagian agregat terhadap keseluruhan. Persamaannya adalah :

$$FM = \frac{\text{Total komulatif \% tertahan pada ayakan standar}}{100}$$

2.4 Perancangan Campuran Beton

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perancangan campuran beton tersebut dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan atau proporsi bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (mix design). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis serta ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

Perancangan cara Inggris dikenal dengan metode Departemen Pekerjaan Umum dengan metode yang tertuang dalam SK.SNI.T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" merupakan adopsi dari *Departement of Envirounment Cara (DOE), Building Research Estabilishment, Britain.*

2.4.1 Syarat Perancangan

2.4.1.1 Kuat tekan rencana

Beton yang dirancang harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata, yang memenuhi syarat berdasarkan data deviasi standar hasil uji kuat tekan yang lalu (umur 28 hari) untuk kondisi dan jenis konstruksi yang sama. Persyaratan kuat tekan didasarkan pada hasil uji kuat tekan silinder. Jika menggunakan kuat tekan dengan hasil uji kubus berisi 150 mm, maka hasilnya harus di konversi menggunakan persamaan:

$$f'_c = [0.76 + 0.2 \text{ Log } (f'_{ck} / 15)] f'_{ck}$$

Dimana :

f'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan, Mpa

f'_{ck} = Kuat tekan beton, Mpa, dari uji kubus beton berisi 150 mm

2.4.1.2 Bahan campuran

Bahan yang digunakan dalam campuran harus memenuhi syarat standar yaitu:

1. Air memenuhi syarat yang berlaku, dalam hal ini tertuang dalam SK.SNI.S-04-1989-F tentang spesifikasi Air sebagai bahan bangunan. air yang dapat diminum dapat langsung digunakan, jika tidak memenuhi syarat atau tak dapat diminum air yang digunakan harus memenuhi syarat uji perbandingan kekuatan tekan dengan menggunakan bahan dari air standar, minimal memenuhi syarat 90% kuat tekannya. Perbandingan campuran dibuat dan diuji berdasarkan syarat uji ASTM C.109, "*Test Methods for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 50 mm cube specimens)*".

2. Semen harus memenuhi syarat SII-0013-81, tentang “Mutu dan Cara Uji Semen Portland” atau SK.SNI.S-04-1989-F “Spesifikasi Bahan Perekat Hidrolis sebagai Bahan Bangunan”.
3. Agregat Harus memenuhi syarat SII-0052-80 tentang “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton” atau SK.SNI.S-04-1989-F. “Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan”.
4. Bahan tambah yang digunakan harus memenuhi syarat SK.SNI.S-18-1990-03 “Spesifikasi Bahan Tambah untuk Beton” atau SK.SNI.S-19-1990-03 jika menggunakan bahan tambahan gelembung udara.

2.4.2 Perhitungan Proporsi Campuran

2.4.2.1 Rencana Kuat tekan rata-rata

Nilai standar deviasi didapat dari hasil pengujian yang lalu untuk kondisi pekerjaan dan lingkungan yang sama dengan benda uji yang lebih besar dari 30 benda uji berpasangan. Jika jumlah benda uji lebih kecil dari 30, harus dilakukan koreksi dan apabila tidak ada sama sekali maka diambil nilai tambahnya sebesar 12 Mpa. Menurut rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dimana S adalah standar deviasi, x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian untuk masing-masing benda uji, \bar{x} adalah kuat tekan rata-rata dan n adalah jumlah data. Standar deviasi harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu, dan produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
2. Mewakili kuat tekan beton yang diisyaratkan (f'_c) yang nilainya dalam batas ± 7 Mpa dari nilai f'_c yang ditentukan.
3. Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan yang jumlahnya minimum 30 benda uji, diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
4. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai data hasil uji yang memenuhi persyaratan, tetapi hanya ada 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar dikalikan dengan faktor pengali dalam Tabel 2.17.
5. Bila data hasil uji kurang dari 15, maka kuat tekan rencana yang ditargetkan diambil sebesar $f'_c + 12$ Mpa.

Tabel 2.11 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 2.4.2.1 (5)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 atau lebih	1.00

Sumber : (SNI 03-2834-1993:7)

Catatan : nilai yang berada diantaranya dilakukan interpolasi.

2.4.2.2 Nilai tambah atau margin

Nilai tambah atau margin dapat dihitung dengan formula yang disajikan seperti di bawah ini :

$$M = k * s_r,$$

Dengan M adalah nilai tambah, k adalah tetapan statistik yang nilainya tergantung pada prosentase hasil uji yang lebih rendah dari f'_c (dalam hal ini diambil 1,64) dan s_r adalah standar deviasi. Rumus diatas dapat ditulis menjadi $M = 1,64*s_r$. Jadi kuat tekan rencana yang ditargetkan :

$$\sigma_{bm} = \sigma_{bk} + M$$

Dengan ; σ_{bm} = kuat tekan beton rata-rata (Mpa atau kg/m^2)

σ_{bk} = kuat tekan beton rencana (Mpa atau kg/m^2)

M = nilai tambah margin (Mpa atau kg/m^2)

2.4.2.3 Pemilihan faktor air semen

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{A}{B^{1.5} * X}$$

Keterangan : f'_c = Kuat tekan beton yang diisyaratkan

X = faktor air semen

A, B = konstanta

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan *additif cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2-0,5 (SNI 03-6468-2000).

Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

$$f_{as} = w / (c + p)$$

Keterangan : Fas = Rasio Faktor air semen

W = Berat air total

c = Berat semen

p = Berat bahan tambah pengganti semen

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan pada:

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman, dapat digunakan tabel 2.12 dan grafik 2.3 (SNI,1990:6-8).
2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi ketentuan SK.SNI untuk beton tahan sulfat dan beton kedap air (PB,1989:21-23) seperti yang tercantum dalam tabel 2.13, 2.13.a dan 2.13.b (SNI,1990:-9-11).

Tabel 2.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan F.A.S-0.5 dan Jenis Semen serta Agregat yang Biasa Dipakai di Indonesia

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	KEKUATAN TEKAN (Mpa), PADA UMUR (HARI)				BENTUK BENDA UJI
		3	7	28	91	
Semen portland Tipe I atau Semen	Batu tak dipecah (alami)	17 19	23 27	33 37	40 45	Silinder

tahan Sulfat Tipe II, V	Batu Pecah					
	Batu tak dipecah (alami) Batu Pecah	20 23	28 45	40 45	48 54	Kubus
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecah (alami) Batu Pecah	21 25	28 33	38 44	44 48	Silinder
	Batu tak dipecah (alami) Batu Pecah	25 30	31 40	46 53	53 60	Kubus

Sumber:(Tabel 1, SNI 03-2834-1993:5)

Tabel 2.13 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

Deskripsi	Jumlah semen min. Dalam 1 m ³ beton (kg)	FAS
Beton di dalam ruangan bangunan:		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0.60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	325	0.52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0.60 0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton yang masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfue dan alkali		Lihat tabel 2.14.a

Beton yang terus menerus berhubungan dengan air: a. Air tawar		Lihat tabel 2.14.b
b. Air laut		

Sumber: (Tabel 4, SNI 03-2834-1993:9)

Tabel 2.13.a Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar Gangguan Sulfat	Konsentrasi Sulfat dalam Bentuk SO ₃			Tipe semen	Kandungan Semen Min. Kg/m ³ Ukuran Nominal Agregat Maks.			Faktor Air Semen
	Dalam Tanah		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah, gr/lit		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam camp. Air:Tanah=2:1 gr/lit						
1	Kurang dari 0.2	Kurang dari 1.0	Kurang dari 0.3	Tipe I dengan atau Tanpa Pozzolan (15-40%)	80	300	350	0.50
2	0.2	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I dengan atau Tanpa Pozzolan (15-40%)	290	330	380	0.50
				Tipe I Pozzolan (15-40%) atau Semen Portland Pozzolan	270	310	360	0.55
				Tipe II atau V	250	290	340	0.55
3	0.5-1	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I Pozzolan (15-40%) atau	340	380	430	0.45

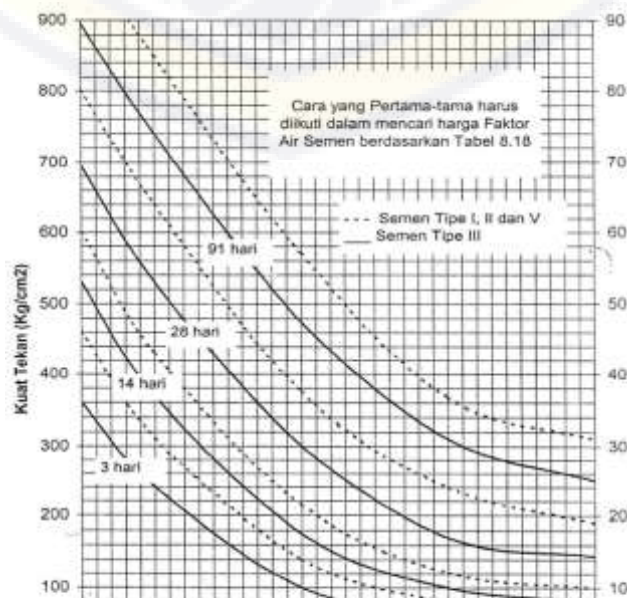
				Semen Portland Pozzolan				
				Tipe II atau V	290	330	380	0.50
4	1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II atau V	330	370	420	0.45
5	Lebih dari 2.0	Lebih dari 5.6	Lebih dari 5.0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330	370	420	0.45

Sumber: (Tabel 5, SNI 03-2834-1993:10)

Tabel 2.13.b Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air

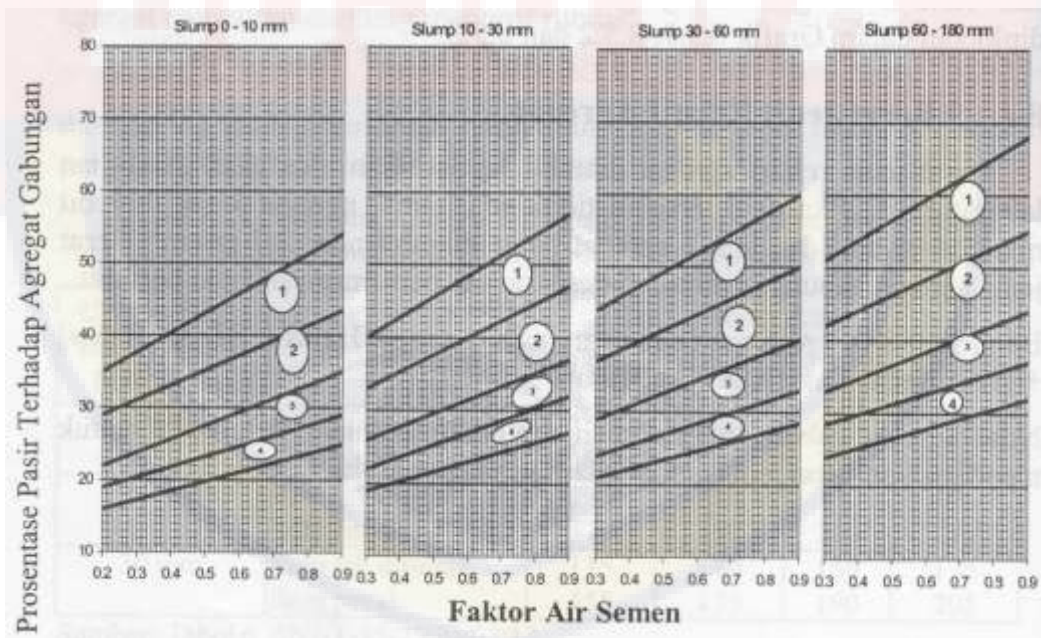
Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Tipe Semen	Kandungan semen Minimum (Kg/m ³)	
				Ukuran Nominal Agregat Maksimum	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air Tawar	0.50	Tipe I-V	280	300
	Air Payau	0.45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau semen Portlan Pozolan	340	380
				290	330
	Air Laut	0.45	Tipe II atau V	330	370

Sumber: (Tabel 6, SNI 03-2834-1993:10)

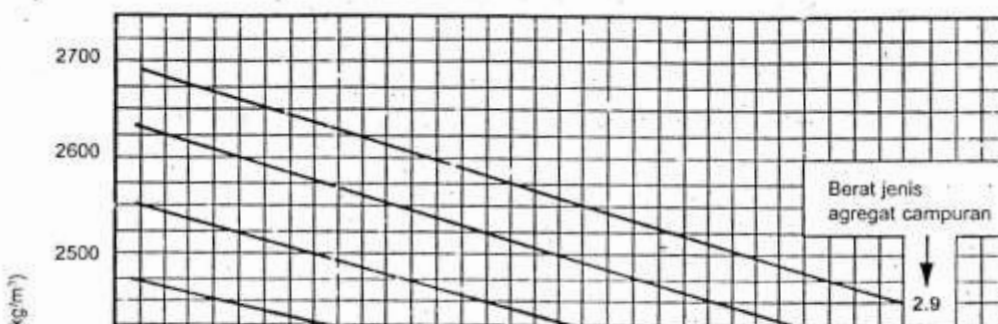


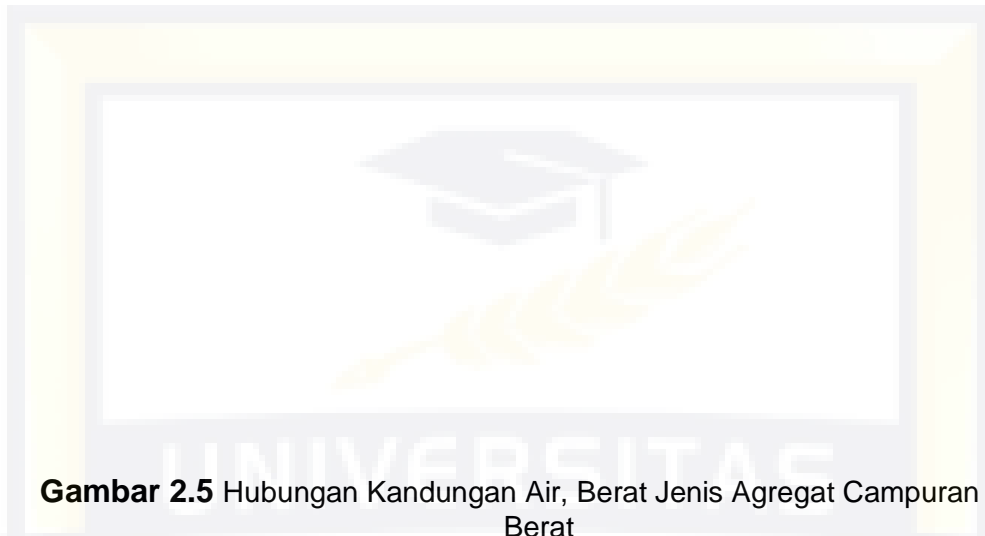


Gambar 2.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Kubus (150 x 150 x 150 mm)



Gambar 2.4 Prosentae Jumlah Pasir yang Dianjurkan untuk Daerah Susunan Butir 1, 2, 3 dan 4 dengan Butir Maksimum Agregat 20 mm





Gambar 2.5 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat

2.4.2.4 Slump

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi) (SNI 03-1972-1990).

2.4.2.5 Besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- (1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan
- (2) Sepertiga dari tebal plat
- (3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

2.4.2.6 Kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut. Agregat yang di pecah atau agregat yang tak di pecah (alami) menggunakan Tabel 2.14 dan agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Dimana W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 2.14 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan

Ukuran Besar Butiran Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10 mm	Batu Tak Dipecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu Tak Dipecah	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
30 mm	Batu Tak Dipecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber: (Tabel 8, SNI 03-2834-1993:8)

Catatan :

1. Untuk suhu diatas 20°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambahkan air sebanyak 5 liter per meter kubik adukan beton.
2. Untuk permukaan agregat yang kasar, harus ditambahkan air kira-kira 10 liter per meter kubik adukan beton.

2.4.2.7 Susunan gradasi agregat halus

Susunan gradasi agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat gradasi. Dalam syarat gradasi menurut SK.SNI.T-15-1990-03 dibagi menjadi 4 yaitu zona 1, 2, 3, 4 (lihat grafik

2.1.a s/d 2.1.d) dan untuk agregat gabungan dibagi menjadi tiga yaitu butir maksimum 40, 20, dan 10 (grafik 2.2.a s/d 2.2.d).

2.4.2.8 Proporsi agregat halus

Proporsi agregat halus ditentukan berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, faktor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus.

2.4.2.9 Berat jenis relatif agregat

Berat jenis relatif agregat diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Jika data tersebut tidak ada, untuk agregat kasar diambil nilai 2,7 gr/cm³. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis (BJ) Agregat Gabungan} = [\% \text{ Agregat Halus} \times \text{BJ. Ag. Halus}] + [\% \text{ Agregat Kasar} \times \text{BJ. Ag. Kasar}]$$

Nilai agregat gabungan kemudian di plotkan kedalam Grafik 2.5 untuk mendapatkan berat jenis beton dalam keadaan basah.

2.4.3 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150

mm dan tinggi 300 mm atau kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39 atau menurut yang disyaratkan PBI 1989.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah (SNI 03-1974-1990):

$$F = \frac{P}{A}$$

Keterangan : F = Kuat tekan benda uji

P = beban maksimum (kg/cm²)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Bila tidak ada ketentuan lain konversi kuat tekan beton dari bentuk silinder ke bentuk kubus, maka gunakan angka perbandingan kuat tekan seperti berikut :

Tabel 2.15 Daftar Konversi

Bentuk benda uji	Perbandingan
Kubus : 15 cm x 15 cm x 15 cm	1,0
: 20 cm x 20 cm x 20 cm	0,95
Silinder : 15 cm x 15 cm	0,83

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Pengaruh mutu semen portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan.
4. Pengaruh umur beton.
5. Pengaruh waktu pencampuran.
6. Pengaruh perawatan.
7. Pengaruh bahan campuran tambahan.

2.5 Pengerjaan beton

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan, pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengelolaan beton perlu diperhatikan. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaannya tidak dikontrol dengan baik, kemungkinan dihasilkan beton yang tidak sesuai dengan rencana akan semakin besar.

2.6 Pemadatan beton

Pemadatan merupakan kegiatan yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan beton. Baik atau tidaknya pemadatan dapat mempengaruhi mutu beton.

Tujuan dari pemadatan antara lain :

1. Menghindari adanya rongga-rongga udara pada beton
2. Mencapai pemadatan beton yang maksimal

Pemadatan dapat dilakukan melalui :

1. Pemadatan dengan menggunakan batang penusuk
2. Pemadatan dengan menggunakan mesin penggetar (vibrator)

2.7 Perawatan beton

Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena mengalami kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan tinggi minimal 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat. (PB,1989:29)

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedapannya terhadap air, ketahanan aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Alfian Hendri Umboh, Marthin D.J Sumajouw dan Reky S. Winda 2014)

Judul : Pengaruh pemanfaatan abu terbang (fly ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai substitusi parsial Semen terhadap kuat tekan beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang (fly ash) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (fly ash) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (fly ash) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (fly ash) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (fly ash) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

2. I Wayan Suarnita (2011)

Judul : Kuat tekan beton dengan aditif fly ash ex. PLTU Mpanau Tavaeli.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh abu terbang terhadap kuat tekan beton. Penentuan komposisi campuran berdasarkan SK SNI T-15-1990-03. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu terbang antara 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai bahan tambah. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah dalam campuran beton mengalami peningkatan kuat tekan antara 5,088%, 9,473%, 12,103%, 14,034% hingga 15,437% dari beton normal.

3. Dionysia Elvera Puspita Sari (2013)

Judul : Pengaruh komposisi beton non pasir dengan substitusi fly ash dan superplasticizer terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan daya serap air.

Penelitian ini akan menguji mengenai pengaruh komposisi beton non pasir dengan substitusi fly ash sebesar 20% dan superplastizer Viscocrete-10 sebesar 0,6% untuk reduksi air sebesar 20%. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai kuat tekan, modulus elastisitas, dan daya serap air optimum. Diharapkan beton non pasir dapat digunakan sebagai beton struktural. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi eksperimen dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium. Variasi

perbandingan yang digunakan adalah 1:2, 1:4, 1:6, 1:8, dan 1:10 dengan direncanakan faktor air semen sebesar 0,4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata untuk perbandingan 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 umur 28 hari berturut-turut adalah 1,044 MPa, 1,090 MPa, 1,122 MPa, 1,698 MPa, dan 1,493 MPa. Sedangkan untuk beton non pasir umur 56 hari diperoleh nilai kuat tekan rata-rata untuk perbandingan 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 berturut-turut adalah 3,388 MPa, 3,686 MPa, 4,010 MPa, 4,406 MPa, dan 4,269 MPa. Peningkatan kuat tekan beton dari umur 28 hari ke umur 56 hari untuk perbandingan 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 berturut-turut sebesar 224,61%, 238,03%, 257,48%, 159,51% dan 185,90%. Kuat tekan maksimum beton non pasir umur 28 hari diperoleh pada perbandingan 1:8 sebesar 1,698 MPa. Kuat tekan maksimum beton non pasir umur 56 hari diperoleh pada perbandingan 1:8 sebesar 4,406 MPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata untuk perbandingan 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 umur 28 hari berturut-turut adalah 5.598,02 MPa, 7.417,8 MPa, 7.798,02 MPa, 11.766,45 MPa, dan 11.226,02 MPa. Nilai modulus elastisitas maksimum beton non pasir umur 28 hari diperoleh pada perbandingan 1:8 sebesar 11.766,45 MPa. Daya serap air (%) untuk beton non pasir dengan perbandingan 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 secara berturut-turut sebesar 3,173%, 4,324%, 4,445%, 4,854%, dan 5,192%. Dari hasil penelitian yang telah

dilakukan, beton non pasir tidak dapat menjadi beton struktural karena tidak memenuhi syarat beton struktural dengan kuat tekan minimal 17,5 MPa.

4. Adrian Austen (2014)

Judul : Pengaruh komposisi beton non-pasir dengan Substitusi fly ash dan superplasticizer terhadap Kuat lentur dan tarik belah

Pada penelitian ini menggunakan metode studi eksperimen dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi dari superplasticizer dan fly ash terhadap kuat tarik belah dan lentur balok. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter ± 150 mm dan tinggi ± 300 mm untuk pengujian tarik belah dan balok dengan ukuran panjang ± 500 mm, lebar ± 100 mm dan tinggi ± 100 mm untuk pengujian kuat lentur. Variasi benda uji pada penelitian menggunakan perbandingan semen dengan kerikil sebesar 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 dan 1:10 dan pengujian pada umur beton 28 hari dan 56 hari. Benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 60 buah yaitu 30 silinder untuk pengujian kuat tarik belah dengan 3 benda uji untuk setiap variasi dan 30 balok untuk pengujian kuat lentur balok dengan 3 benda uji untuk setiap variasi. Perencanaan adukan beton menggunakan substitusi fly ash sebesar 20 %, penggunaan superplasticizer Viscocrete-10 sebanyak 0,6% dengan reduksi air sebesar 20 % dan faktor air

semen (fas) 0,4. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh substitusi fly ash dan superplasticizer mengakibatkan adukan beton memiliki nilai slump di atas 15 cm sehingga adukan menjadi terlalu encer. Berdasarkan dari berat jenisnya benda uji beton non pasir tergolong dalam jenis beton ringan. Dari hasil penelitian nilai kuat tarik belah dan lentur balok tertinggi pada perbandingan semen dengan kerikil 1:2 dengan umur 56 hari dengan nilai 1,2554 MPa dan 3,7273 MPa. Nilai dari kuat tarik berada di antara 3,5 MPa ($0,1 f'_c < f'_{ct} < 0,2 f'_c$, dengan $f'_c = 17,5$ MPa) sehingga dapat disimpulkan beton non pasir dengan substitusi fly ash dan superplasticizer tidak memenuhi syarat sebagai beton structural

5. Ashap budimir (2012), Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas 45 Makassar

Judul : Optimalisasi variasi abu batu dan pasir untuk beton K-800 dengan menggunakan admixture glenium 190.

- a. Karena butiran abu batu lebih kasar dibandingkan pasir alami yang ditunjukkan nilai FM paling tinggi (3.07) , maka setiap penambahan prosentase abu batu dalam campuran akan menaikkan nilai FM (modulus kehalusan).
- b. Setiap penambahan prosentase abu batu pada campuran akan meningkatkan mutu beton, ini ditunjukkan dengan nilai tertinggi didapat pada 100% abu batu yang dipergunakan untuk menggantikan pasir.

c. Kenaikan mutu beton dengan penambahan prosentase abu batu berkisar antara 1,7% - 5,1% pada umur 7 hari, 2,4% - 8,2% pada umur 14 hari, dan 3,6% - 15,7% pada umur 28 hari.

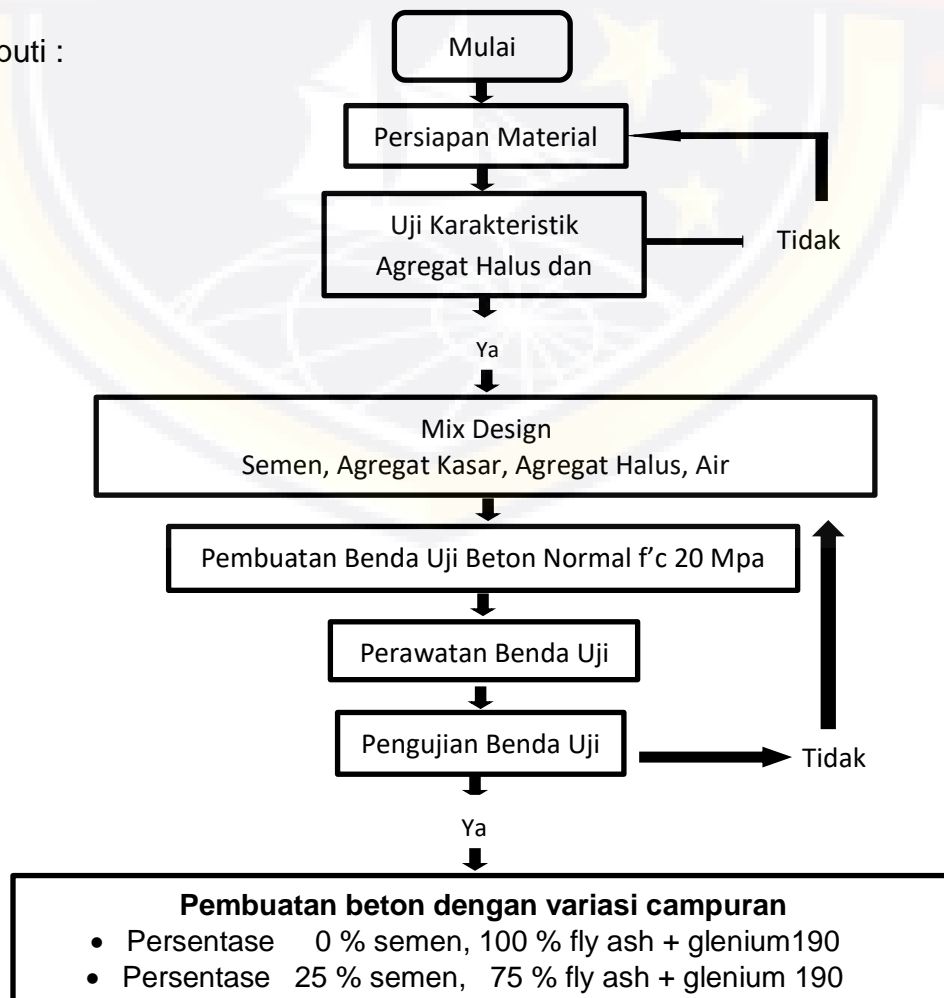
d. Mutu beton umur 28 hari pada campuran 75 : 25 ke campuran 50:50, terjadi penurunan mutu beton walaupun tidak signifikan bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantara perlakuan pada saat pembuatan benda uji dan perawatan benda uji.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Adapun diagram alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :



3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa, Jln. Urip Sumoharjo Km. 4, Makassar selama 4 (Empat) bulan yaitu dari bulan April-Juli 2018.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang dibutuhkan :

- a. PCC (*Portland Composite Cement*) produk dari Semen Tonasa
- b. Agregat halus (Pasir)
- c. Agregat kasar (Split 1-2 mm)
- d. Admixture polimer base (Glenium 190)
- e. Fly ash diambil dari PLTU Barru
- f. Air PDAM

3.3.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Timbangan Digital

Timbangan digital yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua yakni timbangan dengan kapasitas maksimum 10 kg dan timbangan dengan kapasitas maksimum 100 kg.



Gambar 3.1 Timbangan Digital

b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat kasar dimana biasanya oven digunakan hampir disetiap pengujian karakteristik agregat, dengan standar suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.2 Oven

c. Saringan Agregat

Saringan agregat digunakan untuk pengujian analisa saringan baik itu untuk agregat kasar maupun agregat halus namun ukuran saringan untuk agregat kasar berbeda dengan ukuran saringan untuk agregat halus.



Gambar 3.3 Saringan

d. Bejana Silinder (*Mold*)

Alat ini digunakan untuk menguji berat isi dari material, baik itu berupa agregat kasar.



Gambar 3.4 Bejana Silinder

e. Mistar Perata

Mistar digunakan untuk mengukur agar tingkat ketelitian dari pengujian lebih baik.

f. Sendok Cetok dan Sekop

Sendok cetok dan sekop digunakan untuk memindahkan agregat yang akan digunakan dari satu tempat ketempat yang lain.

g. Wadah atau penampung material

Wadah atau penampung material yang digunakan adalah ember, talam dimana wadah ini digunakan untuk mempermudah dalam pengujian material.





Gambar 3.5 Wadah atau penampung material

h. *Mixer Concrete* (Molen Beton)

Mixer concrete digunakan untuk mencampur seluruh bahan material sesuai dengan rancangan campuran beton, namun mixer



ini hanya mampu menampung kapasitas 5 volume kubus.

Gambar 3.6 Mixer concrete

i. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji yang digunakan yaitu silinder besar dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

j. Bak Perendam

Bak perendam yang digunakan bentuk dan ukurannya relative, yakni disesuaikan dengan ukuran dan jumlah dari beton yang ingin direndam dalam air.



Gambar 3.7 Bak perendam

k. *Compressive Strength* (Alat kuat tekan beton)



Mesin untuk mengetahui nilai kuat tekan benda uji.

Gambar 3.8 *Compressive Strength*

3.4 Pengumpulan Data dan Analisis

3.4.1 Pemeriksaan Material yang Digunakan

1. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
2. Pemeriksaan kadar air agregat
3. Pemeriksaan berat volume
4. Pemeriksaan berat jenis
5. Analisis saringan dan modulus halus butir

3.4.2 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Tata cara ini hanya berlaku untuk beton berkekuatan tinggi yang diproduksi dengan menggunakan bahan metode produksi konvensional. Metode perhitungan ini digunakan adalah SNI 03-2834-1993.

Dalam perhitungan ini, nilai-nilai yang perlu diketahui sebelum perhitungan yaitu : kuat tekan yang diisyaratkan adalah 20 Mpa pada umur 28 hari.

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam sedangkan agregat kasar yang digunakan adalah split (batu pecah) 1-2 mm.

Bahan tambah yang digunakan adalah Admixture Glenium 190 yang berbahan dasar polimer. Dengan jumlah dosis normal 0.7 -1.2 liter dari berat semen per 100 kg.

Slump yang digunakan adalah 30-60 mm setelah penambahan admixture.

3.5 Pembuatan dan Perawatan benda uji

1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut :

- Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

- Melakukan pengujian karakteristik agregat halus dan kasar.
- Melakukan perancangan campuran beton (mix design 20 Mpa)
- Membuat sampel benda uji Slinder ukuran 15 x 30 cm dengan total keseluruhan 15 buah sampel silinder. Dengan rincian sebagai berikut :

Perbandingan, semen : fly ash	0% : 100%	= 3 Buah + glenium 190
Perbandingan, semen : fly ash	25% : 75%	= 3 Buah + glenium 190
Perbandingan, semen : fly ash	50% : 50%	= 3 Buah+ glenium 190
Perbandingan, semen : fly ash	75% : 25%	= 3 Buah+ glenium 190
Perbandingan, semen : fly ash	100% : 0%	= 3 Buah+ glenium 190
Total sampel		15 buah

- Mengeluarkan benda uji dari cetakan dan melakukan perawatan benda uji dengan perendaman di dalam air PDAM dengan umur beton 28 hari.
 - Melakukan pengetesan kuat tekan beton masing-masing benda uji.
2. Tahapan pembuatan benda uji
- Menimbang/menakar bahan yang dibutuhkan (PCC, fly ash, pasir, split, admixture dan air berdasarkan perhitungan rancangan beton (mix design).
 - Masukkan pasir dan split ke dalam mixer concrete yang sedang berputar.
 - Masukkan air dengan jumlah yang telah direncanakan sedikit demi sedikit.

- Setelah merata, selanjutnya masukkan PCC dan fly ash secara perlahan hingga bahan tercampur dengan baik.
- Aduk sampai semua bahan tercampur dengan baik dan menjadi homogen kemudian tuangkan admixture Glenium 190 ke dalam adukan secara perlahan-lahan dengan takaran yang telah ditentukan sambil mengaduk beton hingga homogen.
- Setelah adukan beton merata dengan baik, adukan beton dituang ke dalam talam dan lakukan pengujian slump test untuk mengetahui kekentalan adukan beton segar.
- Isi cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan beton yang telah di uji slumpnya.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata/sendok semen dan simpan benda uji ditempat yang terlindung dari hujan dan sinar matahari selama 24 jam.
- Buka cetakan benda uji dan lakukan perawatan beton (curing) dengan merendamnya di dalam air PDAM selama : umur beton 28 hari.
- Apabila benda uji telah mengalami perawatan dengan waktu perendaman yang telah ditentukan maka selanjutnya benda uji dikeluarkan dari bak perendaman kemudian keringkan benda uji di sinar matahari langsung hingga kondisi SSD.

- Beri keterangan pada permukaan benda uji sesuai umur yang ditentukan dan lakukanlah pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan alat compressive strength.

3.6 Variabel dan Konstanta penelitian

Tabel 3.1 *Variable dan Konstanta Penelitian*

Uraian	Perbandingan	Umur (hari)	Jumlah Sampel
Semen : Fly Ash	0 : 100	28	3
Semen : Fly Ash	25 : 75	28	3
Semen : Fly Ash	50 : 50	28	3
Semen : Fly Ash	75 : 25	28	3
Semen : Fly Ash	100 : 0	28	3
Jumlah			15

3.7 Notasi Sampel

Table 3.2 *Notasi Sampel*

No	Perbandingan		Glenium 190	Notasi	Jumlah Sampel
	Semen	Fly Ash			
1	100	0	100	CF-0	3

2	75	25	75	CF-25	3
3	50	50	50	CF-50	3
4	25	75	25	CF-75	3
5	0	100	0	CF-100	3
JUMLAH					15

3.8 Metode Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode analisis kuantitatif yang menggunakan data statistik dan kemudian terjadi kegiatan dalam analisis tersebut, antara lain yaitu mengelompokkan data berdasarkan variabel. Melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah dan melakukan perhitungan untuk menguji penelitian. Dalam proses ini dipakai Microsoft Excel untuk menyajikan data menjadi informasi yang lebih sederhana. Setelah itu dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut untuk kemudian ditarik kesimpulan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Penulis telah mengadakan pengujian karakteristik terhadap material yang akan digunakan dalam pencampuran beton, dimana Agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir) bersumber dari bili-bili. Adapun hasil pengujian karakteristik agregat diuraikan sesuai table dibawah ini.

Tabel. 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan

No. Saringan	Rata- Rata Persen Lolos (%)		
	BatuPecah 1-2	BatuPecah 2-3	Pasir
2"	100,00	100,00	100,00
1 ½"	100,00	100,00	100,00
¾"	100,00	22,08	100,00
½"	45,12	1,98	100,00
⅜"	23,60	1,85	100,00
No. 4	3,98	1,82	99,98
No. 8	2,18	1,78	96,42
No. 16	2,15	1,73	85,04
No. 30	2,13	1,69	50,11
No. 50	2,08	1,66	19,06
No. 100	1,72	1,64	10,33
Pan	1,39	1,39	2,51

Sumber :Hasil Pengujian

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
Analisa Saringan	-	Daerah 2	
Berat Jenis :	1,6 % – 3,2 %		
Batu Pecah 1-2		2,24 %	Memenuhi
Batu Pecah 2-3		2,65 %	Memenuhi
Penyerapan :	0,2 % – 4,6 %		
Batu Pecah 1-2		1,36	Memenuhi
Batu Pecah 2-3		1,70 %	Memenuhi
Berat Isi :	1,4 – 1,9		
Batu Pecah 1-2	gr/cm ³	1,51gr/cm ³	Memenuhi
Batu Pecah 2-3		1,51 gr/cm ³	Memenuhi
Kadar Air	0,5 % - 2 %	0,92%	Memenuhi
Kadar lumpur	≤ 1 %	0,73 %	Memenuhi

Sumber :Hasil Pengujian

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
Analisa Saringan	-	Daerah 2	
Berat Jenis	1,6 % – 3,2 %	2,27 %	Memenuhi
Penyerapan	0,2 % – 2 %	1,93 %	Memenuhi
Berat Isi	1,4 – 1,9 gr/cm ³	1,56 gr/cm ³	Memenuhi
Kadar Air	3 % - 5 %	4,17 %	Memenuhi
Kadar lumpur	≤ 5 %	0,62 %	Memenuhi

Sumber :Hasil Pengujian

Dari tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 diatas, didapatkan hasil karakteristik dari agregat yang akan digunakan pada campuran beton, sehingga telah memenuhi syarat dan ketentuan berdasarkan standar yang telah ditetapkan, untuk selanjutnya digunakan dalam *mix design*.

4.1.2 Mix Design

Dalam perencanaan campuran beton segar, penentuan proporsinya berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan sebelumnya untuk kemudian disesuaikan terhadap kuat tekan

beton yang direncanakan sebagaimana yang dapat dilihat di dalam tabel

4.4 berikut ini.

Tabel. 4.4 Data *Mix Design*

Data	Satuan	Nilai
Faktor air semen (Fas)	Grafik	0,47
Faktor air semen maksimum	Tabel	0,60
Kadar air bebas	Kg/m ³	185
Kadar semen maksimum	Kg/m ³	394
Kadar agregat gabungan	Kg/m ³	1648,38
Kadar agregat halus	Kg/m ³	576,93
Kadar agregat kasar BP 1-2	Kg/m ³	412,10
Kadar Agregat Kasar BP 2-3	Kg/m ³	659,35
Berat jenis gabungan	%	2,5

Sumber :Hasil Pengujian

Tabel. 4.5 Pencampuran beton segar

Material	Berat/m ³ beton (kg)	Volume benda uji	Berat per 1 sampel (kg)
Air	168,22	0,0064	1,07
Semen	393,62	0,0064	2,50
Pasir	598,86	0,0064	3,81
BatuPecah 1-2	409,25	0,0064	2,60
BatuPecah 2-3	655,92	0,0064	4,17

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.3 Hasil Pengujian Beton Normal

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kuat tekan Beton Normal

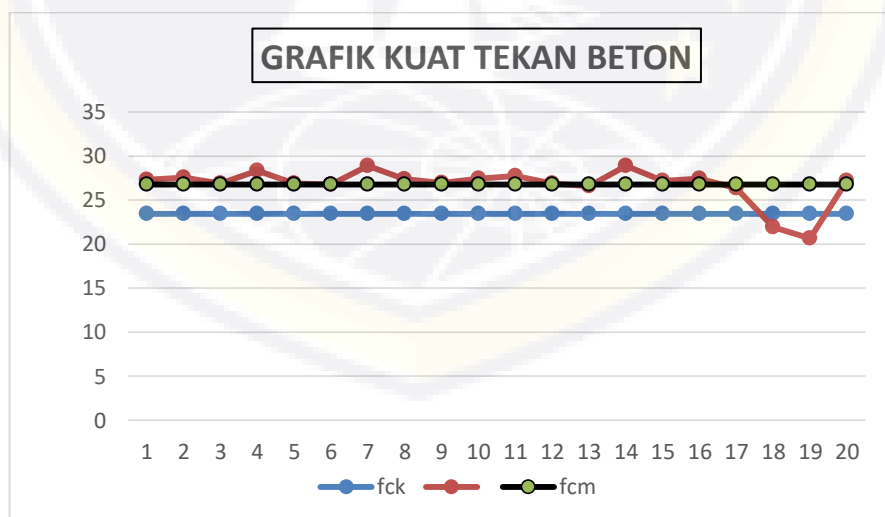
No. Benda Uji	Slump	Kekuatan Tekan
	cm	MPa
BN-01	7	27,35
BN-02	7	27,57
BN-03	7	26,89
BN-04	7	28,37
BN-05	7	26,89
BN-06	8	26,78
BN-07	8	28,87
BN-08	8	27,40
BN-09	8	26,95
BN-10	8	27,46
BN-11	8	27,74
BN-12	8	26,89
BN-13	8	26,61
BN-14	8	28,87
BN-15	8	27,18
BN-16	7	27,46
BN-17	7	26,33
BN-18	7	21,91
BN-19	7	20,67
BN-20	7	27,18
Slump Rata-rata	7,5	
Kuat Tekan Rata-rata	F'cm	26,77
Standar Deviasi	Sdev	2,0024
Kuat Tekan Karakteristik	F'ck	23,47

Sumber : Hasil Pengujian

Dari tabel 4.6 diatas, didapatkan bahwa Hasil kuat tekan rata-rata (f'_{cm}) beton normal sebanyak 15 sampel diatas telah memenuhi target kuat tekan beton yang direncanakan yaitu sebesar 20 MPa, sehingga agregat yang digunakan pada saat beton normal dapat digunakan pula untuk campuran beton variasi.

Dari table diatas, juga menunjukkan bahwa target slump yang direncanakan yakni 7 ± 2 atau antara 5 – 9 cm masih memenuhi dari setiap pengadukan beton segar yang dilakukan. Dimana pada setiap proses pengadukan diupayakan dalam konsistensi waktu yang sama dan pengujian slump dilakukan dengan hanya sekali, serta adanya kemudahan dalam proses pemadatan beton dengan cara penusukan Hal ini menjelaskan bahwa pada Fas 0,47 dengan slump tersebut diatas, menunjukkan adanya kemudahan dalam pengerjaan beton.

Adapun grafik hubungan kuat tekan beton dari tiap sampelnya terhadap nilai F'_{ck} dan F'_{cm} dapat dilihat pada gambar grafik 4.1 dibawah ini.



Grafik 4.2 Hubungan Kuat Tekan F'_{cr} , F'_{cm} dan F'_{ck} tiap sampel

4.1.4 Beton Variasi

Dalam pengujian beton variasi, setelah di dapatkan hasil pengujian kuat tekan dari beton normal dimana agregat yang digunakan memenuhi kriteria dari kuat tekan beton yang direncanakan, sehingga material dan *Mix design* yang sama masih tetap digunakan pada perencanaan campuran beton variasi, dengan penambahan / substitusi material lain diantaranya fly ash serta zat kimia glenium 190. Adapun proporsi campuran beton variasi dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel. 4.7 Notasi Sampel

Variasi	Keterangan	Jumlah Benda Uji
CF 0	Fly Ash 0%	3
CF 25	Fly Ash 25 %	3
CF 50	Fly Ash 50 %	3
CF 75	Fly Ash 75 %	3
CF 100	Fly Ash 100 %	3

Tabel. 4.8 Proporsi campuran tiap variasi

Notasi	BatuPecah 1-2	BatuPecah 2-3	Pasir	Semen	Fly Ash	Glenium 190
CF	%	%	%	%	%	ml
CF 0	100	100	100	100	0	93,2
CF 25	100	100	100	75	25	124,3
CF 50	100	100	100	50	50	186,6
CF 75	100	100	100	25	75	372,3
CF 100	100	100	100	0	100	0

Sumber : Hasil Pengujian

Dari tabel 4.7 diatas, dapat dijelaskan notasi sampel yang digunakan sebagai penanda dalam membedakan setiap variasi beton. Serta tabel 4.8 proposi campuran tiap variasi untuk mengetahui proporsi dari setiap variasi beton dalam satuan persen. Dimana dalam penelitian ini terdapat 7 (Tujuh) macam variasi yang masing-masing berjumlah 3 (Tiga) sampel sebagai bahan pembanding.

Tabel. 4.9 Perhitungan Berat tiap variasi

Variasi	Batu Pecah 1-2	Batu Pecah 2-3	Pasir	Semen	Fly Ash	Air	Glenium 190
Berat Per 3 Benda uji	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	ml
CF 0	7,81	12,51	11,42	7,51	0,00	3,21	93,2
CF 25	7,81	12,51	11,42	5,63	1,88	4,52	124,3
CF 50	7,81	12,51	11,42	3,75	3,75	4,52	186,6
CF 75	7,81	12,51	11,42	1,88	5,63	4,52	372,3
CF 100	7,81	12,51	11,42	0	7,51	4,52	0

Sumber : Hasil Pengujian

Perhitungan berat semen = $\text{semen normal} \times \text{persen yang direncanakan}$

Perhitungan dosis Glenium 190

$\frac{\text{Total}}{\text{Glenium}}$

4.1.5 Hasil Pengujian Beton Variasi

Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan beton variasi

Variasi	Kuat Tekan Rata-rata
	MPa
I	18,21
II	17,71
III	14,06
IV	10,5
V	8,66

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel diatas, dapat dijelaskan bahwa target slump yang direncanakan yakni 7 ± 2 atau antara 3 – 7 cm memenuhi dari setiap pengadukan beton segar yang dilakukan disetiap variasi. Dimana pada setiap proses pengadukan diupayakan pengujian slump dilakukan dengan hanya sekali.

Disisi lain, untuk mengimbangi proses pengadukan dengan adanya substitusi fly ash, maka penambahan glenium 190 juga memberi pengaruh lama waktu pengadukan menjadi lebih cepat serta mengurangi kebutuhan air. Sehingga apabila proses pengadukan tidak berlangsung lama maka kandungan udara didalamnya akan semakin sedikit. Selain itu, dengan adanya glenium 190 proses penggabungan campuran menjadi lebih cepat sehingga lama waktu pengadukan menjadi lebih singkat serta lebih mudah saat dituang dan dipadatkan.

Dapat dikatakan bahwa semakin rendah nilai slump maka kekuatan beton akan semakin tinggi, dengan workabilitas yang tinggi.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hubungan Kadar Fly Ash dengan Slump

Pemeriksaan slump dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) adukan beton. Kelecakan adukan beton merupakan ukuran dan tingkat kemudahan campuran untuk di aduk, diangkat, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun dari beton itu sendiri. Tingkat kelecakan in dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

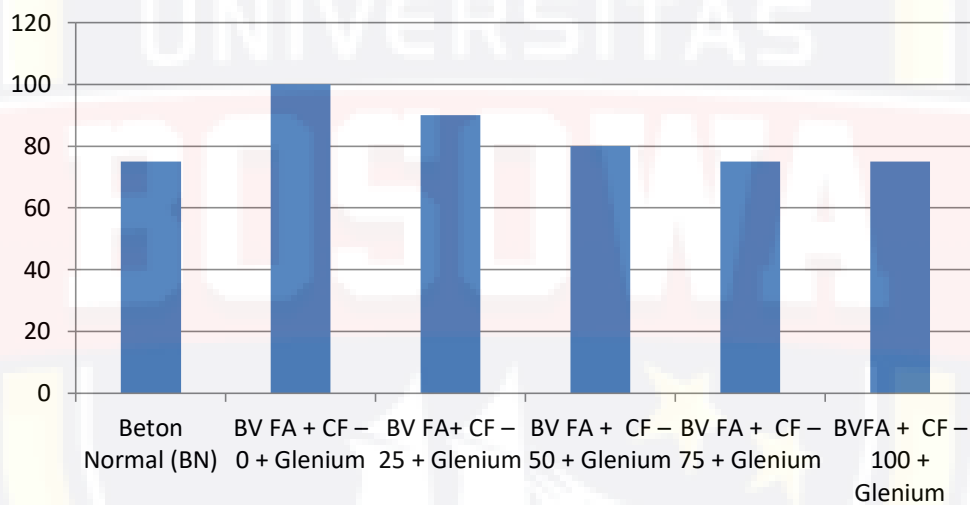
4.2 Gambar Slump



Adapun besarnya nilai slump yang diperoleh dari hasil penelitian ini dapat dilihat padatabel dan kolom berikut ini :

TABEL NILAI SLUMP	
Beton Normal (BN)	75
BV FA + CF – 0 + Glenium	100
BV FA+ CF – 25 + Glenium	90
BV FA + CF – 50 + Glenium	80
BV FA + CF – 75 + Glenium	75
BVFA + CF – 100 + Glenium	75

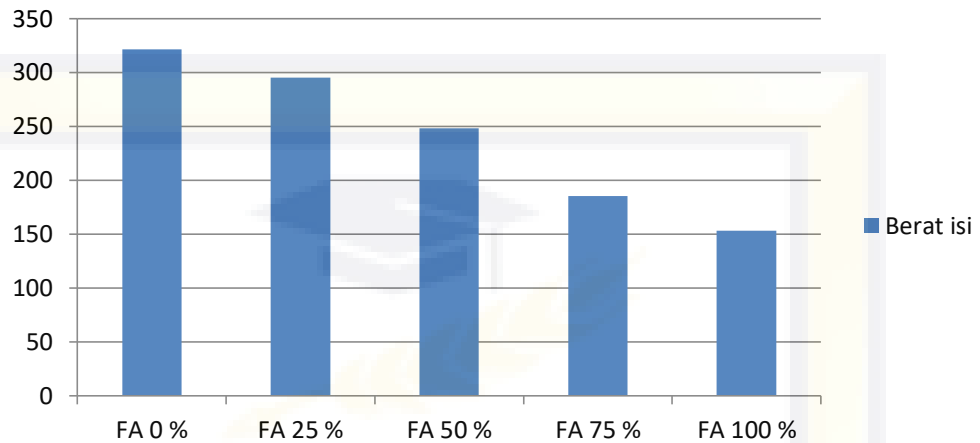
Nilai Slump (mm)



Berdasarkan hasil pemeriksaan nilai slump pada adukan beton segar di peroleh nilai slump pada beton normal (BN) dan Beton variasi sebesar 75mm dan 84mm

4.2.2 Hubungan Kadar Fly Ash dengan Berat Isi

Berat isi

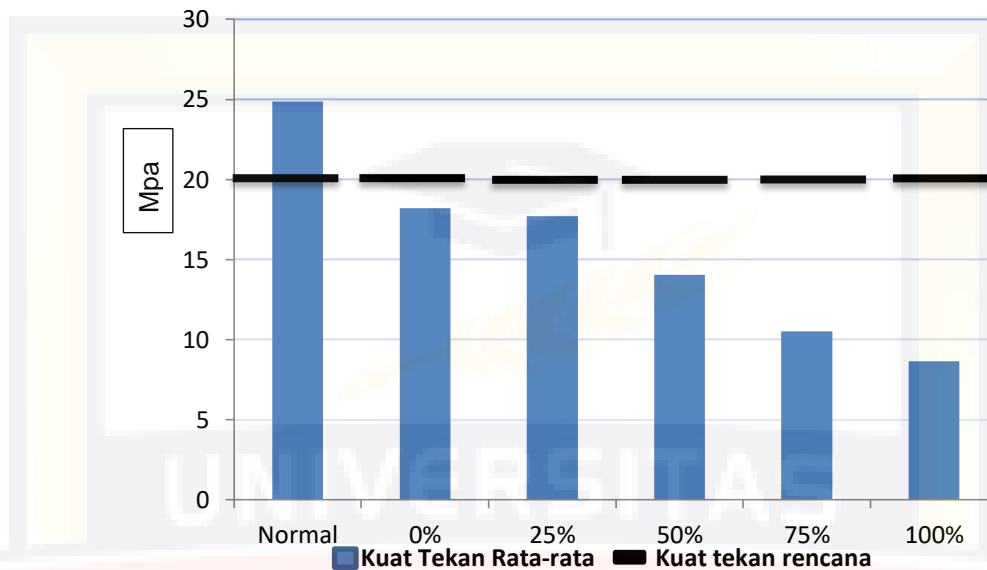


Dari grafik di atas menjelaskan bahwa jika fly ash 0 % diperoleh berat isi rata-rata 321.7 kN. Jika fly ash maksimum 100 % maka berat isinya 153.0 kN, jadi Semakin banyak persentase fly ash semakin rendah berat isi karena fly ash memiliki volume partikel yang sangat halus, yang mampu mengisi celah kecil dalam komposisi adukan beton, sehingga meningkatkan kepadatan beton dan kedap air.

4.2.3 Pengaruh Penambahan Fly Ash

Pada penelitian ini, fly ash menjadi material substitusi semen dengan variasi persentase berturut-turut sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari total berat semen. Sehingga menjadi hal yang perlu diketahui pula pengaruh Glenium 190 terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan grafik 4.1 di bawah ini, dapat digambarkan grafik Pengaruh beton normal terhadap penambahan fly ash sebagai pengganti semen sebagai berikut :

Hubungan Kuat Tekan Beton Variasi terhadap Target Kuat Tekan



Grafik 4.2 Hubungan Kuat Tekan Beton Variasi terhadap Kuat tekan rencana

Dari hasil diatas dapat dijelaskan bahwa substitusi fly ash sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap jumlah semen yang mempunyai nilai kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 18,21 MPa, 17,71 MPa, 14,06 MPa, 10,5 MPa dan 8,66 MPa. Yang mana menyebabkan penurunan nilai kuat tekan rata-rata beton jika dibandingkan dengan beton normal yang mempunyai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,86 Mpa, sehingga kuat tekan tersebut tidak memenuhi atau mencapai dari target kuat tekan beton yang direncanakan yaitu 20 MPa.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan, maka dapat kami simpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton normal dapat digunakan untuk campuran beton variasi dimana agregat yang digunakan memenuhi kriteria dari kuat tekan beton yang direncanakan memenuhi f'_c :20Mpa. Nilai kuat tekan beton variasi *Fly Ash* 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai pengganti semen dengan menggunakan bahan tambah glenium 190 berturut-turut sebesar 18,21 Mpa, 17,71 Mpa, 14,06 Mpa, 10,5 Mpa dan 8,66 Mpa.
2. Dengan menggunakan bahan tambah glenium 190, nilai slump beton jadi rendah sehingga membuat nilai tekan menurun
3. Semakin banyak persentasi *fly ash* semakin rendah berat isi karena *fly ash* memiliki volume yang sangat halus

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sebagai bahan pertimbangan, diajukan beberapa saran sebagai berikut

1. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut terkait pengaruh *Fly Ash* tanpa campuran material ataupun dengan menggunakan zat adiktif lain.
2. Dibutuhkannya penelitian lebih lanjut terkait pengaruh *fly ash* dan semen dengan variasi yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

Sumajouw, Marthin DJ.2013. Elemen Struktur Beton Bertulan Geopolymer. Yogyakarta:Andi Offset.

Anid/Glenium190/v1/200111/D.Basf

Engineer's Outlook. 2011. History of Reinforced Concrete and Structural Design. Engineersoutlook.wordpress.com

Sebayang, Surya. 2002. Pengaruh Kadar Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Beton Alir Mutu Tinggi. Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan. Edisi Ke enam

Mulyono,Tri,Ir,MT, Teknologi Beton, Andi Yogyakarta,2004.

Departemen Pekerjaan Umum, SK SNI T- 15-1991-03 Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, J

Ishikawa Y, 2007, Research On The Quality Distribution Of JIS Type-II Fly Ash In Japan, World of Coal Ash (WOCA), May



UNIVERSITAS

BOSOWA

L
A
M
P
I
R
A
N

DATA LABORATORIUM





The Chemical Company

GLENIUM 190

New high-range superplasticiser for precast application

DESCRIPTION

GLENIUM 190 is a polycarboxylic ether (PCE) based superplasticiser developed for high early strength development suited to precast manufacturing requirements. **GLENIUM 190** provides superior water reduction while offering good workability under hot weather condition.

The rapid development of early strength of **GLENIUM 190** allows for zero or minimum application of heating curing processes. The combination of early strength, slump retention and late strength development allows **GLENIUM 190** to meet demanding concreting requirements, often exceeding the performance of conventional superplasticisers.

GLENIUM 190 is not compatible with RHEOBUILD range of superplasticisers.

CHEMISTRY AND MECHANISM

GLENIUM 190 is differentiated from conventional superplasticisers in that it is based on a unique polycarboxylate ether polymer with long lateral chains. This greatly improves cement dispersion. Conventional superplasticisers, such as those based on sulphonated melamine and naphthalene formaldehyde condensates, at the time of mixing, become absorbed onto the surface of the cement particles. This absorption takes place at a very early stage in the hydration process. The sulphonic groups of the polymer chains increase the negative charge on the surface of the cement particle and dispersion of the cement occurs by electrostatic repulsion.

At the start of the mixing process the same electrostatic dispersion occurs as described previously, but the presence of the lateral chains, linked to the polymer backbone, generate a steric hindrance, which stabilises the cement particles capacity to separate and disperse. This mechanism provides flowable concrete with greatly reduced water demand.

FEATURES AND BENEFITS

GLENIUM 190 offers the following benefits:

- High water reduction capacity over conventional superplasticisers

- Low permeability and high durability concrete
- Flowability for ease of placement and compaction
- Optimize curing cycle by shortening curing time or decreasing curing temperature
- Eliminate energy required for placing, consolidation and curing
- Improved surface appearance and concrete quality

APPLICATION

GLENIUM 190 is a liquid admixture to be added to the concrete during the mixing process. The best results are obtained when the admixture is added after all the other components are already in the mixer and after the addition of at least 80% of the total water.

DOSAGE

The normally recommended dosage rate is 0.7 to 1.2 litres per 100 kg of binder. Other dosages may be used in special cases according to specific job site conditions. In this case please consult our BASF Construction Chemicals representative.

PACKAGING

GLENIUM 190 is available in bulk and 205L drums.

SHELF LIFE

GLENIUM 190 must be stored in a place where the temperature is not below 0°C. In case the product freezes, increase the temperature of the product to 30°C and remix.

PRECAUTIONS

Health: **GLENIUM 190** does not contain any hazardous substances need to be labelled.

It is safe for use with standard precautions followed in the construction industry, such as use of hand gloves, safety goggles, etc.

For detailed health, safety and environmental recommendations, please consult and follow all instructions on the product Material Safety Data Sheet.

ANId/Glenium190/v1/200111

BASF Construction Chemicals offices in ASEAN

Singapore

Tel :+65-6861-6766

Fax :+65-6861-3186

Malaysia

Tel :+60-3-5628-3688

Fax :+60-3-5628-3776

Indonesia

Tel :+62-21-526-2481

Fax :+62-21-526-2541

Thailand

Tel :+66-2204-9222

Fax :+66-2684-9267

Vietnam

Tel :+84-650-3743-100

Fax :+84-650-3743-200

Philippines

Tel :+63 2 811 8000

Fax :+63 2 838 1025



UNIVERSITAS





