

TUGAS AKHIR

**PENGARUH FLY ASH TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI
BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT
LENTUR BETON**



Disusun Oleh:

ANDI CANDRA GUNAWAN

4517041051

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Tugas Akhir :

"Pengaruh Penggunaan Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton"

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : Andi Candra Gunawan

No. Stambuk : 45 17 041 051

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi

Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. Arman Setiawan, ST. MT

(.....)

Pembimbing II : Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. H. Nasrullah, ST. MT
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN : 00 010565 02



UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

LEMBAR PENGESAHAN **TUGAS AKHIR**

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar A-175/FT/UNIBOS/II/2023 tanggal 18 Februari 2023, perihal pengangkatan panitia dan tim penguji tugas akhir, maka pada:

Hari/Tanggal : Sabtu / 18 Februari 2023

N a m a : **ANDI CANDRA GUNAWAN**

No.Stambuk : **45 17 041 051**

Judul Tugas Akhir : **“Pengaruh Fly Ash Tempurung Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton“**

Telah diterima dan disahkan oleh panitia tugas akhir fakultas Teknik universitas bosowa makassar 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 makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex.Officio) : **Ir. Arman Setiawan, ST.MT.**

Sekretaris (Ex Officio) : **Ir. Eka Yuniarto , ST.MT.**

Anggota : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, MSp**

Ir. Fauzy Lebang, ST. MT

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Makassar, 18 Februari 2023

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

Dr. Ir. H. Nasrullah ST. MT.
NIDN.09-0807-7301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ Bosowa Makassar

Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-04126502

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **ANDI CANDRA GUNAWAN**
Stambuk : **45 17 041 051**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul : **PENGARUH FLY ASH TEMPURUNG KELAPA
SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT
TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON**

Mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, 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 bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

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

Makassar, Februari 2023
Yang membuat pernyataan



ANDI CANDRA GUNAWAN

“Pengaruh Fly Ash Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton”

Oleh :

Andi Candra Gunawan ¹⁾, Arman Setiawan ²⁾, Eka Yuniarto ²⁾

- 1. Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa**
- 2. Dosen Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa**

ABSTRAK

Dunia konstruksi saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini dapat dilihat dari berbagai negara yang sedang berlomba-lomba meningkatkan kualitas dan kuantitas bangunannya. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan fly ash tempurung kelapa pada campuran beton dengan variasi sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen terhadap kekuatan tekan dan kuat lentur beton. Ada 38 sampel yang dibuat, termasuk 20 sampel beton normal dan 18 sampel beton variasi. Sampel Beton direndam selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Hasil pengujian kuat tekan dengan penambahan fly ash 5% sebesar (26,11 Mpa), 10% (27,34 Mpa), dan 15% (29,23 Mpa) sedangkan untuk kuat lentur dengan penambahan fly ash 5% (3,73 Mpa),

: *fly ash, coconut shell* 10% (3,78 Mpa), dan 15% (3,91 Mpa). Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton variasi memiliki kuat tekan, dan kuat lentur beton yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. penggunaan fly ash tempurung kelapa pada campuran beton, sangat berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton dibandingkan beton normalnya.

Kata Kunci : *fly ash, tempurung kelapa, kuat tekan, kuat lentur*

ABSTRAK

The world of construction is currently experiencing very rapid development. This can be seen from various countries that are competing to improve the quality and quantity of their buildings. The purpose of this study was to determine the effect of adding coconut shell fly ash to the concrete mix with variations of 5%, 10%, and 15% by weight of cement on the compressive strength and flexural strength of concrete. There were 38 samples made, including 20 samples of normal concrete and 18 samples of variation concrete. Concrete samples were soaked for 28 days prior to testing the compressive strength and flexural strength of the concrete. The results of the compressive strength test with the addition of 5% fly ash were (26.11 Mpa), 10% (27.34 Mpa), and 15% (29.23 Mpa) while for flexural strength with the addition of 5% fly ash (3.73 Mpa), 10% (3.78 Mpa), and 15% (3.91 Mpa). The results of this test indicate that the variable concrete has a higher compressive strength and flexural strength than normal concrete. the use of coconut shell fly ash in the concrete mixture, greatly affects the compressive strength and flexural strength of concrete compared to normal concrete.

Keyword, press hard, flexible



BUSOWA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah berkenan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini dengan judul “**Penggunaan Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton**”.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang tulus kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan ikut andil dalam

1. Bapak **Dr. H. Nasrullah, ST. MT. IAI.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
2. Bapak **Dr. Ir. A. Rumpang Yusup, MT.** selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bosowa Makassar
3. Bapak **Ir. Arman Setiawan, ST. MT.** dan Ibu **Dr. Ir. Eka Yuniarto ST. MT.** selaku Dosen Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar sekaligus pembimbing I dan pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. **Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan** Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.

5. Kepada orang tua saya atas dukungan dan doa dalam penyusunan skripsi ini.

6. Kepada saudara dan teman-teman atas dukungan, bantuan, dan kebersamaanya selama ini.

7. Kepada **Sherina Azzahra** yang senag tiasa meluangkan waktu untuk menemani, mendukung, dan bantuan menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari kesempurnaan dan tidak luput dari kekurangan baik dalam penulisan maupun pembahasannya oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang berguna untuk penyempurnaan penulisan laporan ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Amin.

Makassar,

2023

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	I - 1
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Rumusan Masalah.....	I - 3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	I - 3
1.3.1 Tujuan Penelitian	I - 3
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	I - 4
1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I - 4
1.4.1 Pokok Bahasan	I - 4
1.4.2 Batasan Masalah	I - 5
1.5 Sistematika Penulisan.....	I - 5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Tinjauan Umum	II - 1
2.1.1 Pengertian Beton	II - 1

2.2	Material Penyusun Beton Normal	II - 4
2.2.1	Semen portland.....	II - 4
2.2.2	Agregat	II - 7
2.2.3	Air	II-11
2.3	Material Tambahan.....	II-12
2.3.1	Fly Ash Tempurung Kelapa	II-13
2.4	Karakteristik Beton.....	II-16
2.4.1	Kadar Air	II-16
2.4.2	Kadar Lumpur	II-16
2.4.3	Berat Isi.....	II-17
2.4.4	Berat Jenis dan penyerapan untuk agregat kasar	II-17
2.4.5	Analisa Saringan	II-19
2.4.6	Uji Slump.....	II-20
2.5	Kuat tekan beton.....	II-20
2.5.1	Kekuatan Lentur Beton.....	II-22
2.6	Penelitian Terdahulu.....	II-25
BAB III METODE PENELITIAN.....		III - 1
3.1	Bagan Alur Penelitian	III - 1
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	III - 2
3.3	Tahapan Penelitian.....	III - 2

3.4	Variabel Penelitian	III - 3
3.5	Notasi dan Jumlah Sampel	III - 3
3.6	Metode Analisis	III - 3
3.6.1	Hubungan Variabel Yang Digunakan Terhadap Kuat Tekan Beton	III - 4
3.6.2	Hubungan Variabel Yang Digunakan Terhadap Kuat Lentur Beton	III - 4
3.6.3	Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Kuat Lentur Beton.....	III - 4
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		IV - 1
4.1	Hasil Pengujian.....	IV - 1
4.1.1	Karakteristik Agregat	IV - 1
4.1.2	Gradasi Gabungan Agregat.....	IV - 3
4.1.3	Mix Design	IV - 4
4.1.4	Workability Dan Berat Beton	IV - 4
4.1.5	Hasil Kuat Tekan Beton Normal	IV - 5
4.1.6	Hasil Kuat Lentur Beton Normal	IV - 7
4.1.7	Campuran Beton Variasi	IV - 9
4.1.8	Hasil Kuat Tekan Beton Variasi.....	IV - 10
4.1.9	Hasil Kuat Lentur Beton Variasi.....	IV-10

4.2	Pembahasan	IV-11
4.2.1	Pengaruh Penambahan Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton	IV-11
4.2.2	Pengaruh Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Lentur.	IV-13
4.2.3	Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur Beton Variasi.....	IV-15
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN		V - 1
5.1	Kesimpulan.....	V - 1
5.2	Saran.....	V - 1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DOKUMENTASI		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Pasir sungai</i>	II - 9
Gambar 2.2 <i>Batu Pecah</i>	II-10
Gambar 2. 3 <i>Fly Ash</i>	II-15
Gambar 2.4 <i>Pengujian Kuat Tekan Beton</i>	II-22
Gambar 2.5 <i>Patahan pada 1/3 Bentang Tengah</i>	II-23
Gambar 2.6 <i>Patahan di luar 1/3 Bentang Tengah</i>	II-24
Gambar 2.7 <i>Pengujian Kuat Lentur</i>	II-24
Gambar 4.1 <i>Gambar gradasi penggabungan agregat</i>	IV - 3
Gambar 4.2 <i>Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Variasi</i>	IV-12
Gambar 4.3 <i>Perbandingan Nilai Kuat Lentur Beton Variasi</i>	IV-14
Gambar 4.4 <i>Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur Beton Variasi</i>	IV-17

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Semen PCC Type 1 Merek Bosowa	II - 6
Tabel 2.2 Spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir).	II - 7
Tabel 2.3 Tabel Spesifikasi Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)	II - 10
Tabel 2.4 Kandungan Tempurung Kelapa (Sumber Google).	II-13
Tabel 2.5 Senyawa Kimia Fly Ash (Mulyono, 2005)	II-14
Tabel 3.1 Variasi Benda Uji.	III - 3
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar	IV - 1
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus	IV - 2
Tabel 4.3 Komposisi kebutuhan bahan campuran beton normal.....	IV - 4
Tabel 4.4 Nilai Slump dan Berat Beton	IV - 5
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	IV - 5
Tabel 4.6 Hasil pengujian Kuat Lentur Beton Normal.....	IV - 8
Tabel 4.7 Komposisi campuran Beton Normal dan Variasi	IV - 9
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi	IV - 10
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi.....	IV-10
Tabel 4.10 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Normal terhadap Kuat Tekan Beton Variasi	IV-13
Tabel 4.11 presentase kenaikan kuat lentur beton normal dengan beton variasi.....	IV-15

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia konstruksi saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini dapat dilihat dari berbagai negara yang sedang berlomba-lomba meningkatkan kualitas dan kuantitas bangunannya.

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang sedang meningkatkan pembangunan infrastruktur dengan tujuan untuk menunjang pelayanan kepada Masyarakat. Saat ini, konsep *green building* atau bangunan hijau yang ramah lingkungan sedang marak diterapkan pada dunia konstruksi karena pemerintah telah membuat pedoman dan aturan perencanaan, pelaksanaan dan operasional bangunan yang memperhatikan kondisi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Berbagai usaha terhadap upaya perkembangan teknologi konstruksi perlu didukung oleh penelitian. Penelitian yang sudah sering dilakukan secara garis besar pada umumnya menggunakan suatu teknologi sederhana dengan memanfaatkan sumberdaya lokal termasuk pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Dalam pembuatan beton semen digunakan hanya sekitar 12%-18%.

Tempurung kelapa sebagai bahan utama. Keberadaannya banyak terdapat di sekitar kita, dan pemanfaatannya kebanyakan hanya sebatas sebagai bahan kayu bakar. Kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama (Rio Rahma Dhana, Ahmad Khoirur Riza)

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dicoba dari penambahan *fly ash* tempurung kelapa yang akan digunakan, komposisi yang dipakai hampir sama dengan biasanya tetapi ditambahkan *fly ash* tempurung kelapa untuk membuat beton tersebut.

Fly ash tempurung kelapa merupakan abu sisa pembakaran tempurung kelapa. Kandungan fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan 2 sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit. Selain itu, fly ash memiliki beberapa keunggulan antara lain, meningkatkan durabilitas dan kepadatan (density) beton serta mengurangi terjadinya penyusutan beton (Nugraha, dan Antoni, 2007).

Menurut Bayu (2019), melakukan penelitian beton normal dan beton normal dengan penambahan fly ash. Pada penelitian sebelumnya akan meningkatkan mutu beton.

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan fly ash tempurung kelapa secara langsung (*as it is*) sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Sasaran yang hendak dicapai adalah beton dengan kekuatan tekan dan kekuatan lentur yang mendekati

kekuatan tekan dan kekuatan lentur beton normal sesuai dengan rancangan campuran bahan (mix design) yang telah dibuat. Hal ini diharapkan dapat dicapai melalui komposisi serat yang ideal dalam campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar kuat tekan beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa ?
2. Berapa besar kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa ?
3. Bagaimana hubungan antara kuat tekan & kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa ?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk memperoleh besar kuat tekan beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa
2. Untuk memperoleh besar kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa
3. Untuk memperoleh hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa

1.3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian tentang beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah tentunya akan memberikan manfaat teoritis dan praktis.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan referensi dan memberikan pengetahuan yang lebih mendalam terhadap karakteristik beton (baik dari kelebihan maupun dari kekurangannya), sehingga dengan karakteristik tersebut perkembangan teknologi beton bisa lebih ditingkatkan mutu dan kualitasnya.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan mampu menunjukkan hasil yang nyata terhadap peningkatan berupa perbaikan karakteristik beton (kuat tekan dan kuat lentur beton), sehingga mampu memberikan kontribusi yang besar dalam dunia Teknik sipil.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok bahasan dalam penelitian ini meliputi :

1. Melakukan pengujian karakteristik agregat bahan penyusun beton
2. Melakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton

3. Penelitian ini membandingkan kuat tekan dan kuat lentur beton dengan menggunakan fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah sebesar 5%, 10%, dan 15%

1.4.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Kuat tekan beton yang direncanakan sebesar $F'c$ 25 Mpa
2. Jumlah sampel yang digunakan tiap kali pengujian untuk kuat tekan sebanyak 3 buah tiap variasi, untuk kuat lentur sebanyak 3 buah tiap variasi dan 20 buah untuk beton normal.
3. Jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 38 Buah, hal ini telah memenuhi standar SNI 2847-2013 tentang jumlah minimal sampel.
4. Tidak dilakukan pengujian keausan agregat .
5. Tidak dilakukan pengujian waktu ikat dan berat jenis semen.
6. Tidak dilakukan pengujian karakteristik jenis fly ash tempurung kelapa.

1.5 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori mengenai karakteristik bahan-bahan campuran beton, metode perencanaan beton serta persiapan dan proses pembuatan beton sebagai acuan dalam penyusunan tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, diagram alur penelitian serta tahapan penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan diuraikan hasil pengujian material serta pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton yang telah dilakukan di laboratorium, yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel dan grafik, kemudian dari hasil tersebut dilakukan analisis dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan kesimpulan pokok dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk memperbaiki hasil dari penelitian pengaruh penambahan fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah hasil rekayasa teknologi, beton merupakan hasil campuran dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air dan semen. Nama asing beton adalah *concrete*, berasal dari gabungan Bahasa latin *com*, yang artinya Bersama-sama, dan *crescere* (tumbuh), yang artinya kekuatan yang tumbuh karena adanya campuran zat tertentu.

Menurut Tri Mulyono (2015), bahan kuno beton adalah semen mentah yang dibuat dengan menghancurkan dan membakar gypsum atau kapur. Ketika pasir dan air ditambahkan ke semen tersebut akan menjadi mortar, yang merupakan bahan plester seperti digunakan untuk membentuk batu satu sama lain. Umumnya, ada tiga komponen campuran beton, yaitu bahan mengikat seperti semen atau kapur, agregat dan air. Air dan semen berperan sebagai perekat yang mengisi kekosongan agregat halus dan mengikat agregat kasar dan halus. Beton dapat di tambah dengan satu atau lebih admixture sebagai komponen keempat untuk mencapai tujuan atau sifat tertentu. Beton umumnya ditambahkan bahan tambahan atau additive dan admixture, yaitu bahan selain semen, agregat, dan air yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton menurut Kiki Firda Jayanegara,dkk.

Beberapa bahan dasar pembuat beton adalah bahan lokal, sehingga saat berpengaruh terhadap ekonomi. Namun pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencana tidak memahami karakteristik bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat.

Menurut Mulyono (dalam Sari, 2020) berdasarkan jenisnya beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440–1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

Menurut Mulyono (2004) beton juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu :

1. Kelebihan :

- Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- Mampu memikul beban yang berat
- Tahan terhadap temperatur tinggi
- Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan :

- Bentuk yang dibuat sulit diubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat

2.2 Material Penyusun Beton Normal

Beton pada dasarnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Biasanya ditambahkan bahan tambah (*admixture*) yang bertujuan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Komposisi beton yang akan dibuat pada penelitian ini terdiri dua jenis perlakuan dimana pertama dibuat perancangan beton normal dan yang kedua perancangan beton normal yang mendapat penambahan. Komposisi beton normal sendiri terdiri dari semen portland, batu pecah (*split*), pasir dan air, sedangkan komposisi bahan tambahannya terdiri dari semen portland, pasir, batu pecah (*split*), fly ash tempurung kelapa dan air sebagai campuran yang akan direncanakan pada perancangan pembuatan beton.

2.2.1 Semen portland

Semen portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen Portland adalah kombinasi kimia antara kalsium (Ca), *silica* (Si), aluminium (Al), besi (Fe), yang di kendalikan secara ketat dan sejumlah kecil bahan lain seperti *gypsum* yang ditambahkan dalam proses penggilingan akhir untuk mengatur waktu pengikatan beton (*Irawan, 2013*). Menurut ASTM C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan

menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10% namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Tri Mulyono, 2003 : 26).

Menurut *ASTM C150*, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu :

- Tipe I : Jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum
- Tipe II : Modifikasi dari semen tipe I, yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis serangan sulfat
- Tipe III : Semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen jenis ini lebih tinggi daripada panas hidrasi semen tipe I
- Tipe IV : Semen yang mampu menghasilkan panas hidrasi yang rendah, sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran struktur beton yang masif
- Tipe V : Digunakan untuk struktur-struktur beton yang memerlukan ketahanan yang tinggi dari serangan sulfat.

Semen Portland Pozzolan (*Portland Pozzoland Cement-PPC*) dan Semen Portland Komposit (*Portland Composite Cement-PCC*) adalah

varian semen hidrolik yang tersusun atas campuran semen Portland biasa (OPC) dengan bahan lain yang berpartisipasi dalam reaksi hidrasi sehingga memberi kontribusi substansial terhadap hasil hidrasi semen (Taylor, 1997 dalam Irawan, 2013). Secara lebih spesifik semen PPC hanya mengijinkan penambahan bahan pozzolan (*fly ash* atau pozzolan alam) ke dalam campurannya. Bahan-bahan tambah ini digiling Bersama (*intergrinding*) atau digiling terpisah lalu dicampur (*blending*) dengan klinker dan kalsium sulfat sehingga dihasilkan semen campuran yang homogen. Semen PPC dan PCC juga disebut sebagai semen gabungan hidrolik (*blen hydraulic cements*).

Keunggulan dari PCC (*Portland Composite Cement*) yaitu lebih mudah dikerja, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, permukaan acian dan beton lebih halus, lebih kedap air, mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding OPC (*Ordinary Portland Cement*). Hasil pengujian kimia dan pengujian fisika dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Semen PCC Type 1 Merek Bosowa

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian
Konsistensi	-	24 %
Berat Jenis	-	3,12 %
Waktu Ikatan Awal	Min. 45 menit	104,71 menit
Waktu Ikatan Akhir	Maks. 375 menit	165 menit
Kehalusan semen	-	4,5 %

Kuat Tekan (28 Hari)	Min. 250 Kg/cm ²	292,2 Kg/cm ²
----------------------	-----------------------------	--------------------------

Sumber : Penelitian Terdahulu (Retno Wulandari,2004)

2.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan mortar (Mulyono, 2004). Agregat menempati sebanyak kurang lebih 70% dari volume beton atau mortar. Oleh karena itu sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi sifat-sifat beton yang dihasilkan. Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No 1737-1989-F).

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut.

Tabel 2.2 Spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir).

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi SNI
1	Kadar lumpur	< 5 %	SNI-03-4142-1996
2	Kadar Air	3 – 5 %	SNI-03-4142-1998
3	Berat Volume	1.4 – 1.9 kg/ltr	SNI-03-4804-1998
4	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.2	SNI-1970-2008

Sumber : SNI (Standar Nasional Indonesia)

Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis (*Wuryati*

Samekto 2001:16):

1. Pasir Galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

2. Pasir Sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun.



Gambar 2.1 Pasir sungai

Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (*Nawy, 2010 dalam Akmalia, 2016*).

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Ukurannya bervariasi antara No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika.

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok – kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring, dan seterusnya.

Tabel 2.3 Tabel Sfesifikasi Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Sfesifikasi SNI
1	Kadar lumpur	< 1 %	SNI-03-4142-1996
2	Kadar Air	0.5 – 2 %	SNI-03-4142-1998
3	Berat Volume	1.4 – 1.9 kg/ltr	SNI-03-4804-1998
4	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.2	SNI-1970-2008

Sumber : SNI (Standar Nasional Indonesia)

Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar yang berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan dengan ukuran diameter maksimum 20 mm. Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring dan seterusnya. Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm).



Gambar 2.2 Batu Pecah

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan sel semen (*Nawy, 1998 dalam Balsala, 2018*).

2.2.3 Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air bersih yang tidak tercampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi sampingan dari reaksi hidrasi. Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau dapat digunakan sebagai air pencampuran dalam pembuatan beton. Adanya kotoran berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan (*Agus Setiawan 2016 : 15*).

Perbandingan antara jumlah berat air dengan jumlah berat semen (rasio air semen) memegang peranan vital dalam hal kuat tekan beton. Jumlah air yang terlalu banyak akan menurunkan mutu beton, sedangkan

jumlah air yang sedikit akan menimbulkan permasalahan dalam pelaksanaan konstruksi, karena beton menjadi sulit dicetak. Karena beton harus cukup kuat dan mudah untuk dicetak, maka keseimbangan perbandingan antara berat air dan semen harus mendapat perhatian yang cukup

2.3 Material Tambahan

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain: mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang berakibat memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixtures* dan *additives*.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi *additive*

lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen.

2.3.1 Fly Ash Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa adalah limbah dari pabrik kopra dan pasar tradisional, yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa. Tempurung kelapa adalah jenis limbah padat yang pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar untuk keperluan memasak, khususnya bagi rumah tangga yang masih menggunakan tungku dapur tradisional. Bahkan tak jarang limbah tempurung kelapa yang melimpah tersebut dibiarkan begitu saja sehingga hancur kembali ke alam tanpa memberi manfaat ekonomis.

Tabel 2.4 Kandungan Tempurung Kelapa (Sumber Google).

KOMPONEN	PERSENTASE
Selulosa	26,6%
Hemiselulosa	27,7%
Lignin	29,4%
Abu	0,6%
Komponen ekstraktif	4,2%
Nitrogen	0,1%
Air	8,0%

Menurut Mulyono (2005), abu terbang (fly ash) didefinisikan sebagai butiran halus. Fly ash dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang

yang normal dihasilkan dari pembakaran batu bara antrasit atau batu bara bitomius dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari sisa pembakaran jenis lignite atau subbitumius. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung kapur (lime) lebih dari 10% beratnya. Kandungan kimia yang dibutuhkan dalam fly ash.

Tabel 2.5 Senyawa Kimia Fly Ash (Mulyono, 2005)

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida silika (SiO ₂) + oksida alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70.0	50.0
Trioksida sulfur (SO ₃), maksimum %	5.0	5.0
Kadar air, maksimum %	3.0	3.0
Kehilangan panas, maksimum %	6.0A	6.0

Abu terbang adalah abu sisa pembakaran, berupa butiran halus ringan, tidak porous, dan bersifat pozzolanik. Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen tapi dengan adanya air dan partikel ukuran halus, oksida silica yang terkandung di dalamnya akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Krisbiyantoro, 2005). Dalam penelitian kali ini bahan tambah fly ash yang di gunakan berasal dari tempurung kelapa yang diolah dengan metode pembakaran sehingga menghasilkan abu terbang tempurung kelapa (fly ash tempurung kelapa).

Penggunaan sampai dengan 12% masih diizinkan jika ada perbaikan kinerja atau hasil test laboratorium menunjukkan demikian.

Sumber : Mulyono, 2005 Menurut Lincolen (2017), Abu batubara merupakan limbah dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga uap. Abu batubara bersifat 15 pozzolan, yakni bahan yang mengandung senyawa silika dan alumunium. Pada dasarnya, abu batubara tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun karena ukurannya yang halus dan adanya air, oksida silika yang terkandung dalam abu batubara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen, sehingga akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Saat ini penggunaan batu bara di kalangan industri semakin meningkat volumenya, karena harga yang relatif murah dibandingkan harga bahan bakar minyak untuk industri.



Gambar 2.3 *Fly Ash*

2.4 Karakteristik Beton

Pengujian karakteristik beton meliputi:

2.4.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan anatar berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering yang dinyatakan dengan persen (%). Berat air yang terkandung dalam agregat besar sekali pengaruhnya pada pekerjaan yang menggunakan agregat terutama beton. Dengan diketahuinya kadar air yang terkandung dalam agregat, maka perencanaan mix design menjadi lebih akurat karena adanya faktor koreksi kadar air campuran beton pada saat akan dilakukan pengecoran di lapangan.

Adapun rumus kadar air ditunjukkan pada persamaan 1 berikut :

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dengan :

W : Kadar air (%)

W₁ : Berat agregat sebelum dioven (gr)

W₂ : Berat agregat setelah dioven (gr)

2.4.2 Kadar Lumpur

Agregat yang cocok untuk menghasilkan beton dengan mutu tinggi adalah harus bebas dari lempung, lanau dan bahan organik yang akan mengurangi kekuatannya. Adapun rumus kadar lumpur ditunjukkan pada persamaan 2 berikut :

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_1} - 100\% \quad (2.2)$$

Dengan :

W : Kadar Lumpur (%)

W₁ : Berat agregat sebelum dicuci (gr)

W₂ : Berat agregat setelah kering oven (setelah dicuci) (gr)

2.4.3 Berat Isi

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat dengan volume yang ditempatinya. Menentukan berat isi agregat dapat dilakukan dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Adapun rumus berat volume ditunjukkan pada persamaan 3 berikut :

$$\text{Berat volume agregat} = \frac{W}{V} \quad (2.3)$$

Dengan :

W : Berat benda uji (kg)

V : Volume wadah (liter, cm³)

2.4.4 Berat Jenis dan penyerapan untuk agregat kasar

Berat jenis kering adalah perbandingan antara berat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Adapun rumus berat jenis kering ditunjukkan pada persamaan 4 berikut :

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{C}{A-B} \quad (2.4)$$

Dalam hal ini :

A : Berat benda uji kondisi SSD (gr)

B : Berat benda uji kondisi SSD di air (gr)

C : Berat benda uji kering oven (gr)

Berat jenis permukaan (kering SSD) yaitu perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dengan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu berat jenis permukaan ditunjukkan pada persamaan 5 berikut :

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{A}{A-B} \quad (2.5)$$

Dalam hal ini :

A : Berat benda uji kondisi SSD (gr)

B : Berat benda uji kondisi SSD di air (gr)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering oven dengan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Adapun rumus berat jenis semu ditunjukkan pada persamaan 6 berikut :

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{C}{C-B} \quad (2.6)$$

Dalam hal ini :

B : Berat benda uji kondisi SSD di air (gr)

C : Berat benda uji kering oven (gr)

Penyerapan adalah presentase yang menyatakan kebutuhan air yang akan diserap oleh agregat sehingga jenuh permukaan kering (JPK).

Adapun rumus penyerapan ditunjukkan pada persamaan 7 berikut :

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{A - C}{C} \times 100 \% \quad (2.7)$$

Dalam hal ini :

A : Berat benda uji kondisi SSD (gr)

C : Berat benda uji kering oven (gr)

2.4.5 Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah salah satu analisa untuk mengetahui distribusi ukuran agregat kasar dengan menggunakan ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm) dan untuk menilai apakah agregat kasar yang akan digunakan cocok untuk produksi beton. Selain itu juga mendapatkan presentasi agregat kasar dalam campuran. Adapun modulus kehalusan yang diisyaratkan untuk agregat kasar yaitu 5.5 – 8.5.

Adapun rumus modulus kehalusan ditunjukkan pada persamaan 8 berikut :

$$F \text{ Kasar} = \frac{\sum \% \text{ komulatif tertahan saringan no 100 s/d saringan maks}}{100} \quad (2.8)$$

2.4.6 Uji Slump

Uji slump adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (fres concrete) untuk menentukan tingkat workabilitynya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air.

Dalam suatu adukan / campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat workabilitynya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.

2.5 Kuat tekan beton

Dalam perencanaan suatu komponen struktur beton, biasanya diasumsikan bahwa beton memikul tegangan tekan dan bukannya tegangan Tarik. Oleh karena itu kuat tekan beton pada umumnya dijadikan acuan untuk menentukan mutu atau kualitas suatu material beton. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (*Mulyono, 2003*). Pada umumnya sifat mekanik beton yang lainnya, dapat diperkirakan berdasarkan kuat tekan beton. Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara perancangan tersebut antara lain adalah ASTM, ACI, JIS, ataupun SNI. Perancangan tersebut juga

dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang harus memenuhi kinerja utamanya yaitu kuat tekan sesuai rencana dan mudah untuk dikerjakan serta ekonomis dalam pembiayaannya. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton tersebut yaitu : rasio air-semen, jenis semen dan bahan tambah yang digunakan, agregat, air, kondisi kelembapan udara saat masa perawatan benda uji, serta umur beton saat diuji.

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

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)} \quad (2.9)$$

Kekuatan tekan adalah beton rata – rata dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'c}{N} \text{ (Mpa)} \quad (2.10)$$

Sedangkan kekuatan tekan hancur karakteristik beton sesuai dengan peraturan SNI 2847 : 2013 dengan $f'c \leq 35$ Mpa dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 \text{ Sr} \quad (2.11)$$

$$f'_{cr} = f'c + 2.33 \cdot \text{Sr} - 3.5 \quad (2.12)$$

Untuk $f'c \geq 35$ Mpa dpat dihitung dengan rumus

$$f'_{cr} = f'c + 1.34 \text{ Sr} \quad (2.13)$$

$$f'_{cr} = 0.90 f'c + 2.33 \cdot \text{Sr} \quad (2.14)$$

Gunakan nilai f'_c yang terbesar

Setelah mendapatkan nilai f'_c yang terbesar maka f'_c di bagi jumlah faktor modifikasi untuk deviasi standard benda uji.

Dalam perancangan komponen struktur beton diasumsikan hanya menerima beban tekan. Dengan demikian mutu beton selalu dikaitkan dengan kuat tekan beton itu sendiri. Penentuan kuat tekan beton dapat diperoleh melalui pengujian kuat tekan di laboratorium. Dan benda uji yang sering dipakai berupa benda uji berbentuk silinder dan benda uji berbentuk kubus.



Gambar 2.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Dalam penelitian ini mutu beton yang direncanakan adalah sebesar F'_c 25 Mpa yang direndam selama 28 hari. Penentuan F'_c sebesar 25 Mpa didasarkan pada penelitian terdahulu.

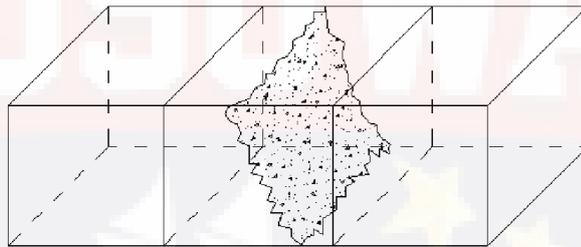
2.5.1 Kekuatan Lentur Beton

Kuat lentur adalah kemampuan bahan untuk menahan deformasi bawah beban. Kekuatan lentur merupakan tegangan tertinggi dialami dalam materi pada momen pecah. Menurut SNI 4431:2011 kuat lentur

beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan kemampuan tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa). Benda uji yang digunakan harus memenuhi ketentuan metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Kekuatan lentur beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut.

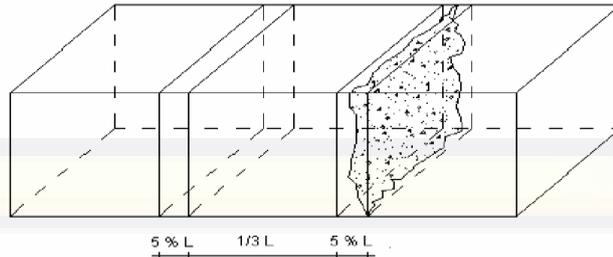
$$\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2}$$



Gambar 2.5 Patahan pada 1/3 Bentang Tengah

- Untuk pengujian dimana patahnya benda uji diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut.

$$\sigma_l = \frac{P.a}{b.h^2}$$



Gambar 2.6 Patahan di luar 1/3 Bentang Tengah

dengan notasi sebagai berikut :

σ_1 = Kuat lentur beton (Mpa)

P = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L = Jarak antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm).



Gambar 2.7 Pengujian Kuat Lentur

2.6 Penelitian Terdahulu

1. **Fly Ash Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Beton** oleh *Rio Rahma Dhana, Ahmad Khoirur Riza; Jurusan Teknik Sipil Universitas Lamongan :2019.*

Disimpulkan bahwa penelitian ini menggunakan metode penambahan fly ash tempurung kelapa terhadap campuran beton dengan persentase 0,5%, 1%, dan 1,5%. Campuran fly ash tempurung kelapa 0,5 % mencapai kuat tekan 22,998 MPa, beton campuran fly ash tempurung kelapa 1,0 % mencapai kuat tekan 24,985 MPa, yang paling tinggi beton campuran fly ash tempurung kelapa 1,5 % dapat mencapai kuat tekan 31,643 MPa. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa fly ash tempurung kelapa bisa dijadikan bahan tambah semen pada beton karena dapat meningkatkan kuat tekan beton.

2. **Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi** oleh *Andi Yusra, T. Budi Aulia, Jufriadi ; Teknik Sipil Universitas Teuku Umar;2015.*

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan kesimpulan bahwa metode yang digunakan yaitu penambahan fly ash terhadap campuran beton dengan persentase penambahan 0%, 5%, 8%, 10,% dan 15% terhadap berat semen dengan FAS sebesar 0,3. Pengujian dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Hasil pengujian kuat beton pada umur 28 hari menunjukkan hasil penambahan fly ash, 0% menghasilkan kuat tekan (56,21 MPa), 5% (56,21 MPa), 8% (51,68 MPa), 10% (56,59 MPa), dan

15% (60,36 MPa). Untuk umur pengujian 56 hari, 0% menghasilkan kuat tekan (64,13 MPa), 5% (63,26 MPa), 8% (56,59 MPa), 10% (63,94MPa), dan 15% (66,96 MPa). Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan penambahan fly ash mengalami peningkatan terhadap kuat tekan beton.

3. **Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara (Fly Ash) Ex Pitu Rum Pada Campuran Beton:** Mufti Amir Sultan, Muhammad Faujan :2019.

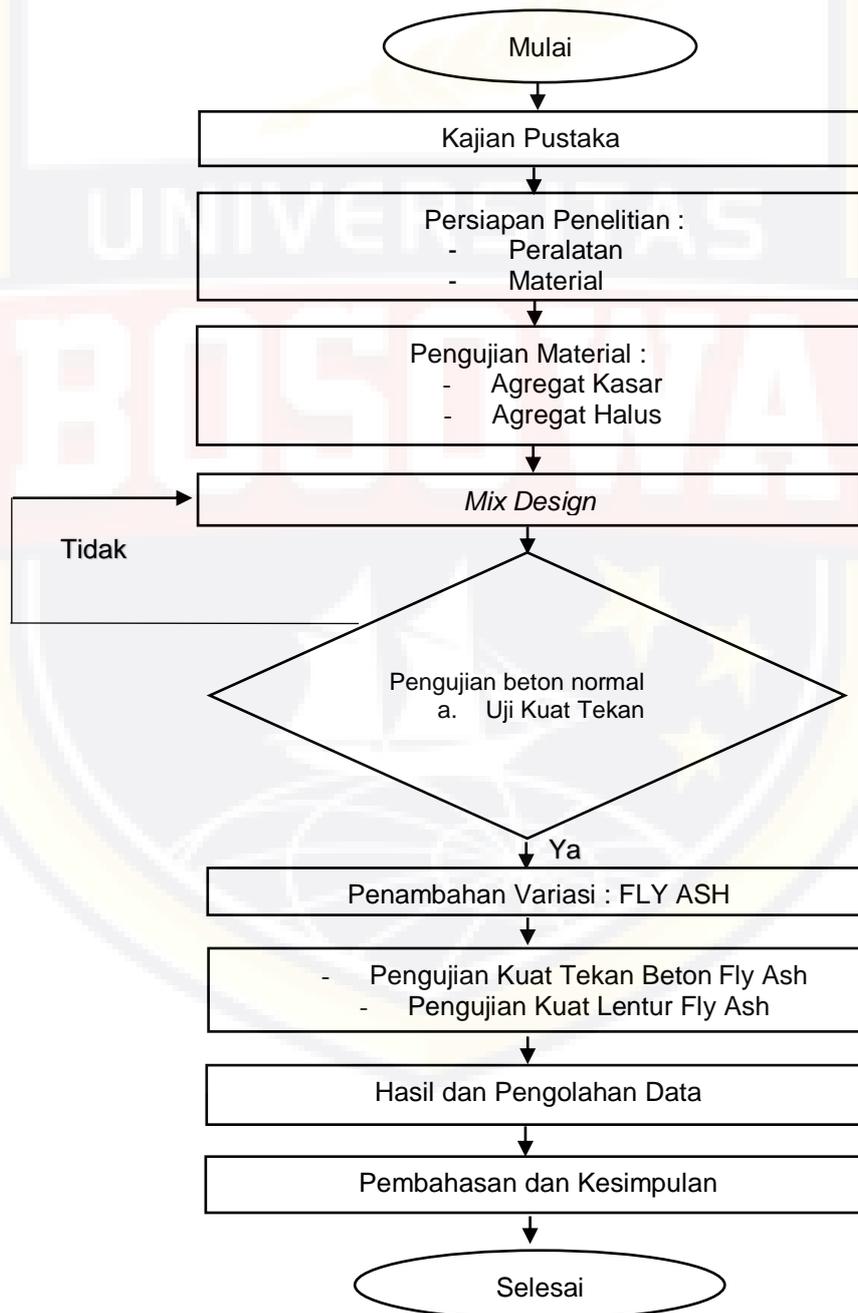
Penelitian ini menggunakan metode penambahan fly ash terhadap berat semen pada campuran beton dengan variasi penambahan sebesar 10% sampai 30% dengan kenaikan 5% dari berat semen, Penambahan fly ash pada campuran beton sangat berpengaruh pada nilai kuat tekan beton, Nilai kuat tekan beton rata-rata kadar pada umur 28 hari dengan variasi kadar fly ash 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% terhadap berat semen secara berturut-turut 23,28 Mpa, 24,24 MPa, 27,13 Mpa, 29,43 MPa, 28,66 Mpa dan 23,09 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi kadar fly ash 20% sebesar 29,43 Mpa yang meningkatkan kuat tekan sebesar 26,45% dari beton tanpa fly ash.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat dari garis besar diagram alir dibawah ini :



3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji di lakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

3.3 Tahapan Penelitian

1. Kajian Pustaka
2. Persiapan alat dan bahan material
 - a. Agregat Kasar (Batu pecah 1-2, Batu Pecah 3-4)
 - b. Agregat Halus (Pasir)
 - c. Semen
 - d. Fly ash tempurung kelapa
3. Pengujian Material :
 - a. Analisa saringan (SNI 8321 – 2016)
 - b. Berat Jenis (SNI 1969 – 2008)
 - c. Berat Isi (SNI 1973 - 2008)
 - d. Kadar Air (SNI 1971 – 2011)
 - e. Kadar Lumpur (ASTM C117 : 2017)
4. Pembuatan Benda Uji /*Mix Design* (SNI 2847 -2013)
 - a. Beton Normal
5. Pengujian Slump Beton (SNI 1972 – 2008)
6. Perawatan beton (Perendaman) selama 28 hari
7. Pengujian Kuat Tekan Beton $F'c$ 25 MPa (SNI 1974 – 2011)
8. Pembuatan Benda Uji /*Mix Design* (SNI 2847 -2013)
 - a. Beton Variasi
9. Perawatan beton (Perendaman) selama 28 hari

10. Pengujian Kuat Tekan Beton $F'c$ 25 MPa (SNI 2874 – 2013)

11. Pengujian Kuat Lentur Beton (SNI 4431 – 2011)

3.4 Variabel Penelitian

2 Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu semen, pasir, batu pecah dan air.

3 Variabel bebas dalam penelitian ini adalah fly ash tempurung kelapa

3.5 Notasi dan Jumlah Sampel

1. Beton Normal : 20 Sampel (BN)
2. Beton Fly Ash untuk Kuat Tekan : 9 Sampel (KT-FA)
3. Beton Fly Ash untuk Kuat Lentur : 9 Sampel (KL-FA)

Tabel 3.1 Variasi Benda Uji.

No.	PCC %	PASIR %	BATU PECAH	FLY ASH	Notasi	Jumlah
1	100	100	100	-	BN	20
2	100	100	100	5	KT-FA 5%	3
3	100	100	100	10	KT-FA 10%	3
4	100	100	100	15	KT-FA 15%	3
5	100	100	100	5	KL-FA 5%	3
6	100	100	100	10	KL-FA 10%	3
7	100	100	100	15	KL-FA 15%	3
Total Sampel						38

3.6 Metode Analisis

Pada penelitian yang dilakukan kali ini yaitu menggunakan bahan tambah fly ash tempurung kelapa dari total berat semen.

3.6.1 Hubungan Variabel Yang Digunakan Terhadap Kuat Tekan

Beton

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari variabel terikat atau persentase nilai yang tetap yaitu semen, pasir, batu pecah dan air. Sedangkan variabel bebasnya yaitu fly ash tempurung kelapa dengan persentase 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat total semen.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil nilai kuat tekan beton normal dan nilai kuat tekan beton variasi terhadap kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 Mpa.

3.6.2 Hubungan Variabel Yang Digunakan Terhadap Kuat Lentur

Beton

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari variabel terikat atau persentase nilai yang tetap yaitu semen, pasir, batu pecah dan air. Sedangkan variabel bebasnya yaitu fly ash tempurung kelapa dengan persentase, 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat total semen.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa dengan perbandingan setiap variasi.

3.6.3 Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Kuat Lentur Beton

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan terdiri dari variabel terikat atau persentase nilai yang tetap yaitu semen, pasir, batu pecah dan air. Sedangkan variabel bebasnya yaitu fly ash tempurung kelapa dengan persentase, 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat total semen.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur beton yang menggunakan fly ash tempurung kelapa.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat didasarkan pada SNI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa Saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 1%	0,70%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5% - 2%	1,75%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9	1,58% gram/cm ³	Memenuhi
	- Padat	gram/cm ³	1,71% gram/cm ³	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 4%	2,59%	Memenuhi
6	Berat Jenis Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,3	2.67	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,3	2.74	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,3	2.87	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
		Interval	Pemeriksaan	
1	Analisa Saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 5%	3,80%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5% - 5%	3,64%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9	1,61% gram/cm ³	Memenuhi
	- Padat	gram/cm ³	1,64% gram/cm ³	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 2%	0,79%	Memenuhi
6	Berat Jenis Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,3	2,61	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,3	2,63	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,3	2,66	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah ukuran maksimum 20 mm). Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di Laboratorium Bahan dan Struktur Beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik.

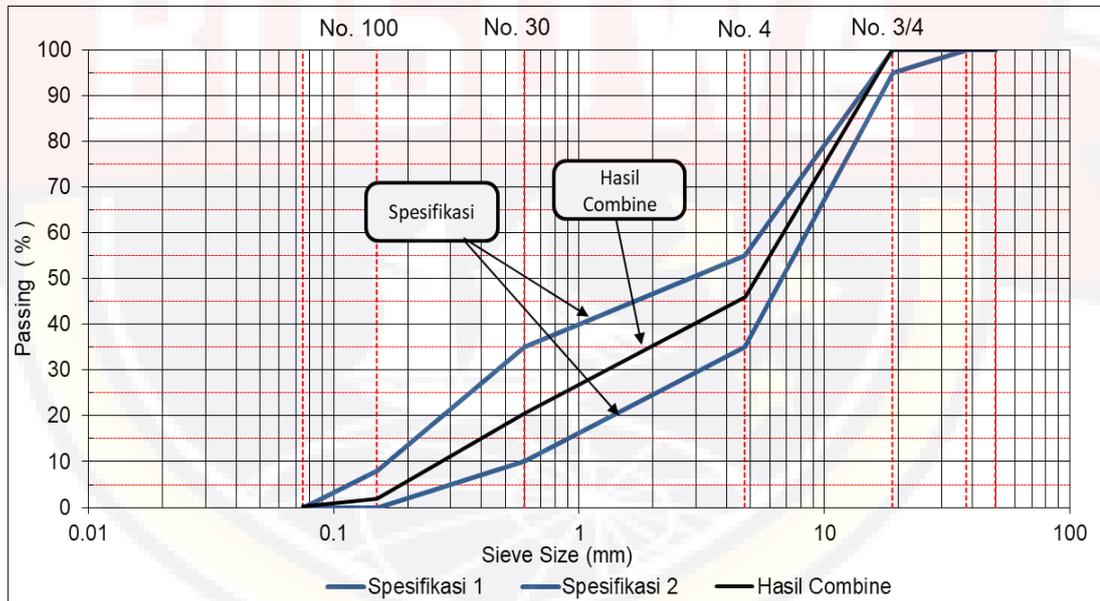
4.1.2 Gradasi Gabungan Agregat

Gradasi penggabunga agregat diperoleh berdasarkan pengujian

karakteristik agregat yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 :

ASTM SIEVE SIZE	AGGREGATE GRADING (AVERAGE)				COMBINED AGGREGATE GRADING BETON (Maksimum Nominal 20 mm)									ASTM C-33	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
3/4	100.00	100.00			100										95-100
1/2	37.12	100.00			62.3										-
3/8	9.43	100.00			45.7										-
No. 4	3.74	100.00			42.2										35-55
No.8	2.10	94.83			39.2										-
No.16	0.49	75.78			30.6										-
No. 30	0.45	44.93			18.2										10-35
N0.50	0.43	17.75			7.36										-
No. 100	0.33	3.57			1.63										0-8
No. 200	0.14	0.34			0.22										-

AGGREGATE	a. BP maks 20 mm	60							
BLENDING RATIO	b. Pasir	40							



Gambar 4.1 Gambar gradasi penggabungan agregat

Dari kombinasi penggabungan agregat didapatkan komposisi yang akan digunakan dalam pencampuran beton (mix design).

4.1.3 Mix Design

Pada penelitian ini digunakan mix design metode Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 03-2847-2013 untuk komposisi beton normal sedangkan beton variasi dilakukan sesuai variasi yang telah ditentukan.

Tabel 4.3 Komposisi kebutuhan bahan campuran beton normal

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 1 SAMPEL (kg)
Air	193,81	0,0053	1,54
Semen	436,17		3,47
Pasir	796,37		6,33
Bp 1-2	944,64		7,51

Sumber : Hasil Mix Design

Perhitungan Volume Benda Uji Silinder 15 cm x 30 cm

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

$$V = 1/4 \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30$$

$$V = 0.0053 \text{ m}^3 \quad (\text{ untuk 1 benda uji })$$

4.1.4 Workability Dan Berat Beton

Pengukuran slump test dilakukan untuk mengetahui kelecakan (workability) adukan beton. Kelecakan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi).

Tingkat kelecakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran,

kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Tabel 4.4 Nilai Slump dan Berat Beton

No Benda Uji	Notasi	Slump	Berat Sebelum Perendaman	Berat Sesudah Perendaman
			(gr)	(gr)
I	KT-FA 5%	8	12.210	12.298
II			12.100	12.197
III			12.085	12.180
I	KT-FA 10%	8	12.130	12.235
II			12.078	12.180
III			12.140	12.230
I	KT-FA 15%	8	11.847	11.935
II			11.880	12.015
III			11.850	11.980
I	KL-FA 5%	8	29.000	30.000
II			29.000	30.000
III			29.000	30.000
I	KL-FA 10%	8	29.000	31.000
II			29.000	31.000
III			29.000	31.000
I	KL-FA 15%	8	29.000	31.255
II			29.000	31.255
III			29.000	31.255

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.5 Hasil Kuat Tekan Beton Normal

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Nomor Benda Uji	Slump	Diameter	Tinggi	Berat	Umur	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	(cm)	(cm)	(cm)	(gr)	Hari	KN	Mpa
1	8.8	15	30	12517	28	455	25.74
2	8.8	15	30	12469	28	465	26.30
3	8.8	15	30	12605	28	460	26.02

Nomor Benda Uji	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Umur Hari	Beban Maksimum KN	Kuat Tekan Mpa
4	8.8	15	30	12515	28	470	26.59
5	8.8	15	30	12605	28	460	26.02
6	8.9	15	30	12444	28	455	25.74
7	8.9	15	30	12616	28	470	26.59
8	8.9	15	30	12446	28	450	25.45
9	8.9	15	30	12666	28	475	26.87
10	8.9	15	30	12445	28	470	26.59
11	8.2	15	30	12520	28	405	22.91
12	8.2	15	30	12598	28	460	26.02
13	8.2	15	30	12530	28	455	25.74
14	8.2	15	30	12413	28	460	26.02
15	8.2	15	30	12550	28	485	27.43
16	8.5	15	30	12448	28	455	25.74
17	8.5	15	30	12413	28	420	23.76
18	8.5	15	30	12483	28	480	27.15
19	8.5	15	30	12448	28	465	26.30
20	8.5	15	30	12476	28	465	26.30
Jumlah							519.27
Kuat Tekan Rata - rata (F'cr)							25.96
Standar Deviasi (Sr)							1.04
Kuat Tekan Karakterisitk (F'c)							25.04

Sumber : Hasil Pengujian

Untuk menghitung kekuatan tekan beton rata – rata

$$F_{cr} = \frac{\sum f'_{cr}}{N} = \frac{519.27}{20} = 25.96 \text{ Mpa}$$

Untuk menghitung standar deviasi

$$S_r = \frac{\sqrt{\sum (f'_{cr} - f_{cr})^2}}{n-1} = 1.04$$

Untuk menghitung kuat tekan karakteristik

$$F_{cr} = f'_{c} + 1.34 S_r \quad \text{Persamaan I}$$

$$F_{cr} - 1.34 S_r = f'_{c}$$

$$\begin{aligned} f'_{c} &= 25.96 - 1.34 (1.04) \\ &= 24.57 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$F_{cr} = f'_{c} + 2.3 S_r - 3.5 \quad \text{Persamaan II}$$

$$\begin{aligned} f'_{c} &= f_{cr} - 2.3 (1.04) + 3.5 \\ &= 25.96 - 2.39 + 3.5 \\ &= 27.04 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Gunakan nilai terbesar

Faktor modifikasi untuk 20 sampel adalah 1.08

$$F_c = 27.04 / 1.08 = 25.04 \text{ Mpa}$$

4.1.6 Hasil Kuat Lentur Beton Normal

Uji kuat lentur beton bertujuan untuk mengetahui berapa gaya lentur maksimal yang diberikan kepada beton dalam satuan KN. Setelah

mencapai umur rencana perawatan benda uji 28 hari, maka setiap benda uji dibagi berdasarkan variasi bahan tambah yang digunakan, kemudian dilakukan uji lentur beton di Laboratorium. Berikut merupakan hasil perhitungan dari kuat lentur. Untuk menghitung besarnya nilai kuat lentur dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil pengujian Kuat Lentur Beton Normal

No Benda Uji	Slump (mm)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Perletakan (mm)	Umur (hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur N/mm ²
1	8	150	150	450	28	27	3.60
2	8	150	150	450	28	28	3.73
3	8	150	150	450	28	28	3.73
Jumlah							11.07
Kuat Lentur Rata - Rata							3.69

Sumber : Hasil Pengujian

Kuat Lentur (*Modulus Of Repture*)

Sampel 1

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= \frac{27000 \times 450}{150 \times 150^2} \\
 &= \frac{12150000}{3375000} \\
 &= 3.60 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= \frac{28000 \times 450}{150 \times 150^2} \\
 &= \frac{12600000}{3375000} \\
 &= 3.73 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Sampel 3

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= \frac{28000 \times 450}{150 \times 150^2} \\
 &= \frac{12600000}{3375000} \\
 &= 3.73 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung kuat lentur beton rata – rata

$$f_r = \frac{\sum f_r}{N} = \frac{11.07}{3} = 3.67 \text{ Mpa}$$

4.1.7 Campuran Beton Variasi

Komposisi bahan campuran beton variasi dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.7 Komposisi campuran Beton Normal dan Variasi

Uraian	Notasi	Pasir	BP 1- 2	PCC	Air	Volume Campuran	Fly Ash Tempurung kelapa	Jumlah Sampel
		Kg	Kg	Kg	L	m ³	Kg	
Uji Kuat Tekan	BN	6.33	7.51	3.47	1.57	0.0053	-	1
	KT - FA 5%	6.33	7.51	3.47	1.57		0.173	1
	KT - FA 10%	6.33	7.51	3.47	1.57		0.347	1
	KT - FA 15%	6.33	7.51	3.47	1.57		0.520	1
Uji Kuat Lentur	BN	16.13	19.13	8.83	4.01	0.0135	-	1
	KL - FA 5%	16.13	19.13	8.83	4.01		0.442	1
	KL - FA 10%	16.13	19.13	8.83	4.01		0.883	1
	KL - FA 15%	16.13	19.13	8.83	4.01		1.325	1

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.8 Hasil Kuat Tekan Beton Variasi

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi

Simbol	No	Fly	Berat	Luas	Beban	Kuat
	Benda	Ash	Sampel	Penampang	Maksimum	Tekan
	Uji	%	(gram)	(cm ²)	(KN)	(Mpa)
KT - FA 5%	1	5	12298	176.786	445	25.17
	2		12197	176.786	470	26.59
	3		12180	176.786	470	26.59
	Rata - Rata				461.67	26.11
KT - FA 10%	1	10	12235	176.786	485	27.43
	2		12180	176.786	485	27.43
	3		12230	176.786	480	27.15
	Rata - Rata				483.33	27.34
KT - FA 15%	1	15	11935	176.786	540	30.55
	2		12015	176.786	470	26.59
	3		11980	176.786	540	30.55
	Rata - Rata				516.67	29.23

4.1.9 Hasil Kuat Lentur Beton Variasi

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

Simbol	No	Fly	Berat	Ukuran Benda Uji			Beban	Kuat
	Benda	ash	Sampel	b	d	L	Maksimum	Lentur
	Uji	%	(gram)	(mm)	(mm)	(mm)	(KN)	N/mm ²
KL - FA 5%	1	5	30000	150	150	450	27	3.60
	2	5	30000	150	150	450	29	3.87
	3	5	30000	150	150	450	28	3.73

Simbol	No Benda Uji	Fly ash	Berat Sampel (gram)	Ukuran Benda Uji			Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur N/mm ²
		%		b (mm)	d (mm)	L (mm)		
	Rata-Rata						28	3.73
KL - FA 10%	1	10	31000	150	150	450	29	3.87
	2	10	31000	150	150	450	29	3.87
	3	10	31000	150	150	450	27	3.60
	Rata-Rata						28	3.78
KL - FA 15%	1	15	31255	150	150	450	29	4.00
	2	15	31255	150	150	450	30	3.87
	3	15	31255	150	150	450	29	3.87
	Rata-Rata						29	3.91

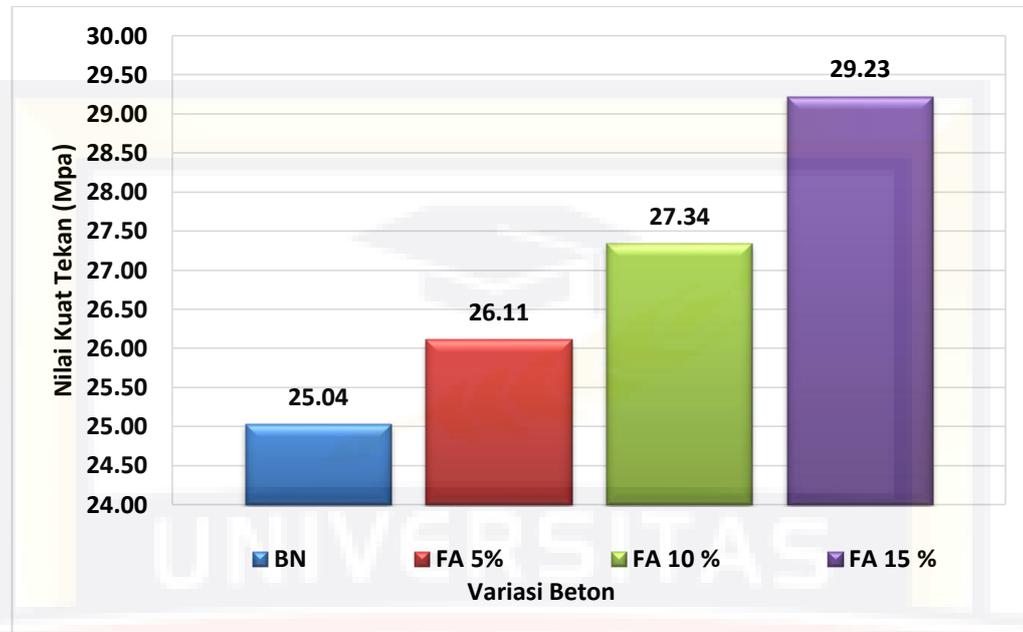
4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Penambahan Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini, Beton menggunakan variasi fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah dengan persentase yang berbeda yakni 5 %, 10 % dan 15 %.

Berdasarkan gambar 4.2 dibawah ini, dapat di gambarkan grafik perbandingan kuat tekan beton normal dan variasi fly ash tempurung kelapa.

Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Variasi



Gambar 4.2 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Variasi

Pada Gambar 4.2 diatas diperoleh, bahwa penambahan fly ash tempurung kelapa dapat meningkatkan kuat tekan terhadap beton normal, dimana kuat tekan rata-rata beton normal yang direncanakan yaitu sebesar 25,84 Mpa. Semakin tinggi persentase fly ash tempurung kelapa yang digunakan makah kuat tekan akan meningkat.

Nilai kuat tekan untuk benda uji yang menggunakan penambahan fly ash tempurung kelapa terhadap kuat tekan pada penelitian ini diperoleh pada beton variasi KT-FA 5% sebesar 26.11 Mpa, KT-FA 10% sebesar 27.34 Mpa, KT-FA 15% sebesar 29.23 Mpa.

Tabel 4.10 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Normal terhadap Kuat Tekan Beton Variasi

No	Notasi	Hasil Kuat Tekan	Selisih	% Peningkatan / % Penurunan
1	BN	25.04	1.08	4.31
2	KT-FA 5%	26.68		
3	BN	26.04	2.30	9.20
4	KT-FA 10%	27.34		
5	BN	25.04	4.19	16.73
6	KT-FA 15%	29.23		

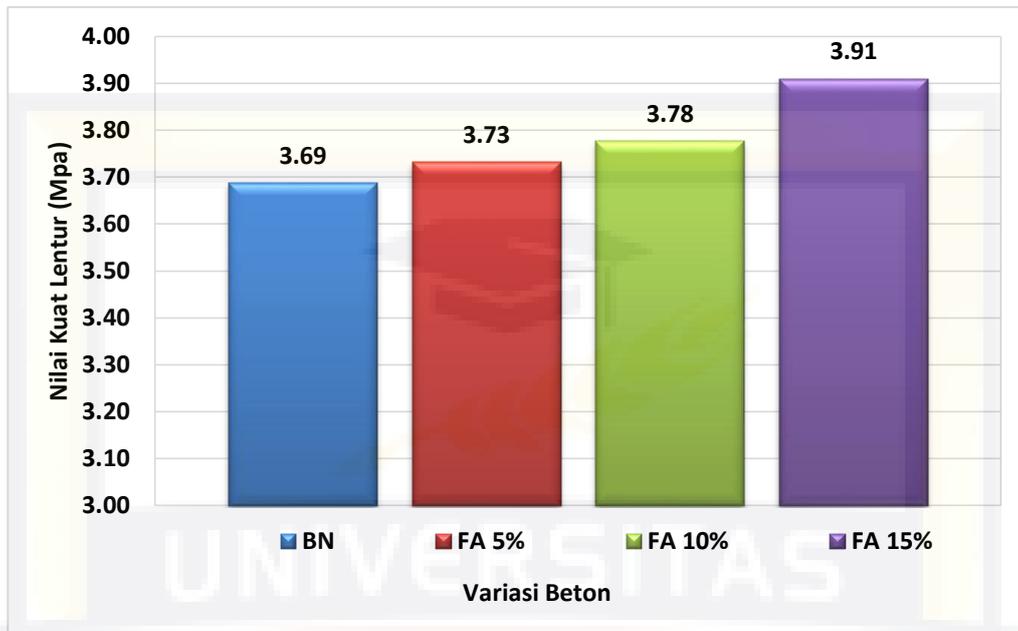
Sumber: Hasil Pengujian

4.2.2 Pengaruh Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Lentur.

Pada penelitian ini, Beton menggunakan variasi fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah dengan persentase yang berbeda yakni 5 %, 10 % dan 15 %.

Berdasarkan gambar 4.3 dibawah ini, dapat di gambarkan grafik perbandingan kuat lentur beton normal dan variasi fly ash tempurung kelapa.

Perbandingan Nilai Kuat Lentur Beton Variasi



Gambar 4.3 Perbandingan Nilai Kuat Lentur Beton Variasi

Pada Gambar 4.3 Di atas diperoleh, bahwa penambahan fly ash tempurung kelapa dapat meningkatkan kuat lentur terhadap beton normal, dimana kuat lentur rata-rata beton normal yang direncanakan yaitu sebesar 3,69 Mpa.

Nilai kuat lentur untuk benda uji yang menggunakan penambahan fly ash tempurung kelapa terhadap kuat lentur pada penelitian ini diperoleh pada beton variasi KL-FA 5% sebesar 3.73 Mpa, KL-FA 10% sebesar 3.78 Mpa, KL-FA 15% sebesar 3.91 Mpa.

Adapun perbandingan presentase antara beton normal dengan beton variasi yakni:

Tabel 4.11 presentase kenaikan kuat lentur beton normal dengan beton variasi

No	Notasi	Hasil Kuat Lentur	Selisih	% Peningkatan / % Penurunan
1	BN	3.69	0.04	1.20
2	KL-FA 5%	3.73		
3	BN	3.69	0.09	2.41
4	KL-FA 10%	3.78		
5	BN	3.69	0.22	6.02
6	KL-FA 15%	3.91		

Sumber: Hasil Pengujian

4.2.3 Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur Beton Variasi

Peraturan SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton normal (tanpa tulangan) yaitu :

$$f_r = 0.70 \sqrt{f'_c}$$

Dari nilai tersebut dapat dibuat suatu hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton seperti pada tabel di bawah ini :

menentukan persamaan hubungan f'_c dengan f_r

Misalkan $f'_c = X$ dan $f_r = Y$ maka:

f _c (Mpa)	f _r (Mpa)
26,68	3,73
27,34	3,78
29,23	3,91

Sumber : Hasil Pengujian

Pendekatan yang dilakukan dengan Analisis Regresi menggunakan Transformasi Logaritma

Transformasi log						
No	Xi	Yi	log xi=qi	log yi=pi	qi.pi	qi ²
1	26,11	3,73	1,42	0,57	0,82	2,03
2	27,34	3,78	1,44	0,58	0,83	2,06
3	29,23	3,91	1,47	0,59	0,87	2,15
3	82,68	11,42	4,32	1,74	2,51	6,22

Sumber : Hasil Penelitian

$$\bar{q} = (\sum \log xi / n) = 1,440$$

$$\bar{p} = (\sum \log yi / n) = 0,580$$

$$\bar{y} = (\sum yi / n) = 3,807$$

$$B = \frac{n \cdot \sum qi \cdot pi - \sum qi \cdot \sum pi}{n \cdot \sum qi^2 - (\sum qi)^2} = \frac{0,001541}{0,003625} = 0,4251$$

$$A = \bar{p} - B \cdot \bar{q} = -0,0316$$

Persamaan transformasinya adalah :

$$p = A + B \cdot q$$

$$= -0,0316 + 0,4251 \cdot q$$

$$A = \log a$$

$$a = 0,929801$$

$$B = b$$

$$b = 0,4251$$

Bentuk persamaan hasil transformasi adalah :

$$Y_t = a \cdot X^b$$

Sehingga diperoleh :

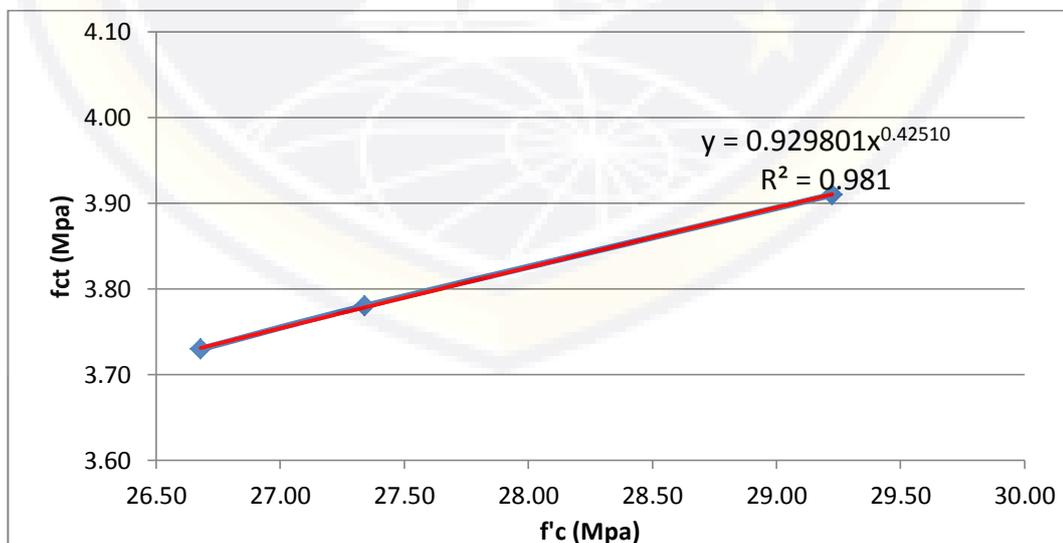
$$Fr = 0,929801 \cdot f'c^{0,4251}$$

$$Dt^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$Dt^2 = \sum (y_i - y_t)^2$$

Koefisien kolerasi untuk transformasi log :

$$R^2 = \frac{Dt^2 - D^2}{Dt^2} = 0,981$$



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur Beton Variasi

Dari gambar 4.4 diatas diperoleh persamaan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur dengan nilai $R^2 = 0.981$ dan $y = 0.929801x^{0.42510}$, dari persamaan tersebut menunjukkan hubungan kuat tekan dan kuat lentur menjadi hubungan yang bagus karena membentuk garis lurus yang menunjukan tingkat keakuratan dari data aktual.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan Fly Ash tempurung kelapa dengan persentase 15% mendapat nilai kuat tekan beton terbesar yaitu 29,23Mpa.
2. Penggunaan Fly Ash tempurung kelapa dengan persentase 15% mendapat nilai kuat lentur beton terbesar yaitu 3,91 Mpa
3. Hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton dengan penambahan Fly Ash Tempurung Kelapa diperoleh nilai persamaan $R^2 = 0.981$ dan $y = 0.929801x^{0.42510}$, dari persamaan tersebut membentuk garis lurus yang menunjukkan tingkat keakuratan dari data aktual.

5.2 Saran

Dari Hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Beton yang telah dicetak dalam mold/cetakan, sebaiknya disimpan di tempat yang rata, agar beton kering memiliki permukaan yang rata.
2. Perlu dilakukan perataan permukaan benda uji, agar saat melakukan uji kuat tekan beton, beban tersalurkan merata. Karena kemiringan permukaan benda uji dapat mempengaruhi nilai kuat tekan.

3. Di butuhkan penelitian lebih lanjut untuk penggunaan fly ash tempurung kelapa sebagai bahan tambah.



DAFTAR PUSTAKA

- Andi yusra. (2015). *Pengaruh Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Universita Teuku Umar.
- Irawan, Ranasta R. 2013. *Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi*. Bandung : Kementrian Pekerjaan Umum.
- Irawan, Ranasta R. 2013. *Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi*. Bandung : Kementrian Pekerjaan Umum.
- Mulyono Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2003. *TEKNOLOGI BETON*. Yogyakarta : CV ANDI OFFSET.
- Mulyono, T. 2015. *TEKNOLOGI BETON : Dari Teori ke Praktek*. Jakarta : Lembaga Pengembangan Pendidikan – UNJ.
- Nasfisyah Rahmawati. 2021. *Pengaruh Pemakaian Fly Ash Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton*. Politeknik Negeri Balikpapan.
- Nugraha, P. & Antoni, 2007, *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Andi, Yogyakarta.
- PT Semen Tonasa. (Tanpa Tahun). *Buku Panduan Pelanggan*. Diakses melalui <http://www.mitratonasa.com>.
- Rio Rahma Dhana.(2019). *Fly Ash Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Non Struktur*.

Sari, A. (2020). *Analisis Kuat Tekan Beton Fc 20 MPa dengan Tambahan Ampas Tebu 2% 3% dan 4% dari Berat Semen*. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah.

Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.

SNI 03-2834-2000 *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung : Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah.

SNI 1972:2011 *Cara Uji Kuat Tekan Beton Normal*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2847:2013 *Cara Uji Pembuatan Benda Uji/Mix Design*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

SNI 4431:2011 *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada.

Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Wulandari, Retno. 2004. *Pengujian Kuat Beton Menggunakan Semen Type 1*.



L
A
M
P
I
R
A
N



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

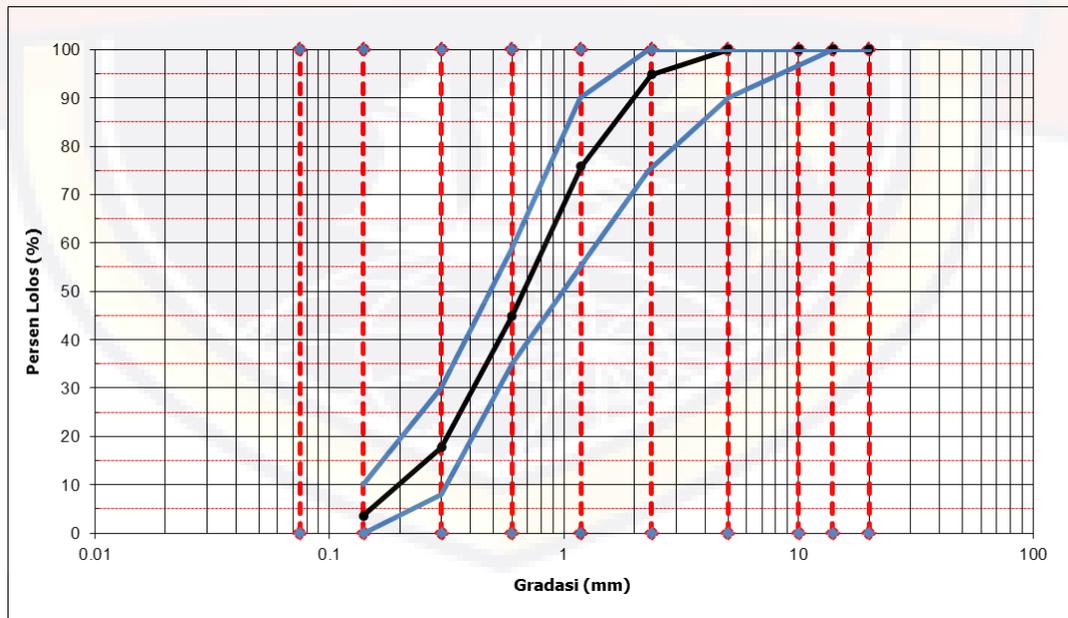
Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Material : Pasir
 Tanggal : 24 Januari 2022
 Sumber : Bili-Bili

Nama : Andi Candra Gunawan
 Pembimbing :
 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
 2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Saringan No	Total :	1500		Total :	1500		Rata-rata	SNI tahun 2000
	Sampel	1		Sampel	2		%	
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos	
3/4"	0	0	100	0	0	100	100	-
1/2"	0	0	100	0	0	100	100	-
3/8"	0	0	100	0	0	100	100	-
No. 4	0	0	100	0.00	0	100	100	90-100
No. 8	85.80	5.72	94.28	69.30	4.62	95.38	94.83	75-100
No. 16'	341.80	22.79	77.21	384.70	25.65	74.35	75.78	55-90
No. 30	795.40	53.03	46.97	856.70	57.11	42.89	44.93	35-59
No. 50	1260.50	84.03	15.97	1206.90	80.46	19.54	17.75	8-30
No. 100	1459.40	97.29	2.71	1433.50	95.57	4.43	3.57	0-10
No. 200	1491.10	99.41	0.59	1495.40	99.69	0.31	0.45	-
Pan	1495.70	99.71	0.00	1498.60	99.91	0.00	0.00	-



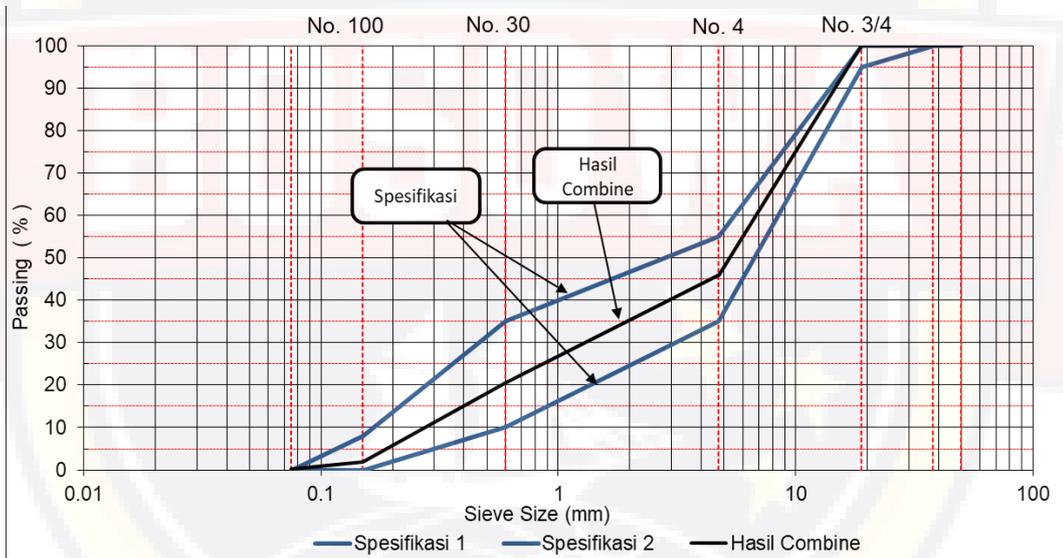


LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568

COMBINE AGREGAT

ASTM SIEVE SIZE	AGGREGATE GRADING (AVERAGE)				COMBINED AGGREGATE GRADING BETON (Maksimum Nominal 20 mm)									ASTM C-33
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX		
3/4	100	100			100									95-100
1/2	37.12	100			62.27									-
3/8	9.43	100			45.7									-
No. 4	3.74	100			42.2									35-55
No.8	2.10	94.83			39.2									-
No.16	0.49	75.78			30.6									-
No. 30	0.44	44.93			18.2									10-35
N0.50	0.43	17.75			7.36									-
No. 100	0.33	3.57			1.63									0-8
No. 200	0.14	0.45			0.26									-
AGGREGATE	a. BP maks 20 mm				60									
BLENDING RATIO	b. Pasir				40									





LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

AGREGAT LOLOS SARINGAN NO. 200

(SNI 8321:2016)

Material : Batu Pecah 1-2 mm Nama : Andi Candra Gunawan
Tanggal : 24-25 Januari 2022 Pembimbing :
Sumber : Bili-Bili 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

AGREGAT KASAR

Batu pecah 1-2 cm

NoTest			I	II
Berat Agregat (semula)	gram	A	1000	1000
Berat Agregat Kering Oven (sesudah di cuci)	gram	B	994.2	991.8
Berat Lumpur	gram	C = A-B	5.8	8.2
Kadar Lumpur	%	C/A *100	0.58	0.82
kadar Lumpur Rata-rata		%	0.70	

Material : Batu Pecah 1-2 mm Nama : Andi Candra Gunawan
Tanggal : 24-25 Januari 2022 Pembimbing :
Sumber : Bili-Bili 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Dr. Ir. Hj. Hijriah, ST. MT

AGREGAT HALUS

Pasir

			I	II
Berat Agregat (semula)	gram	A	500	500
Berat Agregat Kering Oven (sesudah di cuci)	gram	B	480	482
Berat Lumpur	gram	C = A-B	20	18
Kadar Lumpur	%	C/A *100	4.00	3.60
kadar Lumpur Rata-rata		%	3.80	

Mengetahui,

Makassar,

Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Beton

Di Uji Oleh
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT
Andi Candra Gunawan



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Material : Batu Pecah 1-2 mm Nama : Andi Candra Gunawan

Tanggal : 26-27 Januari 2022 Pembimbing

Sumber : Bili-Bili 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Dr. Ir. Hj. Hijriah, ST. MT

Agregat Halus

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)		500	500	500
Berat benda uji kering oven	B_k	497.55	494.63	496.09
Berat Piknometer diisi air (25°C)	B	1300.03	1300.03	1300.03
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C)	B_t	1610.10	1609.08	1609.59

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.62	2.59	2.61
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.63	2.62	2.63
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.65	2.67	2.66
Penyerapan (Absorption)	$\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	0.49	1.09	0.79



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
		Interval	Pemeriksaan	
1	Analisa Saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 1%	0,70%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5% - 2%	1,75%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9	1,58% gram/cm ³	Memenuhi
	- Padat	gram/cm ³	1,71% gram/cm ³	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 4%	2,59%	Memenuhi
6	Berat Jenis			
	Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,3	2.67	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,3	2.74	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,3	2.87	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
	Agregat	Interval	Pemeriksaan	
1	Analisa Saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maksimal 5%	3,80%	Memenuhi
3	Kadar Air	0,5% - 5%	3,64%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	- Lepas	1,4 - 1,9	1,61% gram/cm ³	Memenuhi
	- Padat	gram/cm ³	1,64% gram/cm ³	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2 % - 2%	0,79%	Memenuhi
6	Berat Jenis			
	Spesifikasi			
	- Berat Jenis Curah	1,6 - 3,3	2,61	Memenuhi
	- Berat Jenis SSD	1,6 - 3,3	2,63	Memenuhi
	- Berat Jenis Semu	1,6 - 3,3	2,66	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

Mengetahui,

Makassar,

Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Beton

Di Uji Oleh
Mahasiswa

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Andi Candra Gunawan



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568

RANCANG CAMPURAN BETON
(CONCRETE MIX DESIGN)

Data :

Slump	=	8±2	cm
Kuat tekan yang disyaratkan (Silinder)	=	25.0	Mpa
Deviasi Standar (Sr)	=	-	kg/cm ²
Nilai Tambah (Margin)	=	8	Mpa
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	=	33	Mpa
Faktor Air Semen Bebas (Fas)	=	0.47	(Grafik L.1)
Faktor Air Semen Maksimum	=	0.60	(Tabel L.3)
Kadar Air Bebas	=	205	kg/m ³
Kadar Semen Maksimum	=	436.17	kg/m ³
Kadar Semen Minimum	=	325	(Tabel L.3)
Berat Isi Beton	=	2375	(Grafik L.2)
Berat Agregat Gabungan	=	1733.83	kg/m ³
Berat Agregat Halus	=	780.22	kg/m ³
Berat Agregat Kasar	=	953.61	kg/m ³
Berat Jenis Gabungan	=	2.65	kg/m ³

a. Menentukan deviasi standar

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

$$\text{Deviasi standar (Sr)} = \quad - \quad \text{kg/cm}^2 = \quad - \quad \text{MPa} > \quad \text{MPa}$$

b. Menghitung nilai tambah (margin)

Tabel 5.3.22 SNI 2847- 2013

$$M = 8.3 \quad \text{Karena di bawah 35 Mpa}$$

c. Menghitung kuat tekan rata-rata

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

$$f'_{c_r} = 25 + 8 = 33.3 \text{ Mpa}$$

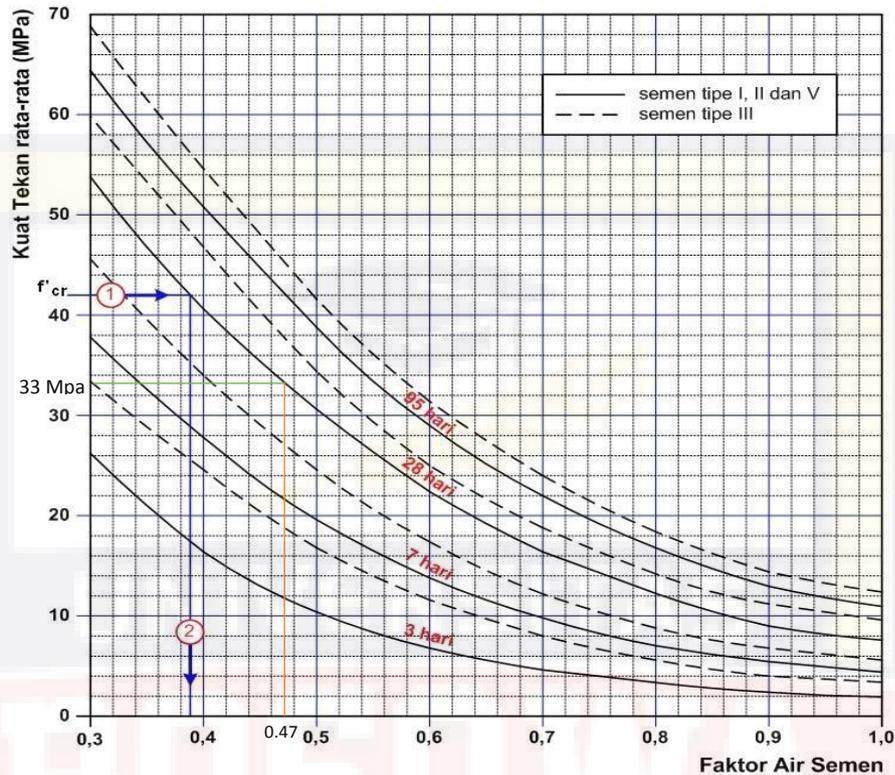
Tabel 5.3.22 SNI 2847 – 2013

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{c_r} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{c_r} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{c_r} = 1,10f'_c + 5,0$



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568



Gambar Grafik L.1 Faktor Air Semen

d. Penetapan Faktor Air Semen

Besar faktor air semen (fas) diambil dari grafik

- berdasarkan kuat tekan rata-rata ($f'c$)

= 0.47 (berdasarkan grafik korelasi fas dan $f'c$)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

e. Penetapan kadar air bebas

Berdasarkan nilai slump cm dan f maksimum agregat 20 mm, maka diperoleh :

Kadar air bebas alami (Wf) = 195 kg/m³ beton

Kadar air bebas bt. pecah (Wc) = 225 kg/m³ beton

Kadar air bebas = (2/3 X Wf) + (1/3 X Wc)

= (2/3 X 195) + (1/3 X 225)

= 205 kg/m³ beton



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568

Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai Macam pembeconan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan: a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
Beton yang kontinu berhubungan: a. air tawar b. air laut	ilmubeton.com	Lihat Tabel 5 Lihat Tabel 6

Gambar Tabel L.3 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan FAS Maksimum

f. Penetapan kadar semen

$$\text{Kadar semen Maks} = \frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{205}{0,47} = 436,17 \text{ kg/m}^3$$

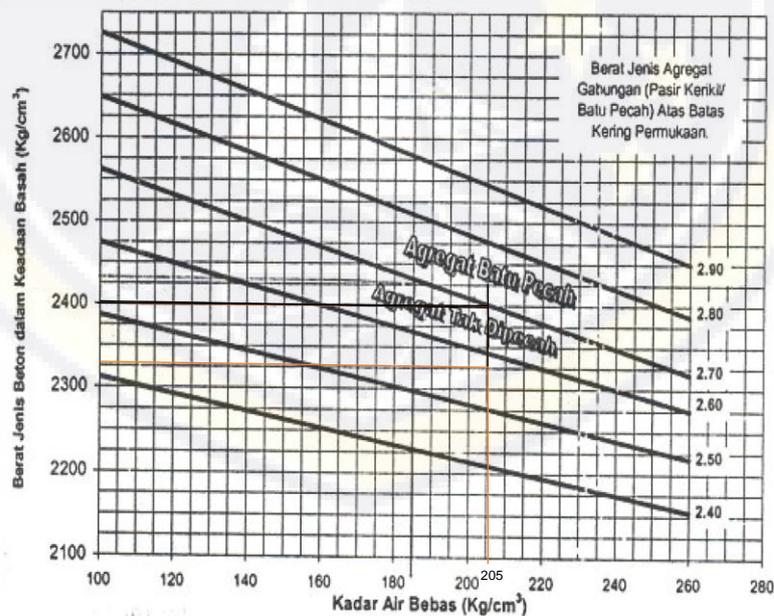
$$\text{Kadar semen minimum} = 325 \text{ kg/m}^3 \text{ beton} \quad (\text{diperoleh dari tabel} \Rightarrow \text{Tidak Terlindung dari Hujan dan terik matahari langsung})$$

Diambil yang terbesar dari kedua kadar semen tersebut, sehingga :

$$\text{fas} = \frac{205,00}{325} = 0,63 > \text{dari fas maksimum} = 0,60$$

g. Berat jenis gabungan agregat

$$\begin{aligned} \text{Bj. Gabungan} &= \text{a. Bj. Spesifik SSD pasir} + \text{b. Bj. Spesifik SSD kerikil 1-2} \\ \text{Bj. Gabungan} &= 0,45 \times 2,58 + 0,55 \times 2,70 = 2,65 \end{aligned}$$



Gambar Grafik L.2 Berat Jenis Beton



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
 Fax (0411) 424568

h. Berat volume beton segar

Berdasarkan nilai bj. Gabungan 2,61 dan kadar air bebas 205 kg/m³ (grafik), maka diperoleh :
 Berat volume beton segar = 2375 kg/m³

i. Berat total agregat (pasir+kerikil)

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

Berat total agregat = 2375 - 205 - 436.17 = 1733.83 kg/m³ beton

j. Berat masing-masing agregat

Berat pasir = 45% X 1733.83 = 780.22 kg/m³ beton

Berat kerikil 1-2 = 55% X 1733.83 = 953.61 kg/m³ beton

Jumlah = 1733.83 kg/m³ beton

k. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

Sebelum Koreksi

Air (Wa) = 205.00 kg/m³

Semen (Ws) = 436.17 kg/m³

Pasir (B_{SSDp}) = 780.22 kg/m³

Kerikil 1-2 (B_{SSDK}) = 953.61 kg/m³

Jumlah = 2375.00 kg/m³

Sesudah Koreksi
 (Untuk semen, tidak dikoreksi)

Air (Wa) = 197.81 kg/m³

Semen (Ws) = 436.17 kg/m³

Pasir (B_{SSDp}) = 796.37 kg/m³

Kerikil 1-2 (B_{SSDK}) = 944.64 kg/m³

Jumlah = 2375.00 kg/m³

l. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Air} &= \text{Jumlah Air} - (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times \frac{(\text{Jumlah Pasir})/100}{(\text{Kadar Air Kerikil 1-2} - \text{Absorpsi Kerikil 1-2}) \times \frac{(\text{Jumlah Kerikil 1-2})/100}} \\ &= 205 - (3.52 - 1.45) \times \frac{(780.22 / 100)}{(1.63 - 2.57) \times \frac{(953.61 / 100)}} \\ &= 205 - 16.15 - 8.96 \\ &= 197.81 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Pasir} &= \text{Jumlah Pasir} + (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times \frac{(\text{Jumlah Pasir})/100}{(\text{Kadar Air Kerikil 1-2} - \text{Absorpsi Kerikil 1-2}) \times \frac{(\text{Jumlah Kerikil 1-2})/100}} \\ &= 780.22 + (3.52 - 1.45) \times \frac{(780.22 / 100)}{(1.63 - 2.57) \times \frac{(953.61 / 100)}} \\ &= 796.37 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi BP} &= \text{Jumlah Kerikil} + (\text{Kadar Air Kerikil 1-2} - \text{Absorpsi Kerikil 1-2}) \times \frac{(\text{Jumlah Kerikil 1-2})/100}{(\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times \frac{(\text{Jumlah Pasir})/100}} \\ &= 953.61 + (1.63 - 2.57) \times \frac{(953.61 / 100)}{(3.52 - 1.45) \times \frac{(780.22 / 100)}} \\ &= 944.64 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan Volume Benda Uji

Silinder 15 cm x 30 cm

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

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

$$V = 0.00530 \text{ m}^3 \quad (\text{Untuk 1 Benda Uji})$$

$$V = 0.00530 \times 5 \times 1.5$$

$$V = 0.03974 \quad (\text{ Untuk 6 Benda Uji})$$

Dimana 1,5 adalah Faktor Koreksi

V = Volume Benda Uji

D = Jari - Jari

Untuk 20 Sampel



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Perencanaan mix design adalah sebagai berikut :

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 20 SAMPEL (kg)
Air	197.81	0.00530	31.44
Semen	436.17	0.00530	69.33
Pasir	796.37	0.00530	126.59
Bp Maks 20	944.64	0.00530	150.16

Untuk 5 Sampel

Perencanaan mix design adalah sebagai berikut :

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 5 SAMPEL (kg)
Air	197.81	0.00530	7.86
Semen	436.17	0.00530	17.33
Pasir	796.37	0.00530	31.65
Bp Maks 20	944.64	0.00530	37.54

Untuk 3 Sampel

Perencanaan mix design adalah sebagai berikut :

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 3 SAMPEL (kg)
Air	197.81	0.00530	4.72
Semen	436.17	0.00530	10.40
Pasir	796.37	0.00530	18.99
Bp Maks 20	944.64	0.00530	22.52

Di periksa
Oleh Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Jalan

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Makassar,
Di Uji Oleh:
Mahasiswa

Andi Candra Gunawan



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Kuat Tekan

Material : Batu Pecah 1-2 cm

Nama : Andi Candra Gunawan

Tanggal : 24 Januari 2022

Pembimbing :

Sumber : Bili-Bili

1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT

2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Nomor Benda Uji	Slump	Diameter	Tinggi	Berat	Umur	Beban Maksimu	Kuat Tekan
	(cm)	(cm)	(cm)	(gr)	Hari	KN	Mpa
1	8.8	15	30	12517	28	455	25.74
2	8.8	15	30	12469	28	465	26.30
3	8.8	15	30	12605	28	460	26.02
4	8.8	15	30	12515	28	470	26.59
5	8.8	15	30	12605	28	460	26.02
6	8.9	15	30	12444	28	455	25.74
7	8.9	15	30	12616	28	470	26.59
8	8.9	15	30	12446	28	450	25.45
9	8.9	15	30	12666	28	475	26.87
10	8.9	15	30	12445	28	470	26.59
11	8.2	15	30	12520	28	405	22.91
12	8.2	15	30	12598	28	460	26.02
13	8.2	15	30	12530	28	455	25.74
14	8.2	15	30	12413	28	460	26.02
15	8.2	15	30	12550	28	485	27.43
16	8.5	15	30	12448	28	455	25.74
17	8.5	15	30	12413	28	420	23.76
18	8.5	15	30	12483	28	480	27.15
19	8.5	15	30	12448	28	465	26.30
20	8.5	15	30	12476	28	465	26.30
Jumlah							519.27
Kuat Tekan Rata - rata (F'cr)							25.94
Standar Deviasi (Sr)							1.04
Kuat Tekan Karakteristik (F'c)							25.04



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Untuk menghitung kekuatan tekan beton rata – rata

$$F_{cr} = \frac{\sum f'_{cr}}{N} = \frac{519.27}{20} = 25.96 \text{ Mpa}$$

Untuk menghitung standar deviasi

$$S_r = \frac{\sqrt{\sum (f'_{ic} - f_{cr})^2}}{n-1} = 1.04$$

Untuk menghitung kuat tekan karakteristik

$$F_{cr} = f'_{c} + 1.34 S_r \quad \text{Persamaan I}$$

$$F_{cr} - 1.34 S_r = f'_{c}$$

$$f'_{c} = 25.96 - 1.34 (1.04)$$

$$= 24.57 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = f'_{c} + 2.3 S_r - 3.5 \quad \text{Persamaan II}$$

$$f'_{c} = f_{cr} - 2.3 (1.04) + 3.5$$

$$= 25.96 - 2.39 + 3.5$$

$$= 27.04 \text{ Mpa}$$

Gunakan nilai terbesar

Faktor modifikasi untuk 20 sampel adalah 1.08

$$F_c = 27.04 / 1.08 = 25.04 \text{ Mpa}$$



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Kuat Tekan

Tanggal Tes : 23 /05/2022
Id Sampel : KT- FA 5%
Material : Bp 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump	Berat Sebelum Perendaman	Berat Sesudah Perendaman	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Umur	Beban Maksimum	Kuatan Tekan
		(cm)	(Kg)	(kg)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(hari)	(KN)	(N / mm ²)
I	24/4/2022	8.2	12,210	12,298	15	30	176.786	28	445	25.17
II	24/4/2022	8.2	12,100	12,197	15	30	176.786	28	470	26.59
III	24/4/2022	8.2	12,085	12,180	15	30	176.786	28	470	26.59
							Jumlah		1385	78.34
							Rata - Rata			26.11



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tanggal Tes : 23/05/2022
Id Sampel : KT- FA 10%
Material : BP 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump (cm)	Berat Sebelum Perendaman	Berat Sesudah Perendaman	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	volume Penampang (cm ³)	Umur (hari)	Beban Maksimum (KN)	Kekuatan Tekan (N / mm ²)
			(Kg)	(kg)						
I	24/4/2022	8.5	12,130	12,235	15	30	176.786	28	485	27.4
II	24/4/2022	8.5	12,078	12,180	15	30	176.786	28	485	27.4
III	24/4/2022	8.5	12,140	12,230	15	30	176.786	28	480	27.2
							Jumlah		1345	82.0
							Rata - Rata			27.3



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tanggal Tes : 23/05/2022
Id Sampel : KT-FA 15%
Material : BP 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump	Berat Sebelum Perendaman	Berat Sesudah Perendaman	Diameter	Tinggi	volume Penampang	Umur	Beban Maksimum	Kekuatan Tekan
		(cm)	(Kg)	(kg)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(hari)	(KN)	(N / mm ²)
I	24/4/2022	8.5	11,847	11,935	15	30	176.786	28	540	30.5
II	24/4/2022	8.5	11,880	12,015	15	30	176.786	28	470	26.6
III	24/4/2022	8.5	11,850	11,980	15	30	176.786	28	540	30.5
							Jumlah		1380	87.7
							Rata - Rata			29.23

Di periksa
Oleh Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Jalan

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Makassar,
Di Uji Oleh:
Mahasiswa

Andi Candra Gunawan



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Kuat Lentur

Tanggal Tes : 23 /05/2022
Id Sampel : KL-FA 5%
Material : Bp 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
: 2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump	Berat	Diameter	Tinggi	Panjang Perletakan	Umur	Beban Maksimum	Kuat Lentur
				(mm)	(mm)	(mm)	(hari)	(KN)	N/mm ²
1	24/4/2022	8.2	30000	150	150	450	28	27	3.60
2	24/4/2022	8.2	30000	150	150	450	28	29	3.87
3	24/4/2022	8.2	30000	150	150	450	28	28	3.73
Jumlah									11.20
Kuat Lentur Rata - Rata									3.73



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tanggal Tes : 23 /05/2022
Id Sampel : KL- FA 10%
Material : Bp 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
: 2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump	Berat	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Perletakan (mm)	Umur (hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur N/mm ²
1	24/42022	8.2	31000	150	150	450	28	29	3.87
2	24/42023	8.2	31000	150	150	450	28	29	3.87
3	24/42024	8.2	31000	150	150	450	28	27	3.60
Jumlah									11.33
Kuat Lentur Rata - Rata									3.78



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tanggal Tes : 23 /05/2022
Id Sampel : KL-FA 15%
Material : Bp 1-2

Di Uji : Andi Candra Gunawan
Diperiksa : 1. Ir. Arman Setiawan, ST. MT
: 2. Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Slump	Berat	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Perletakan (mm)	Umur (hari)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur N/mm ²
1	24/42022	8.2	31255	150	150	450	28	29	3.87
2	24/42023	8.2	31255	150	150	450	28	30	4.00
3	24/42024	8.2	31255	150	150	450	28	29	3.87
Jumlah									11.73
Kuat Lentur Rata - Rata									3.91

Di periksa
Oleh Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Jalan

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Makassar,
Di Uji Oleh:
Mahasiswa

Andi Candra Gunawan



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tabel Rekapitulasi Hasil Nilai Kuat Tekan Rata - Rata Beton Variasi

Simbol	No Benda Uji	Fly Ash	Berat Sampel	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
		%	(gram)	(cm ²)	(KN)	(Mpa)
KT - FA 5%	1	5	12298	176.786	445	25.57
	2		12197	176.786	470	26.59
	3		12180	176.786	470	26.59
	Rata - Rata				461.67	26.11
KT - FA 10%	1	10	12235	176.786	485	27.43
	2		12180	176.786	485	27.43
	3		12230	176.786	480	27.15
	Rata - Rata				483.33	27.34
KT - FA 15%	1	15	11935	176.786	540	30.55
	2		12015	176.786	470	26.59
	3		11980	176.786	540	30.55
	Rata - Rata				516.67	29.23



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

Tabel Rekapitulasi Hasil Nilai Kuat Lentur Rata - Rata Beton Variasi

Simbol	No Benda Uji	Fly ash %	Berat Sampel (gram)	Ukuran Benda Uji			Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur N/mm ²
				b (mm)	d (mm)	L (mm)		
KL - FA 5%	1	5	30000	150	150	450	27	3.60
	2	5	30000	150	150	450	29	3.87
	3	5	30000	150	150	450	28	3.73
	Rata-Rata							28
KL - FA 10%	1	10	31000	150	150	450	29	3.87
	2	10	31000	150	150	450	29	3.87
	3	10	31000	150	150	450	27	3.60
	Rata-Rata							28
KL - FA 15%	1	15	31255	150	150	450	29	4.00
	2	15	31255	150	150	450	30	3.87
	3	15	31255	150	150	450	29	3.87
	Rata-Rata							29

Di periksa
Oleh Kepala Laboratorium Struktur
Dan Bahan Jalan

Ir. Eka Yuniarto, ST. MT

Makassar,
Di Uji Oleh:
Mahasiswa

Andi Candra Gunawan



**LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568

D
O
K
U
M
E
N
T
A
S
I





LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Pembakar Fly Ash Tempurung Kelapa



Bahan Tambah Fly Ash Tempurung Kelapa



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Penyaringan Agregat Halus



Proses Penyaringan Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Penimbangan Agregat Kasar



Proses Penimbangan Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Penimbangan Bahan Tambah Fly Ash Tempurung Kelapa



Proses Pencampuran Beton

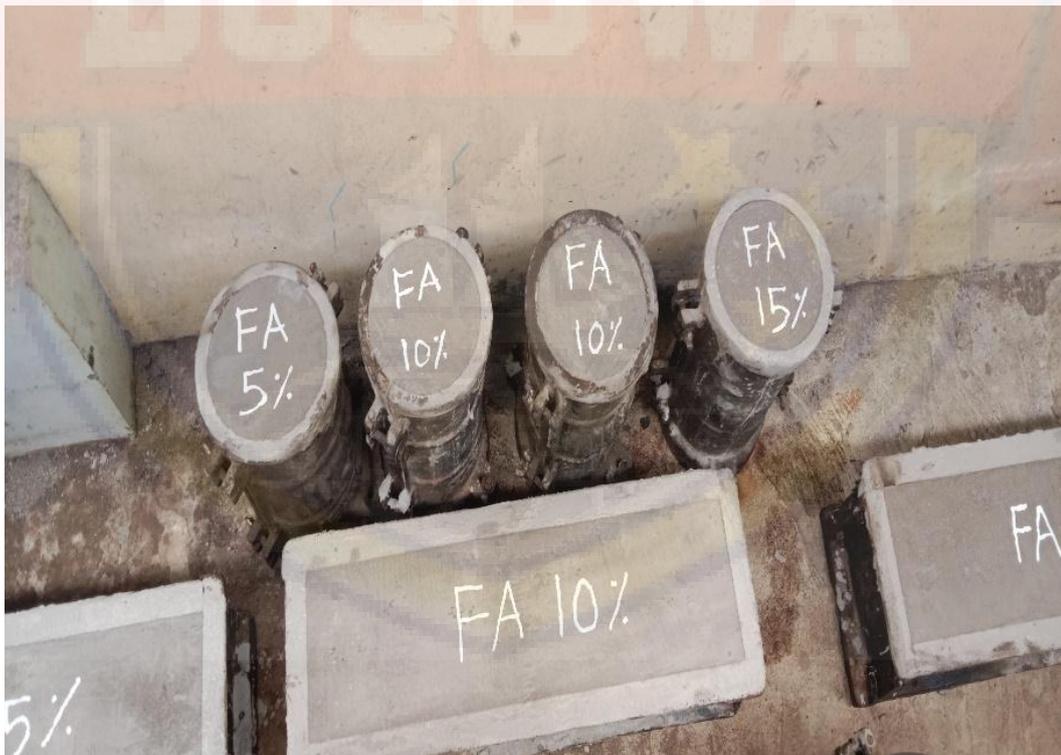


LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Penghitungan Nilai Slum



Benda Uji Selinder Dan Balok



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Penimbangan Benda Uji Sebelum Perendaman



Proses Perendaman Benda Uji Balok



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Perendaman Benda Uji Selinder



Proses Penimbangan Benda Uji Setelah Perendaman



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Proses Pengujian Kuat Tekan



Proses Pengujian Kuat Lentur



LABORATORIUM BAHAN & STRUKTUR BETON
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4 – Telp. (0411) 452901 – 342789
Fax (0411) 424568



Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Lentur



Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan