

**PENGARUH AIR LAUT PADA KUAT LENTUR BETON
DENGAN MENGGUNAKAN *FLY ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI
SEMEN**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh

Rian Arnada Putra

1820121111



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2022**

**PENGARUH AIR LAUT PADA KUAT LENTUR BETON DENGAN
MENGUNAKAN *FLY ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN**

Oleh

Rian Arnada Putra

1820121111

Menyetujui,

Tim Pembimbing

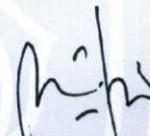
15 Oktober 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T.
NIDN : 0906107701



Dr. Ir. Ritnawati, S.T., M.T.
NIDN : 0924037901

Mengetahui

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar**

**Ketua Prodi Teknik Sipil
Universitas Fajar**



Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T.
NIDN : 0906107701



Fatmawati Rachim, S.T., M.T.
NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“PENGARUH AIR LAUT PADA KUAT LENTUR BETON DENGAN MENGGUNAKAN *FLY ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN” adalah karya orisinal saya dan setiap maupun seluruh sumber yang dijadikan sebagai acuan telah ditulis dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Universitas Fajar.

Makassar, 1 November 2022

Yang Menyatakan

A 1000 Rupiah Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number 'A29D7AKX271723264'. The signature is in black ink and appears to be 'Rian Arrada Putra'.

Rian Arrada Putra

ABSTRAK

Pengaruh Air Laut Pada Kuat Lentur Beton Dengan Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen, Rian Arnada Putra. Fly ash mengandung berbagai unsur berbahaya seperti arsenik, vanadium, antimon, boron, dan kromium, maka dapat menimbulkan kontaminasi jika dibuang ke tempat umum. Oleh karena itu, salah satu pilihan untuk menjaga agar bahan hasil samping tersebut tidak mencemari lingkungan adalah dengan memanfaatkannya sebagai pengganti sebagian semen. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis perbandingan kuat lentur beton normal yang menggunakan fly ash sebagai substitusi semen dengan perendaman air laut pada umur beton 28 hari. Material penyusun pada penelitian ini menggunakan variasi fly ash (0%, 10%, 15% dan 25%) sebagai pengganti semen pada beton mutu normal. Hasil penelitian menunjukkan Pengaruh penambahan Fly Ash dengan variasi 0%, 10%, 15% dan 25% sebagai pengganti semen pada beton mutu normal dengan kuat lentur rata rata masing masing, Untuk Variasi Fly Ash 0% adalah 7,958 MPa, Untuk Variasi Fly Ash 10% adalah 6,875 MPa, Untuk Variasi Fly Ash 15% adalah 6,563 MPa, Untuk Variasi Fly Ash 25% adalah 6,438 MPa, yang mana semakin banyak persentase variasi fly ash yang digunakan semakin rendah pula hasil pengujian kuat lenturnya.

Kata Kunci : Beton Normal, Fly Ash, Kuat Lentur, Perendaman Air Laut.

ABSTRACT

Effect Of Sea Water On The Flexural Strength Of Concrete By Using Fly Ash As A Cement Subtitusion, Rian Arnada Putra. Fly ash contains various harmful elements such as arsenic, vanadium, antimony, boron, and chromium, so it can cause contamination if disposed of in public places. Therefore, one option to keep the by-products from polluting the environment is to use them as a partial substitute for cement. day. The constituent materials in this study used variations of fly ash (0%, 10%, 15% and 25%) as a substitute for cement in normal quality concrete. The results showed the effect of adding Fly Ash with variations of 0%, 10%, 15% and 25% as a substitute for cement in normal quality concrete with an average flexural strength of each, for 0% Fly Ash variation was 7,958 MPa, for Fly Ash variation 10 % is 6.875 MPa, For 15% Fly Ash Variation is 6.563 MPa, For 25% Fly Ash Variation is 6.438 MPa, the higher the percentage of fly ash variation used, the lower the flexural strength test results.

Keywords : Normal Concrete, Fly Ash, Flexural Strength, Seawater Immersion.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Bersama kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahNya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “PENGARUH AIR LAUT PADA KUAT LENTUR BETON DENGAN MENGGUNAKAN *FLY ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN”. Laporan proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Kami menyadari bahwa ada banyak sekali pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal ini dengan tepat waktu.
2. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan kasih sayang yang tulus dan dukungan dari berbagai bentuk, baik dalam bentuk materi bahkan non- materi yang tiada hingga nilainya. Serta kepada seluruh keluarga yang juga turut berperan dalam penulisan proposal penelitian ini.
3. Prof.Dr. Ir. Erniati, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar dan selaku dosen pembimbing, terima kasih yang saya haturkan mungkin tidak dapat membalas jasa dan kesabaran beliau dalam mendidik saya, memberikan solusi dalam setiap permasalahan, bimbingan dan arahan dari awal penelitian sampai saat ini. Sehingga saya dapat dapat menyelesaikan proposal penelitian ini.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar, yang telah meluangkan waktunya untuk membantu saya dalam pengurusan administrasi dan juga bimbingan serta arahan beliau yang membuat saya bisa menyelesaikan proposal penelitian ini.
5. Asri Mulya Setiawan, ST., MT., yang juga selalu memberikan dorongan dan motivasi serta ide-ide yang luar biasa sehingga saya dapat berkreasi dan menjadi mahasiswa yang mandiri dalam menjalani akademik dengan

baik.

6. Tenaga Akademisi Program Studi Teknik Sipil, Staff dan Karyawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.
7. Saudara dan Saudariku Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2018 yang telah turut berperan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
8. Sahabat-sahabatku (Antinoob Squad) Miftakhul Huda, Rivaldi Nugraha Putra, Muh. Said Nurdin, Ronal Lampi, Ashraf, Ryan Rezirsyah Pawae dan semua sahabat seperjuanganku lainnya.
9. Serta semua pihak yang telah turut berperan aktif dengan segala kerendahan hati yang telah membantu kami dalam menyelesaikan proposal ini.

Dengan ini kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaan proposal ini. Akhir kata dari kami yaitu semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan balasan dan anugerah dari Allah SWT. Aamiin.

Makassar 12 mei 2022

Rian Arnada Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
I.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
II.1 Beton	3
II.2 Fly Ash (Abu Terbang)	4
II.3 Air laut.....	6
II.4 Bahan Penyusun Beton.....	7
II.4.1 Semen Portland.....	7

II.4.2 Agregat	8
II.4.3 Air.....	9
II. 5 Kuat Lentur.....	10
II.6 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III METEDOLOGI DAN PENELITIAN	18
III.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan	18
III.2 Alat Dan Bahan	18
III.2.1 Alat.....	18
III.2.2 Bahan.....	19
III.3 Pelaksanaan penelitian	19
III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	19
III.3.2 Benda Uji	21
III.3.3 Metode Pengujian Kuat Lentur	22
III.4 Metode Pengumpulan Data	23
III.5 Analisa Data	23
III.6 Bagan Alur	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
IV.1 Karateristik Penyusun Beton.....	25
IV.1.1 Karateristik Agregat Halus	25
IV.1 Hasil Pengujian Agregat Halus.....	25
IV.1.2 Karakteristik Agregat Kasar	27
IV.1.3 Penggabungan Agregat Halus Dan Agregat Kasar.....	30
IV.2 Rancangan Campuran Beton (mix design concrete).....	31
IV.3 Pengujian Slump Test	33
IV.4 Pengujian Kuat Lentur	34

BAB V.....	39
KESIMPULAN DAN SARAN	39
V.1 Kesimpulan	39
V.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar IV. 1 Gradasi Zona Agregat Halus (Pasir).....	27
Gambar IV. 2 Gradasi Zona Agregat Kasar (Kerikil)	30
Gambar IV. 3 Grafik Batas Gradasi Penggabungan Agregat.....	31
Gambar IV. 4 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 0%.....	33
Gambar IV. 5 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 10 %.....	33
Gambar IV. 6 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 15 %.....	33
Gambar IV. 7 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 25%.....	33
Gambar IV. 8 Pengujian Kuat lentur	38
Gambar IV. 9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur	38

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Agregat	25
Tabel IV. 2 Rekaputilasi Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	26
Tabel IV. 3 Hasil Pengujian agregat	28
Tabel IV. 4 Rekaputilasi Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	29
Tabel IV. 5 Hasil Penggabungan Agregat	30
Tabel IV. 6 Komposisi Campuran Balok Normal 0%.....	31
Tabel IV. 7 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 10%	32
Tabel IV. 8 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 15%	32
Tabel IV. 9 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 25%	32
Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Slump Test.....	33
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Normal.....	34
Tabel IV. 12 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 10%	35
Tabel IV. 13 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 15% ..Error!	
Bookmark not defined.	
Tabel IV. 14 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 25% ..Error!	
Bookmark not defined.	

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama kali Pada Halaman
PC	Semen Portland	1
σ	Kuat lentur	3
SNI	Standar Nasional Indonesia	4
CO ²	Karbon Dioksida	5
CaO	Kalsium Oksida	6
SiO ²	Silika	6
Fe ² O ³	Oksida Besi	6
Al ² O ³	Aluminium Oksida	6
CaO	Kalium Oksida	6
MgO	Magnesium Oksida	6
SO ⁴	Sulfat	6
N	Newton	11
MPa	Mega Pascal	12
PBI	Peraturan Beton Indonesia	10
UTM	Universal Testing Machine	16

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan dalam upaya peningkatan mutu beton, teknologi material, dan teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan penggunaan beton yang semakin tinggi. dan mengatasi kendala yang sering terjadi dalam pelaksanaan pekerjaan. Peningkatan pemadatan beton, atau pengurangan pori-pori atau rongga pada beton, adalah salah satu teknik untuk meningkatkan kekuatannya. Hernando, 2009

Beton, campuran semen, pasir, kerikil, dan air, adalah bagian terpenting dari suatu struktur. Beton dapat digunakan dalam berbagai struktur, termasuk bangunan, infrastruktur air, jalan raya, dan banyak lagi. Beton digunakan sebagai kerangka pondasi, balok, kolom, dan pelat lantai dalam konstruksi. Saluran drainase, gorong-gorong, dan bendungan digunakan dalam struktur air beton. Kuat tekan beton kuat, tetapi kuat lenturnya rendah. Tjokrodinuljo, 1996.

Beton yang tidak hilang digunakan dalam bangunan karena memiliki keunggulan dibandingkan bahan lain seperti kayu dan baja. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, lebih mudah dibuat, dan mudah dikerjakan dan dirawat. Terlepas dari kelebihanannya, beton memiliki kelemahan yaitu memiliki kekuatan lentur yang buruk. Oleh karena itu, diperlukan penambahan tulangan pada komponen beton untuk menaikkan nilai kuat lentur beton. Karena biaya perkuatan yang selalu naik, membuat beton menjadi lebih mahal, maka diperlukan bahan tambahan yang lebih mudah diperoleh, terjangkau, dan mudah diperoleh untuk mendapatkan beton yang baik. Pabulung, 2019

Pengaruh penggunaan material fly ash terhadap pengaruh intrusi air laut terhadap kuat tekan beton mutu tinggi, terutama pada awal umur beton, menjadi fokus tantangan dalam pencarian material fly ash. serta beton.

I.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kuat lentur beton yang menggunakan fly ash sebagai substitusi dengan proses air laut yang berumur 28 hari ?
2. Bagaimana pengaruh air laut pada beton fly ash dengan selama 28 hari sebagai substitusi semen ?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai kuat lentur beton yang menggunakan fly ash sebagai substitusi dengan proses air laut yang berumur 28 hari
2. Mengetahui pengaruh air laut pada beton fly ash selama 28 hari sebagai substitusi semen.

I.4 Batasan Masalah

Untuk melakukan penelitian ini, maka diperlukan batasan-batasan masalah seperti sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen jenis PCC (Portland Composite Cement).
2. Agregat kasar yang digunakan adalah Chipping.
3. Agregat halus yang digunakan adalah pasir lokal.
4. Bahan substitusi yang digunakan merupakan abu terbang (Fly Ash) yang diambil di salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang ada di Sulawesi
5. Sifat mekanik yang akan diteliti adalah kuat lentur pada umur 28 hari
6. Jumlah fly ash sebagai substitusi semen sebesar 10%, 15%, 25%.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang populer karena mudah dibuat dan dibentuk, serta relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya. Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang membentuk suatu massa padat, menurut SNI 2847-2013.

Menurut Taufik dan Sabariman (2013) beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (portland cement), agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air dan bahan tambah (admixture atau additive). Untuk mengetahui perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton),

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen portland atau dengan semen hidraulik lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau bahan non kimia atau bahan lain yang berupa serat, pozzoland dan sebagainya) dengan perbandingan tertentu menghasilkan campuran yang bersifat plastis sehingga dapat dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Bila campuran itu dibiarkan, akan semakin mengeras seiring dengan berjalannya waktu karena reaksi kimia yang terjadi antara air dan semen.

Menurut Sari et al (2015) beton merupakan suatu komposit dari bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, semen, atau bahan lain yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur dengan komposisi tertentu yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang awet, mudah dikerjakan, mempunyai kekuatan yang tinggi, dan ekonomis.

Menurut Sugiyanto et al (2000) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2300-2500 kg/m³ menggunakan

agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

II.2 Fly Ash (Abu Terbang)

Limbah yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga batu bara yaitu Fly Ash merupakan masalah yang mengawatirkan dunia. Fly Ash merupakan sumber dari polutan yang berpotensi sensitif terhadap masalah lingkungan yakni B, Cr, Ni, As, Mo, Pb, Cd, V, dan Ti. Resiko yang berpotensi terhadap lingkungan menjadikan Fly Ash sebagai limbah sangat berbahaya. Komponen Fly Ash akan bergerak setelah mengalami kontak dengan air yang merupakan elemen jejak racun (Shen et al., 2016).

Abu terbang atau biasa kita sebut sebagai *Fly Ash* (FA) merupakan sisa limbah industri atau produk sampingan dari pembangkit listrik yang menggunakan tenaga batu bara. Penggunaan FA dalam industri beton sangat berguna karena terdapat reaksi pozzolanic dari abu terbang sehingga berfungsi sebagai pengganti semen Portland (misalnya; kemampuan kerja, evolusi panas, daya tahan, pengembangan kekuatan, dll), kemudian biaya yang dihasilkan dari pembuatan beton dengan menggunakan FA terbilang lebih rendah, karena harga FA yang lebih rendah dibandingkan dengan 7 harga semen. Jumlah FA yang digunakan biasa berkisar antara 15% sampai dengan 25% dari massa total semen. Karena jika menggunakan proporsi yang besar (misalnya; sekitar 70%) akan lebih baik jika digunakan dalam aplikasi khusus (misalnya; beton yang dipadatkan dengan roller) sehingga dengan kekuatan usia dini yang rendah tidak menjadi perhatian (Chen et al., 2019).

CFBC (Circulation Fluidized Bed Combustion) penghasil FA dari batu bara merupakan produk sampingan dari ketel uap (boiler) dalam industri pembangkit listrik tenaga panas yang mengalami peningkatan pesat karena boiler memiliki keuntungan seperti efisiensi yang tinggi, mengurangi polusi, dan lain-lain. Berbeda halnya dengan FA bahan bakar yang menggunakan bubuk konvensional, FA dari CFBC Sebagian besar mengandung Sebagian besar jumlah karbon, gypsum dan kapur yang tidak termakan api, dan dari itu material ini

hamper tidak cocok untuk digunakan sebagai komponen dalam campuran (Liu et al., 2009).

Komponen utama yang menyusun *Fly Ash* adalah silikat dan aluminat yang bisa menjadi sumber untuk alumino-silikat yang baik seperti mineral lempung yang berlapis dan zeolite. Sampai saat ini, para peneliti masih mempelajari secara eksklusif mengenai zeolitisasi FA, meskipun zeolitisasi masih memiliki kekurangan dan kelemahan seperti produksi larutan alkali yang kuat pada limbah. Dengan melakukan batasan sintesis pada jenis fasa zeolite dari hasil zeolite yang rendah, maka hal tersebut dapat mendaur ulang FA secara masih karena pengaplikasian zeolite yang masih luas. Pada faktanya, sejauh ini masih belum ada teknik lain yang dapat mengkonversi FA menjadi produk yang bermanfaat dalam skala besar (M. Park et al., 2002).

Fly Ash adalah limbah atau produk sampingan dari proses pembakaran pembangkit listrik tenaga batu bara. Komposisi FA utamanya terdiri dari Al_2O_3 SiO_2 sebagai komponen utama, dan jika bergabung dengan kotoran kemungkinan akan terjadi pembentukan mullite ($3Al_2O_3 \cdot SiO_2$). Sifat mekanik dan termal yang dimiliki oleh mullite yaitu 8 refractoriness yang tinggi, konduktivitas termal rendah, ekspansi termal yang rendah dan stabilitas kimia yang baik menjadikan mullite sebagai material teknik yang sangat menjanjikan (W. H. Chan, 2015)

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, teknik penyimpanan, dan penanganannya. Pembakaran batu bara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak dari pada jenis bituminous.

Tabel II. 1 Komposisi dan Klasifikasi Fly Ash (%)

Komponen	Bistuminus	Sub-bituminus	Lignit
Silika (SiO ₂)	20-60	40-60	15-45
Alumina (Al ₂ O ₃)	5-35	20-30	20-25
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	10-40	4-10	4-15
Kalsium (CaO)	1-12	5-30	15-40
Magnesium (MgO)	0-5	1-6	3-10
Sulfur (SO ₃)	0-4	0-2	0-10
Sodium (Na ₂ O)	0-4	0-2	0-6
Potassium (K ₂ O)	0-3	0-4	0-4
LOi	0-15	0-3	0-5

II.3 Air laut

Air laut memiliki dampak yang signifikan terhadap beton dan bangunan. Beton dan bangunan di wilayah pesisir, seperti Indonesia, mudah terkena garam laut, sehingga mengurangi umurnya. Bangunan beton dan besi yang terkena garam laut dapat bertahan hingga 25 tahun, menurut pengukuran yang dilakukan. Masing-masing tergantung pada keadaan lokal serta ukuran struktur yang sedang dibangun. Semakin kecil struktur besi, seperti jembatan, semakin cepat korosi. Temuan kami dapat digunakan untuk mengembangkan rencana perawatan untuk struktur beton dan besi. Setelah lama terpapar garam di air asin, bangunan beton di pantai mungkin akan rusak. Garam dapat menimbulkan korosi pada besi di dalam struktur dari waktu ke waktu, menyebabkan beton gagal menopang beratnya. Mengingat bahwa keadaan alam di Indonesia sebanding dengan yang

ada di Jepang, teknik pengukuran yang diadopsi mungkin bermanfaat. Indonesia terdiri dari beberapa pulau dan dikelilingi oleh laut. Ini benar-benar meningkatkan kekuatan beton.

Konsentrasi garam air laut yang tinggi dapat membahayakan kekuatan dan daya tahan beton. Hal ini disebabkan fakta bahwa klorida (Cl), garam yang ada dalam air laut, berlawanan dengan bahan lain, termasuk beton. Reaksi antara air asin agresif yang menembus beton dan senyawa dalam beton dapat menyebabkan kerusakan pada beton, menyebabkan kehilangan sebagian massa, kekuatan dan kekakuan, serta mempercepat proses pelapukan. (Syamsuddin, Wicaksono and M, 2011).

Serangan Magnesium Sulfat ($4MgSO$) pada beton terutama dihasilkan oleh dampak kimia air asin pada beton, yang diperkuat dengan adanya klorida di dalamnya; reaksi akan membatasi pertumbuhan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat oleh air laut, yang menyebabkan beton tampak putih dan mengembang jika tidak dirawat; terkelupas dan retak biasanya ada. Akhirnya, area beton yang terkena sulfat akan melunak dan menghasilkan lapisan seperti lumpur.

II.4 Bahan Penyusun Beton

Beton pada umumnya terbuat dari semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan air. Berikut uraian mengenai bahan penyusun beton :

II.4.1 Semen Portland

Semen portland adalah salah satu material yang digunakan dalam membuat beton. Bahan penyusun utama semen adalah kapur. Semen merupakan bahan pengikat yang sangat penting dalam adukan beton, karakteristik mengikat pada semen terjadi ketika semen sudah bercampur dengan air dan kemudian mengikat agregat kasar dan agregat halus yang dicampur bersamaan.

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. Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu:

1. Semen Portland tipe I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen Portland tipe II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen Portland tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

II.4.2 Agregat

Agregat dalam adukan beton berfungsi sebagai filler, yaitu pengisi ronggarongga yang terdapat dalam adukan beton. Terdapat 2 jenis agregat dalam adukan beton, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (split). Berikut adalah uraian mengenai agregat halus dan agregat kasar :

A. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam adukan beton pada umumnya adalah pasir alam atau pasir buatan yang berasal dari pemecahan batu. Umumnya pasir yang digali dari sungai cocok untuk pembuatan beton dengan diameter antara 0-5 mm (Apriyanto, 2009).

B. Agregat Kasar

Menurut SK SNI T-15-1991-03, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dan buatan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Menurut Tjokrodinuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan jenisnya, yaitu sebagai berikut :

a. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5- 2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan umumnya memiliki berat 2,3 gram/cm³ dan biasanya disebut beton non-serat. 14

b. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetit (Fe₃O₄), barites (BaSO₄) atau serbukbesi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm³ yang digunakan sebagai dinding pelindung atau radiasi sinar X.

c. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm³ misalnya tanah bakar (bloated clay), abu terbang (fly ash), busa terak tanur tinggi (foamed blast furnace slag). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

II.4.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton (Zai, 2014). Penggunaan air yang terlalu banyak dalam adukan beton dapat mengakibatkan bleeding pada beton yang akan menurunkan kekuatan beton. Bleeding adalah keadaan dimana air dalam adukan beton terlalu banyak kemudian air naik ke permukaan beton.

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25 persen berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton akan rendah serta betonnya

porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan laitance (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil.

II. 5 Kuat Lentur

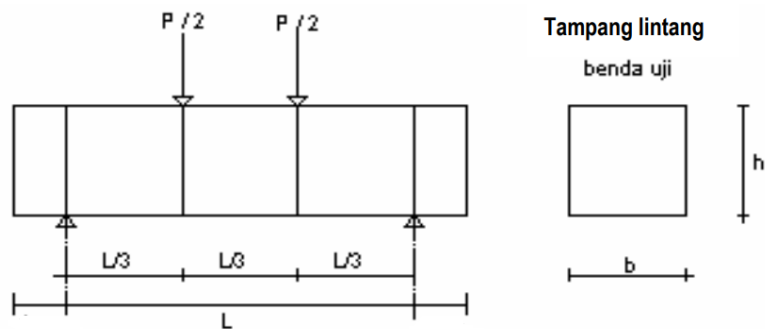
Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 12 x 60 cm dengan jumlah 3 benda uji tiap satu jenis sampel. Jumlah sampel tersebut dipakai berdasarkan peraturan SNI 03-2823-1992 (2.1), dimana jumlah benda uji yang dipakai minimal 3 buah. Kuat lentur dapat dihitung dengan Persamaan 1-2. (Gunawan, Budi and Wicaksono, 2014)

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok. Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani

sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni. (Pane, Tanudjaja and Windah, 2015)

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua penyangga untuk menahan gaya tegak lurus terhadap sumbu benda uji yang diberikan sampai benda uji putus, yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Balok yang menerima beban akan mengalami deformasi dan akibatnya momen lentur akan timbul sebagai tahanan material pembentuk balok terhadap beban luar. Tegangan akibat deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur yang diijinkan untuk material semen. Momen luar harus dikontraskan dengan bahan beton, dan nilai maksimum yang dapat dicapai sebelum balok runtuh atau patah adalah sama dengan momen tahanan dalam balok. Sistem pembebanan pada uji tarik lentur, yaitu benda yang diuji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan



mengalami keruntuhan akibat tekukan murni, seperti terlihat pada gambar berikut.

Gambar II. 1 Model pembebanan pada saat pengujian

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada Persamaan berikut :

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots \dots \dots (II.1)$$

Dimana:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang terbaca paada mesin uji (pembaca dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma) (N)

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Tinggi tampang lintang patah arah vertical (mm)

II.6 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian (Pertiwi Ananda, Adhitia and Ferdian, 2020) untuk menganalisis kuat tekan beton rata – rata pada masing – masing umur 14 hari, 28 hari, dan 56 hari untuk masing-masing variasi ,serta menganalisis penyebab kegagalan hasil kuat tekan beton untuk masing – masing variasi.Dari hasil penelitian dapat disimpulkan Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 56 hari dengan menggunakan limbah copper slag sebagai pengganti sebagian pasir dengan limbah fly ash didapatkan hasil kuat tekan beton diatas kuat tekan beton rencana 42 MPa. Variasi beton normal 42 MPa, variasi 40% copper + 0% fly ash 46.8 MPa, variasi 40% copper + 5% fly ash 48.31 MPa, variasi 40% copper + 7.5% fly ash 51,71 MPa, variasi 40% copper + 10% fly ash 58,13 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada variasi campuran ini faktor air semen kurang berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton, yang berpengaruh adalah penggunaan fly ash, karena fly ash dapat berfungsi sebagai filler pada beton. Terjadi peningkatan beton berbagai umur. Pada variasi beton normal, 40% copper slag+0% fly ash, dan 40% copper slag+5% fly ash peningkatan umur 14 ke 28 hari terjadi kenaikan yang signifikan, namun pada umur 56 hari kenaikan kuat tekan tidak begitu besar. Namun pada variasi 40% copper slag+7.5% fly ash, dan 40% copper slag+10% fly ash mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Dari hasil penelitian didapatkan hasil perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang menggunakan variasi limbah copper slag dengan limbah fly ash. Kuat tekan mengalami peningkatan berturut turut pada variasi 40% copper + 0% fly ash, variasi 40% copper + 5% fly ash, variasi 40% copper + 7.5% fly ash, variasi 40% copper + 10% fly ash sebesar 9.499%, 13.032%, 20.987.5%, 36.008% terhadap beton normal.

Penelitian tentang kuat lentur pada balok. Penelitian menggunakan balok beton bertulang berukuran 7 x 10 x 110 cm sejumlah 24 benda uji dengan 4 variasi kadar campuran bottom ash 0%, 10%, 20%, dan 25% sedangkan lama

perendaman yang digunakan adalah 7, 14, dan 28 hari.(Achmad Subki Arinata, M.Taufik Hidayat, 2012)

Dari pengujian ini didapatkan bahwa terdapat pengaruh variasi campuran bottom ash dimana nilai kuat tekan yang paling tinggi terjadi pada campuran bottom ash 10%. Demikian juga halnya dengan hasil uji balok dimana P_n uji yang paling tinggi terjadi pada campuran bottom ash 10% sehingga kapasitas lentur yang paling tinggi terjadi pada prosentase tersebut. Sedangkan untuk nilai kuat tekan dan P_n uji yang paling rendah terjadi pada campuran bottom ash 25%. Berdasarkan hasil analisis statistik uji F dua arah dengan $\alpha = 0,05$, menunjukkan bahwa lama perendaman tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada kapasitas lentur pada balok. M_n uji rata-rata pada balok beton bertulang dengan variasi campuran bottom ash 0%, 10%, 20%, dan 25% pada rendaman 7 hari secara berturut-turut 209,25 kgm, 228,375 kgm, 201,375 kgm, dan 191,8125 kgm. Rendaman 14 hari sebesar 207 kgm, 230,625 kgm, 209,25 kgm, dan 197,1 kgm. Rendaman 28 hari sebesar 218,8125 kgm, 225,5625 kgm, 217,4625 kgm, dan 199,125 kgm.

Syamsuddin *et al.*, 2015 penelitian yang akan diterapkan adalah dimana membuat beton normal (tanpa campuran) dan tiga kadar variasi beton dengan campuran 10% , 20% dan 25% bottom ash terhadap semen. Setelah mengalami pengikatan selama 1-2 hari beton yang kami buat akan di curing (direndam) dalam air laut dengan rentang waktu mulai 7, 14 hingga 28 hari.

Hasil dari penelitian ini adanya pengaruh yang nyata dari pemanfaatan bottom ash sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton silinder. Nilai kuat tekan rata-rata dari masing-masing beton silinder berbeda pada tiap komposisi campuran bottom ash pada kuat tekan beton silinder dengan kadar bottom ash 10% pengganti semen terjadi kekuatan optimal yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 19,05 MPa untuk rendaman 7 hari, 19,77 MPa untuk rendaman 14 hari, 18,99 MPa untuk rendaman 28 hari. Sedangkan kekuatan paling minimum terdapat pada kadar bottom ash 25% yang memiliki nilai rata-rata kuat tekan 15,48 MPa untuk rendaman 7 hari, 15,01 MPa untuk rendaman 14 hari dan 16,76 MPa untuk rendaman 28 hari. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan bottom ash

sebagai pengganti semen sebanyak 10% adanya peningkatan kekuatan beton dari beton normal (kadar bottom ash 0%) sebanyak 1,95 MPa untuk rendaman 7 hari, 3,87 MPa untuk rendaman 14 hari, 0,5 MPa untuk rendaman 28 hari. Dan untuk rendaman 14 hari dan 28 hari mengalami penurunan kekuatan beton secara signifikan. Pada kuat tekan yang menggunakan bottom ash ini terdapat kelemahan yaitu beton silinder yang menggunakan bottom ash ini memiliki kemampuan menyerap air yang sangat besar dikarenakan sifat bottom ash yang gembur (friable) dan memiliki banyak pori.

Setioko, Trinugroho and Nurchasanah, 2015. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kekuatan / mutu beton dengan upaya meningkatkan mutu, kualitas, dan keawetan beton dengan umur pengerasan beton yang minimum, dan dengan penggantian pasir dengan dust / abu batu dan pemakaian bahan tambah berupa Sika Viscocrete-10 0.1% dan fly ash 12.5% , fas 0.35 dan f'_{cr} 20 MPa, diharapkan kekuatan maksimum beton dapat tercapai hanya dalam waktu antara 8 jam sampai dengan 24 jam saja.

Tinjauan analisis pada penelitian ini kuat tekan dan tarik silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta kuat lentur balok beton dengan panjang 50 cm, tinggi 15 cm dan lebar 15cm. Metode perancangan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834- 2000. Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, didapatkan hasil pada umur beton 8 jam – 24 jam, beton dengan tambahan sika viscocrete-10 dan fly ash mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 23%- 29% kuat tarik antar 24%-30% dan kuat lentur sebesar 24%-33% dari beton normal.

Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% fly ash, yaitu 404,03 Kg/cm² pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan 27,95%. Pada awal umur beton nilai kuat tertinggi pada penggunaan fly ash 12,5%, sebesar 231,04 Kg/cm² dengan persentase peningkatan sebesar 60% terhadap beton normal. Dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan fly ash mempengaruhi kekuatan beton. Persentase penggunaan fly ash 12,5% pada beton, akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum. (Setiawati, 2018)

Ismail *et al.*, 2017 meneliti tentang Pengaruh beton daur ulang dan bahan tambah fly ash terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton struktural ramah lingkungan. Beton normal tanpa fly ash memiliki nilai kuat tekan dan kuat lentur yang lebih rendah dibanding beton normal dengan fly ash. Beton dengan bahan tambah fly ash memberikan kuat tekan lebih tinggi dibanding beton normal. Fly ash tersebut berfungsi sebagai filler yang mengisi rongga-rongga dalam beton. Selain itu Komponen fly ash yang berupa silikon dioksida (SiO_2) dan kalsium oksida (CaO) saat dicampurkan ke beton menyebabkan peningkatan penyebaran partikel semen dan menyebabkan semen menjadi reaktif. Nilai kuat tekan dan kuat lentur dengan agregat daur ulang semakin menurun setelah mencapai kadar optimum. Nilai kuat tekan beton daur ulang semakin menurun seiring pertambahan persentase jumlah kadar agregat pengganti. Hal ini disebabkan, nilai keausan dari campuran agregat tersebut. Namun pada penggunaan beton modifikasi fly ash dan puing tiang pancang 50% memberikan hasil yang optimum dalam peningkatan mutu kuat tekan beton. Sedangkan untuk kuat lentur, beton modifikasi fly ash dan puing tiang pancang 75% merupakan peningkatan terkuat. Untuk beton agregat daur ulang 25% terjadi penurunan kuat lentur yang signifikan dikarenakan terjadi segregasi pada beton. Di dalam beton terdapat rongga sehingga beton mudah retak. Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh beton daur ulang dan bahan tambah fly ash terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Kurang lebih sama dengan penelitian yang saya lakukan sama-sama menggunakan beton daur ulang namun beton daur ulang pada penelitian yang saya lakukan tidak menggunakan bahan tambah fly ash. Yang saya teliti juga disini hanya kuat lenturnya saja.

Desliono, Parung and Tonapa, 2021 Hasil observasi menunjukkan bahwa adanya pengaruh penggunaan *Fly ash* sebagai substitusi semen dengan batu gamping sebagai agregat untuk beton, menghasilkan beton dengan kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton, yang maksimal berturut-turut adalah 27,56 MPa, 2,50 MPa, dan 4,68 MPa terhadap beton normal dengan persentase penggunaan *Fly ash* optimum 15%. Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan dari 0% sampai 10% mengalami penurunan terhadap beton normal, namun

dengan Fly ash 15% mengalami kenaikan. Akan tetapi pada saat 20%, kembali mengalami penurunan. Jadi, penggunaan Fly ash dengan substitusi 15% masih aman untuk digunakan sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton.

Dwicahyani, 2012 Penelitian ini menggunakan metode speriodengan 42 benda uji. Kadar serat dalam campuran beton yaitu 20 kg/m³ 30 kg/m³ dan 40 kg/m³. Benda uji kuat tekan menggunakan mer beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji kuat Jentur beton menggunakan prisma dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 50 cm. Proses perawatan beton selama 28 hari,

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan seras limbah bubuk besi sebagai pengganti serat fabrikas mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan maksimal sebesar 32,23 % dan kenaikan kuat lentur maksimal 9,99 % Beton serat fabrikasi mengalami peningkatan kuat tekan mencapai 3017 dan kuat lentur mencapai 28,47%. Namun serat fabrikasi kadar 30 kg/m³ mengalami penurunan kuat tekan. Penambahan serat fabrikas maupun limbah bubuk besi menyebabkan beton memiliki nilai kuat lentur ekuivalen. Nilai dan kuat lentur ekuivalen cenderung mengalami kenaikan seiring penambahan kadar serat.

BAB III

METEDOLOGI DAN PENELITIAN

III.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Pada penelitian ini akan dilaksanakan selama kurang lebih 1 bulan yakni bulan Juni s/d bulan Juli 2022. Penelitian ini dilakukan di laboratorium struktur dan bahan program studi Teknik Sipil Universitas Fajar.

III.2 Alat Dan Bahan

III.2.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat uji sebagai berikut :

- 1). Timbangan dengan kapasitas 50 kg untuk menimbang agregat, semen, air.
- 2). Oven dengan tempratur 300 oC dan daya listrik 2200 W untuk mengeringkan material.
- 3). Ayakan dengan ukuran diameter saringan 38 mm; 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,85 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; pan, dan mesin penggetar ayakan (vibrator) yang digunakan untuk pengujian gradasi agregat halus dan kasar.
- 4). Cetakan benda uji berupa balok
- 5). Compression Testing Machine.
- 6). Universal Testing Machine.

Alat bantu lain :

- a. Spatula.
- b. Gelas ukur kapasitas 250 ml untuk uji agregat.
- c. Gelas ukur 2000 ml untuk menakar air.
- d. Stopwatch.
- e. Lap kering.
- f. Ember.
- g. Alat tulis.
- h. Formulir penelitian.
- i. Kamera.

III.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah :

- 1). Semen Portland
- 2). Agregat Halus (pasir)
- 3). Agregat Kasar (kerikil)
- 4). Air
- 5). Abu Terbang (*Fly Ash*)

III.3 Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Variabel yang digunakan disini berupa fly ash (abu terbang) dengan beberapa variasi proporsi pada campuran beton. Dengan dilakukannya variasi proporsi pada fly ash tersebut, maka akan hasil yang diharapkan nantinya akan memiliki campuran yang memenuhi standar. Pengujian dalam penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Fajar Makassar. Proporsi variasi campuran substitusi fly ash sebagai pengganti semen adalah 10%, 20% dan 25% dengan proses selama 28 hari.

III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap 1 persiapam studi literatur

Pada tahap ini melakukan pencarian jurnal-jurnal yang relevan dengan penelitian ini yang akan digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian, pengolahan dan penyusunan tugas akhir.

2. Tahap 2 persiapan alat dan bahan

Pada tahap ini peneliti mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini agar dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang diteliti

3. Tahap 3 pemeriksaan material

Pada tahap ini peneliti melakukan pengujian karakteristik bahan penyusun beton yaitu agregat halus dan agregat kasar. Dalam pengujian ini persyaratan

disesuaikan dengan spesifikasi karakteristik agregat sesuai SNI. Dari pengujian ini dapat diketahui bahan penyusun beton mutu tinggi yang memenuhi standard

- a. Pengujian karakteristik agregat halus

Tabel III. 1 Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis pemeriksaan	Standar yang digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C 136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C 128-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C 29M-97
4.	Pemeriksaan Berat Air	ASTM C 566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-95
6.	Pemeriksaan Kadar Organik	ASTM C 40-99

- b. Pengujian karakteristik agregat kasar

Tabel III. 2 Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis pemeriksaan	Standar yang digunakan
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	ASTM C 136-01
2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	ASTM C 127-01
3.	Pemeriksaan Berat Volume	ASTM C 29M-97
4.	Pemeriksaan Berat Air	ASTM C 566-97
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM 117-97
6.	Pemeriksaan Kadar Organik	ASTM C 131-03

4. Tahap mix design

Pada tahap ini dilakukan perencanaan mix design beton mutu tinggi yang sesuai standard SNI yang merupakan pedoman atau acuan dalam perhitungan kebutuhan bahan.

5. Tahap pembuatan benda uji

Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji berdasarkan hasil dari mix design yang sesuai dengan SNI

6. Tahap pengujian benda uji kuat lentur

Pada tahap ini dilakukan pengujian benda uji balok pada umur beton 28 hari.

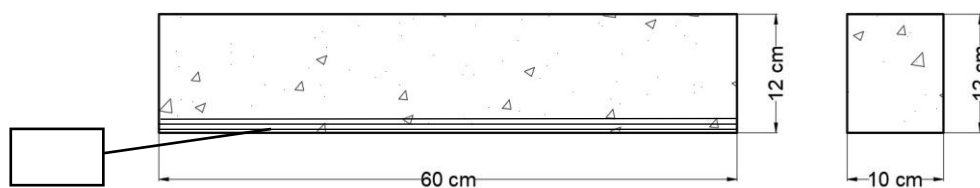
7. Tahap analisis dan pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dari hasil pengujian dan melakukan analisis hasil dan pengujian kuat lentur beton silinder.

8. Tahap kesimpulan pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini berdasarkan dari analisis data pada tahap sebelumnya sebagai jawaban dari masalah yang telah diajukan sebelumnya.

III.3.2 Benda Uji

Pada penelitian ini, spesimen dibuat dalam bentuk balok dengan ukuran 10 x 12 x 60 cm.



Gambar III . 1 Bentuk dan Ukuran Spesimen

Tabel III. 3 Jumlah Spesimen

NO	Kode Benda Uji	%FAS	Benda Uji Buah
			KL
1	BN A	0	3
2	BFA B	10	3
3	BFA C	15	3
4	BFA D	25	3
Jumlah benda uji			12

keterangan :

- **BN A** : Beton Normal A (0%)
- **BFA B** : Beton Fly Ash B (10%)
- **BFA C** : Beton Fly Ash C (15%)
- **BFA D** : Beton Fly Ash D (25%)
- **%FAS** : Presentase fly ash pengganti semen
- **KL** : Kuat Lentur

III.3.3 Metode Pengujian Kuat Lentur

- a. Siapkan benda uji dalam keadaan kering.
- b. Tentukan panjang bentang pada balok pada posisi simetris memanjang dan mengatur posisi roda baja bagian bawah untuk meletakkan benda uji.
- c. Balok diletakkan di kedua perletakan mesin uji lentur secara simetris dan diberi beban garis sejarak 1/3 bagian dari perletakan secara simetris.
- d. Hidupkan mesin dan berikan beban secara tetap dan berkesinambungan tanpa ada beban kejut sampai terjadi keruntuhan.
- e. Catat besar maksimum yang terjadi untuk perhitungan.



Gambar III . 2 Alat Penguji Kuat Lentur Beton

III.4 Metode Pengumpulan Data

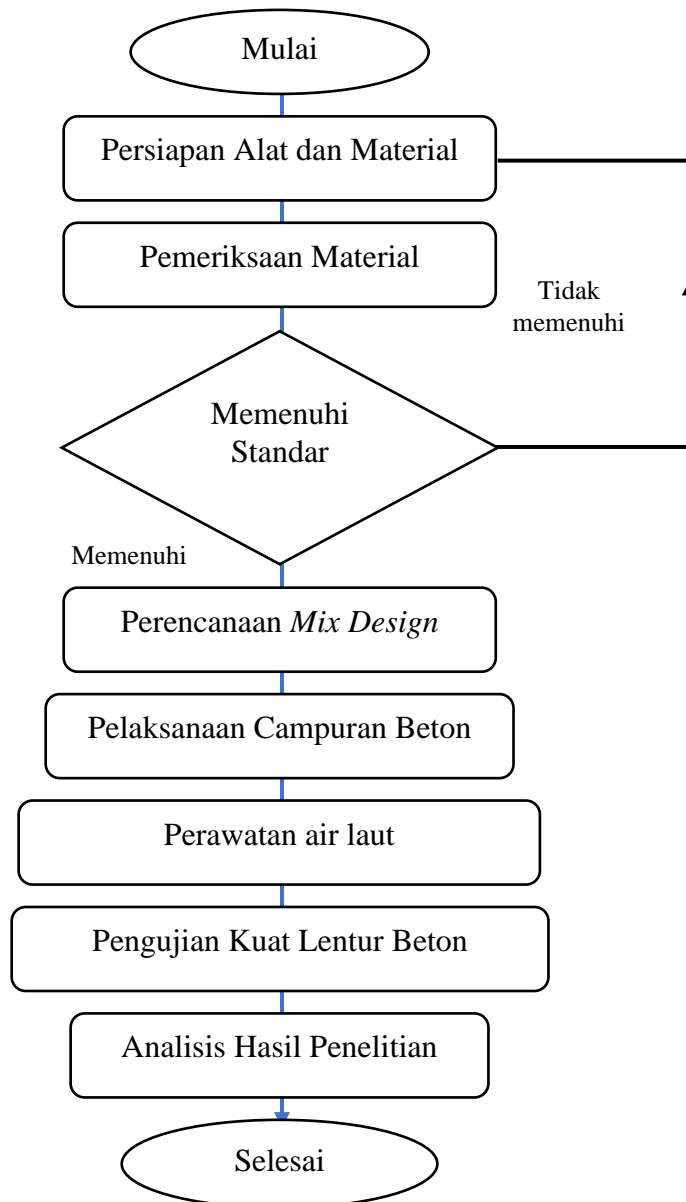
Pada penelitian ini, pengumpulan data nantinya diperoleh dari pengujian yang akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Fajar yaitu berupa data dari hasil pengujian agregat dan data dari hasil pengujian kuat lentur setelah beton telah berumur 28 hari.

III.5 Analisa Data

Perancangan (*mix design*) pada penelitian ini menggunakan Trial Mix dan data penelitian diperoleh dari hasil uji mekanik beton (kuat lentur), kemudian disajikan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan persamaan linear atau non-linear. Analisa data pada penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui karakteristik agregat campuran beton dan pengaruh dari variasi aktivator. Data-data yang diperoleh akan selanjutnya akan dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui komposisi optimal dari variasi aktivator terhadap kuat lentur beton yang menggunakan fly ash sebagai bahan substitusi semen

III.6 Bagan Alur

Berikut adalah gambar bagan yang akan menggambarkan alur penelitian yang akan peneliti lakukan. Dapat dilihat pada Gambar III.3 Berikut adalah gambar bagan yang akan menggambarkan alur penelitian yang akan peneliti lakukan. Dapat dilihat pada Gambar III.1



Gambar III . 3 Bagan Alur Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Karakteristik Penyusun Beton

Pengujian karakteristik material beton bertujuan untuk mengetahui jenis agregat yang telah digunakan telah lolos spesifikasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, pada karakteristik material beton ini terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan fly ash.

IV.1.1 Karakteristik Agregat Halus

Material yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari alam yaitu agregat halus (pasir). Pengujian karakteristik agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Hasil pengujian agregat halus (pasir) berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dapat dilihat pada Tabel IV.1.

IV.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Agregat

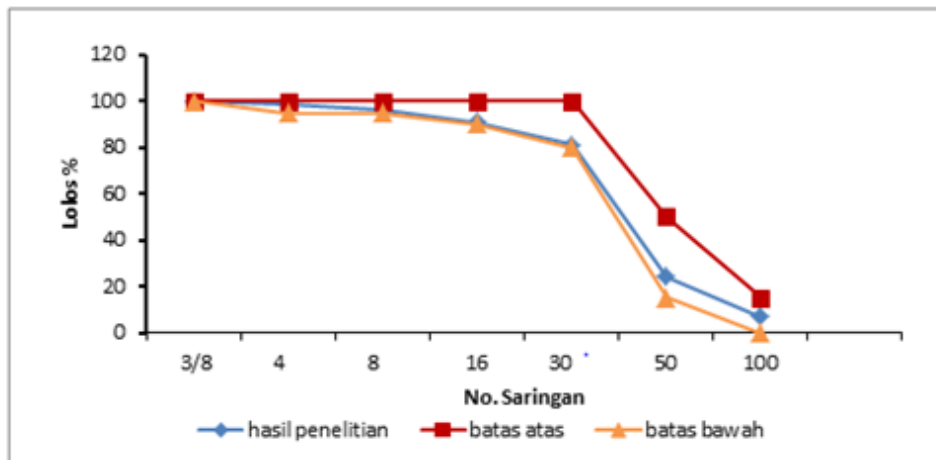
No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	2%	0,2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar Air	4.61%	3% - 5%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,50	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,55	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	2.25%	0,2 - 2%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,72	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,56	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	3,01	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

Dari Tabel IV 1 memperlihatkan semua nilai karakteristik agregat halus memenuhi syarat sebagai material penyusun beton Karakteristik agregat halus mempengaruhi kualitas beton.

Tabel IV. 2 Rekaputilasi Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAAN	PERSEN TERTAHAAN	Σ PERSEN TERTAHAAN	PERSEN LOLOS
Mm	Gram	%	%	%
No.4	15	1,50	1,50	98,50
No.8	25	2,50	4,00	96,00
No.16	50	5,00	9,00	91,00
No.30	100	10,00	19,00	81,00
No.50	570	57,00	76,00	24,00
No.100	170	17,00	93,00	7,00
No.200	50	5,00	98,00	2,00
Pan	20	2,0	100,00	0,00
Jumlah	1000	100,00	300,00	-

Hasil analisa agregat halus (pasir) yang sudah dilakukan dimasukkan kedalam bentuk grafik batas gradasi sehingga pasir yang digunakan diketahui masuk dalam zona 4 sesuai standar SNL 03-2834-2000.



Gambar IV. 1 Gradasi Zona Agregat Halus (Pasir)

IV.1.2 Karakteristik Agregat Kasar

Material yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari sungai Bil dili. Pengujian karakteristik agregat kasar dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Hasil pengujian agregat kasar (kerikil) berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dapat dilihat pada Tabel IV.3

Tabel IV. 3 Hasil Pengujian agregat

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,60%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,52%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,69	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,71	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,70%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,67	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	7,0	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	31%	Maks 50%	Memenuhi

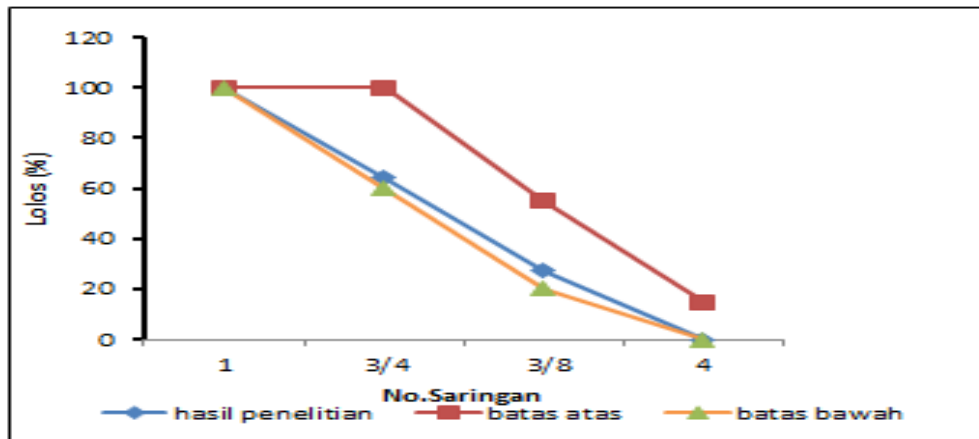
Dari Tabel IV.3 memperlihatkan semua nilai karakteristik agregat kasar memenuhi syarat sebagai material penyusun beton. Karakteristik agregat kasar mempengaruhi kualitas beton.

Tabel IV. 4 Rekaputilasi Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Berat Tertahan	Persen Tertahan	∑ Persen Tertahan	Persen Lolos
Mm	Gram	%	%%	%
1	0	0,00	0,000	100,000
¾	900,35	36,01	36,014	63,94
3/8	916,21	36,65	72,662	27,34
4	683,44	27,34	100,000	0,00
8	0,00	0,00	100,000	0,00
16	0	0,00	100,000	0,00
30	0	0,00	100,000	0,00
50	0	0,00	100,000	0,00
100	0	0,00	100,000	0,00
Pan	0	0,00	100,000	0,00
Jumlah	2500	100,00	708,676	-

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = 708,676 / 100 = 7,09$$

Hasil analisa agregat kasar (kerikil) yang sudah dilakukan dimasukkan kedalam bentuk grafik batas gradasi sehingga kerikil yang digunakan diketahui masuk dalam gradasi no.56 sesuai ASTM C-33



Gambar IV. 2 Gradasi Zona Agregat Kasar (Kerikil)

IV.1.3 Penggabungan Agregat Halus Dan Agregat Kasar

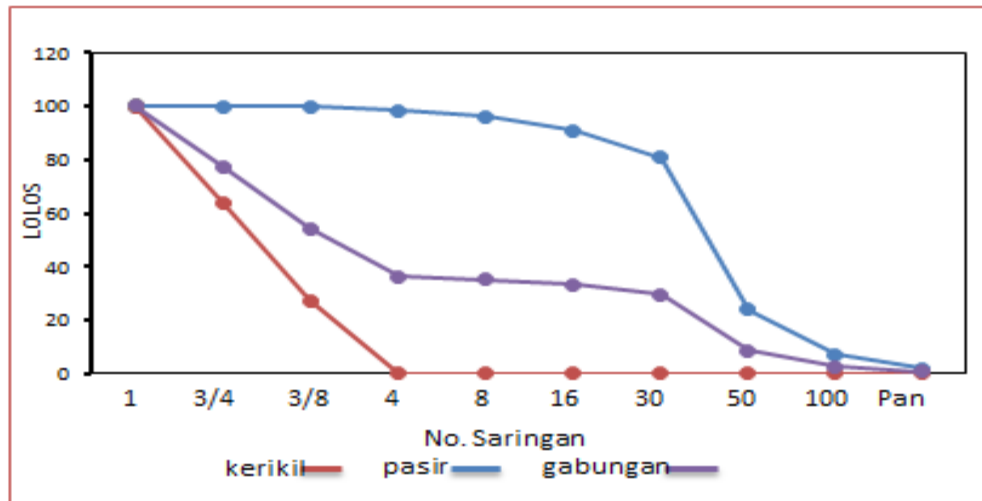
Dari hasil pengujian Analisa saringan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel IV 5 hasil penggabungan agregat

Tabel IV. 5 Hasil Penggabungan Agregat

Nomor Saringan Mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 37%	Kerikil X 63%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100.00	36.8	63.5	100.3
0.75	100	63.99	36.8	40.6	77.4
0.375	100	27.34	36.8	17.4	54.1
4	98.50	0.00	36.2	0.0	36.2
8	96.00	0.00	35.3	0.0	35.3
16	91.00	0.00	33.5	0.0	33.5
30	81.00	0.00	29.8	0.0	29.8
50	24.00	0.00	8.8	0.0	8.8
100	7.00	0.00	2.6	0.0	2.6
Pan	2.00	0.00	0.7	0.0	0.7
Jumlah	699.50	191.32	257.17	121.48	378.65

Tabel IV 5 terlihat Perbandingan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) sebesar 37%-63%

Dari hasil Analisa saringan agregat halus (pasir) dan agregat kasar yang sudah dilakukan dimasukkan kedalam bentuk grafik batas gradasi



Gambar IV. 3 Grafik Batas Gradasi Penggabungan Agregat

IV.2 Rancangan Campuran Beton (mix design concrete)

Rancangan campuran beton yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode Departement of Environment (DOE). Kuat tekan yang disyaratkan (mutu beton) ditargetkan fs-30 MPa. Adapun komposisi dari setiap material yang digunakan berdasarkan hasil perhitungan mix design dapat dilihat pada Tabel IV.6, dan Tabel IV.7.

Tabel IV. 6 Komposisi Campuran Balok Normal 0%

No	Bahan	Kebutuhan 3 balok	Satuan
1	Air	5,3136	Kg
2	Semen	11,8080	Kg
3	Pasir	16,2024	Kg
4	Kerikil	27,5880	Kg
5	Zat Adiktif	0,141696	Kg

Tabel IV. 7 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 10%

No	Bahan	Kebutuhan 3 balok	Satuan
1	Air	5,314	Kg
2	Semen	10,627	Kg
3	Pasir	16,2024	Kg
4	Kerikil	27,5880	Kg
5	Zat Adiktif	0,1275264	Kg
6	Fly Ash 10 %	1,808	Kg

Tabel IV. 8 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 15%

No	Bahan	Kebutuhan 3 balok	Satuan
1	Air	5,314	Kg
2	Semen	10,037	Kg
3	Pasir	16,2024	Kg
4	Kerikil	27,5880	Kg
5	Zat Adiktif	0.2521	Kg
6	Fly Ash 15 %	1,7712	Kg

Tabel IV. 9 Komposisi Campuran Balok Variasi Fly Ash 25%

No	Bahan	Kebutuhan 3 balok	Satuan
1	Air	5,314	Kg
2	Semen	8,856	Kg
3	Pasir	16,2024	Kg
4	Kerikil	27,5880	Kg
5	Zat Adiktif	0,106272	Kg
6	Fly Ash 25 %	2,952	Kg

IV.3 Pengujian Slump Test

Pengujian slump test dilakukan untuk mengetahui kekentalan adukan beton. Kekentalan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk dikerjakan dalam pekerjaan konstruksi tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton. Tingkat kekentalan bisa dipengaruhi oleh jumlah air, jumlah semen dan besar butir agregat.

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan sebanyak 1 kali untuk masing – masing variasi yang terlihat pada tabel. Ketentuan nilai slump test untuk beton mutu tinggi dalam perhitungan *mix design* dengan kisaran 15 cm – 24 cm.

Tabel IV. 10 Hasil Pengujian Slump Test

Sampel	Slump Test (mm)
Beton Normal	220
Beton Dengan Kadar Fly Ash 10%	215
Beton Dengan Kadar Fly Ash 15%	200
Beton Dengan Kadar Fly Ash 25%	200



Gambar IV. 4 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 0%



Gambar IV. 5 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 10 %



Gambar IV. 6 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 15 %



Gambar IV. 7 Pengujian Slump Variasi Fly Ash 25%

IV.4 Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian balok beton. Pengujian sampel ini dilakukan dengan menaruh balok di atas 2 tumpuan dan menggunakan pembebanan two point load, sampai benda uji patah atau mencapai beban maksimum. Pengujian balok dilakukan pada sampel uji balok berukuran 10x12x60 cm. Pada penelitian ini balok normal berfungsi sebagai pembanding dengan balok yang telah diberikan perkuatan (fly ash)

Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Normal

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ) (MPa)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
						(N)	(KN)					
20/09/2022	BN1	28	450	100	120	24000	24	7,500	10800000	14400	1440000	7,958
20/09/2022	BN2	28	450	100	120	26400	26,4	8,250	11880000	14400	1440000	
20/09/2022	BN3	28	450	100	120	26000	26	8,125	11700000	14400	1440000	

Tabel IV. 12 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 10%

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ) (MPa)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
						(N)	(KN)					
20/09/2022	BFA1 10%	28	450	100	120	25600	25,6	8,000	11520000	14400	1440000	6,875
20/09/2022	BFA2 10%	28	450	100	120	18400	18,4	5,750	8280000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 10%	28	450	100	120	18000	18	5,625	8100000	14400	1440000	

Tabel IV. 13 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 15%

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ) (MPa)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
						(N)	(KN)					
20/09/2022	BFA1 15%	28	450	100	120	18000	18	5,625	8100000	14400	1440000	6,563
20/09/2022	BFA2 15%	28	450	100	120	21600	21,6	6,750	9720000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 15%	28	450	100	120	23400	23,4	7,313	10530000	14400	1440000	

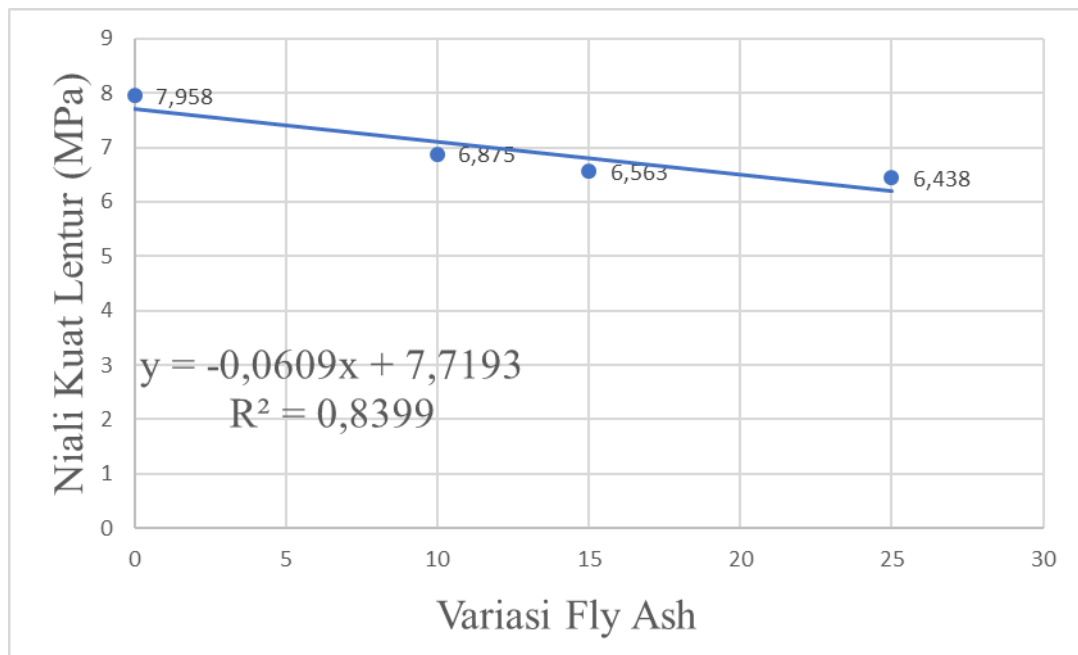
Tabel IV. 14 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Variasi Fly Ash 25%

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ) (MPa)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
						(N)	(KN)					
20/09/2022	BFA1 25%	28	450	100	120	20400	20,4	6,375	9180000	14400	1440000	6,438
20/09/2022	BFA2 25%	28	450	100	120	20800	20,8	6,500	9360000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 25%	28	450	100	120	20000	20	6,250	9000000	14400	1440000	

Sumber : Olah data excel



Gambar IV. 8 Pengujian Kuat lentur



Gambar IV. 9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pada Gambar IV.9 Pengaruh fly ash terhadap nilai kuat lentur membentuk persamaan $y = -0,0609x + 7,7193$,dengan nilai koefisien deformasi $R^2 = 0,8399$ Dari nilai R Nampak terlihat bertambahnya fly ash sesuai rendah nilai kuat lenturnya selain itu bias juga disimpulkan bahwa terjadi korelasi negative antara fly ash dan kuat lentur

BAB V
KESIMPULAN DAN
SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian saya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil uji kekuatan lentur balok normal dengan balok fly ash variasi 10%, 15% dan 25% , yaitu rata-rata nilai kuat lentur balok normal sebesar 7,958 MPa dan rata-rata nilai kuat lentur balok fly ash variasi 10% sebesar 6,875 MPa, fly ash 15% sebesar 6,563 Mpa dan variasi fly ash 25% sebesar 6,438 MPa.
2. Pada kuat lentur balok fly ash sebagai substitusi semen perendaman air laut mengalami penurunan terhadap beton normal

V.2 Saran

1. Pada penelitian berikutnya menambahkan perbandingan antara balok yang menggunakan fly ash dan yang tidak menggunakan fly ash.
2. Pada penelitian selanjutnya baiknya membandingkan beton normal dengan beton substitusi fly ash dengan memakai *wiremesh*.
3. Peralatan laboratorium diperbaiki seperti mesin pengaduk beton, agar tidak mencampur secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Subki Arinata, M.Taufik Hidayat, A.W. (2012) ‘Pengaruh Campuran Kadar Bottom Ash Dan Lama Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan Pada Silinder Beton’, *Jurnal Mahasiswa Brawijaya*, 66(1), pp. 37–39.
- Desliono, W., Parung, H. and Tonapa, S.R. (2021) ‘Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Dan Batu Gamping Sebagai Agregat Pada Beton’, *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(2), pp. 212–219. doi:10.52722/pcej.v3i2.249.
- Dwicahyani, A. (2012) ‘Perbandingan kuat tekan dan kuat lentur beton serat limbah bubuk besi terhadap beton serat fabrikasi “”’.
- Gunawan, P., Budi, A.S. and Wicaksono, K.D. (2014) ‘Kuat Lentur, Toughness, Dan Stiffness Pada Beton Ringan’, *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), pp. 109–116.
- Hernando, F. (2009) ‘Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer Dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash’, pp. 1–74.
- Ismail, A.G. *et al.* (2017) ‘Pengaruh Beton Daur Ulang Dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan’, *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(1), p. 59. doi:10.20961/jrrs.v1i1.14722.
- Pane, F.P., Tanudjaja, H. and Windah, R.S. (2015) ‘Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton’, *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), pp. 313–321.
- Pertiwi Ananda, Adhitia, D. and Ferdian (2020) ‘Pengaruh Faktor Air Semen Pada Beton yang Menggunakan Fly Ash dan Copper Slag’, pp. 19–27.
- Setiawati, M. (2018) ‘Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton’, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 17, pp. 1–8. Available at: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>.
- Setioko, F., Trinugroho, S. and Nurchasanah, Y. (2015) ‘Analisis Kuat Tekan,

Kuat Tarik, Dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Bahan Tambah Sika Viscocrete-10 Dan Fly Ash (Tinjauan Analisis Pada Umur Delapan Jam Sampai Dengan Dua Puluh Empat Jam)', *analisis kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton menggunakan bahan tambah sika viscocrete-10 dan fly ash (tinjauan analisis pada umur delapan jam sampai dengan dua puluh empat jam)* Naskah [Preprint].

- Syamsuddin, R. *et al.* (2015) 'Pengaruh campuran kadar bottom ash dan lama perendaman air laut terhadap kuat tekan, lendutan, kapasitas lentur, kuat geser dan pola retak balok', *Rekayasa ...*, pp. 1–10. Available at: <https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/292>.
- Syamsuddin, R., Wicaksono, A. and M, F.F. (2011) 'Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Faktor Air Semen Dan Durasi Perawatan', *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(2), pp. 68–75.

LAMPIRAN



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

LAMPIRAN A : PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

Lampiran : PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT
HALUS

No	Uraian	Pengujian
A	Volume Lumpur	5 ml
B	Volume Total (Lumpur+Pasir)	280 ml
Kadar Lumpur = $A/B \times 100\%$		1.79%

Makassar, 07 Agustus 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil
Universitas Fajar

KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 2 : PEMERIKSAAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS


Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Talam (gram)	88
B	Berat Talam + Benda Uji (gram)	1087
C	Berat Benda Uji = B-A (gram)	999
D	Berat Benda Uji Kering (gram)	995
Kadar Air = $\frac{C-D}{D} \times 100\%$		4.61%

Makassar, 07 Agustus 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS FAJAR
 Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 3 : ABSORPSI DAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS


KODE	URAIAN	PEMERIKSAAN
A	Berat Picnometer	175 gram
B	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	495 gram
C	Berat Pikno + air + Contoh SSD	957 gram
D	Berat Talam	92 gram
E	Berat picno + air	660 gram
F	Berat setelah dioven + Talam	589 gram
G	Berat Benda Uji Kering Oven(F-D)	487 gram

<i>Apparent SG</i>	=	$\frac{G}{G+E-C}$	2.56
On Dry Basic	=	$\frac{G}{B+E-C}$	2.46
SSD Basic	=	$\frac{B}{B+E-C}$	2.50
Absortion	=	$\frac{B-G}{G} \times 100\%$	1.64

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



Handwritten signature of Dr. Erdawaty in black ink, written over a blue circular stamp of Universitas Fajar. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS FAJAR' and 'PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL'.

KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 4 : ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering = 1000 gram


NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	Gram	%	%	%
No.4	15	1,50	1,50	98,50
No.8	25	2,50	4,00	96,00
No.16	50	5,00	9,00	91,00
No.30	100	10,00	19,00	81,00
No.50	570	57,00	76,00	24,00
No.100	170	17,00	93,00	7,00
No.200	50	5,00	98,00	2,00
Pan	20	2,0	100,00	0,00
Jumlah	1000	100,00	300,50	-

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir} = \frac{\text{Jumlah } \Sigma \text{ PERSEN TERTAHAN}}{100} = \frac{300,50}{100} = 3,01$$

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T.)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 5 : PEMERIKSAAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Kode	Keterangan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler (liter)	1.28	1.28
B	Berat Bohler Kosong (gram)	4480	4480
C	Berat Bohler + Benda Uji (gram)	6470	6396
D	Bearat Benda Uji = C-B (gram)	1990	1616
Berat Volume Kg/liter = $\frac{D}{A}$		1.55	1.50

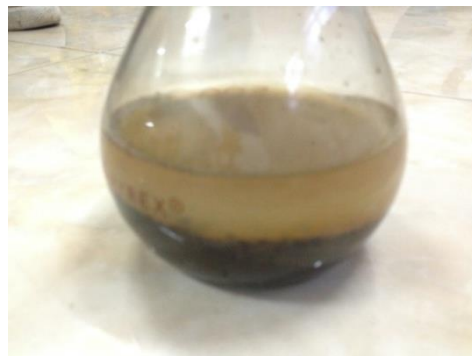
Mengetahui;

Koordinator Labororium Teknik Sipil

Universitas Fajar

KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Lampiran 6 : KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS



Hasil Pengamatan berdasarkan standar warna Abram & Harder
Warna larutan NAOH 3% yang dituang kedalam picno berisi pasir
adalah warna coklat tua. Standar warna No.2

Warna standar mengindikasikan adanya kadar organik yang tinggi

Catatan : Standar Warna Abram dan Harder

- Warna Standar No.1 (Muda)
- Warna Standar No.2 (Sedang)

Warna Standar No.3 (Tua)

Catatan : Agregat halus yang digunakan yaitu nomor 2 (halus)


Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna no. 2

sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada pasir
tersebut tergolong rendah dan dapat digunakan sebagai
bahan campuran beton

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



Handwritten signature of Dr. Erdawaty in blue ink, written over a faint circular stamp of Universitas Fajar.

KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 7 : PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR
(KERIKIL)

No	Uraian	Pengujian
A	Berat kering sebelum dicuci (gr)	2500
B	Berat kering setelah dicuci (gr)	2485
	Kadar Lumpur = $A/B \times 100\%$	0.60%


untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,6 % memenuhi syarat dalam

campuran beton.

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


KOORDINATOR (D. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 9 : PEMERIKSAAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR
(KERIKIL)


Kode	Keterangan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler (liter)	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong (gram)	3550	3550
C	Berat Bohler + Benda Uji (gram)	5120	5100
D	Bearat Benda Uji = C-B (gram)	1550	1530
Berat Volume Kg/liter = $\frac{D}{A}$		1.71	1.69

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1, 6920 dan gembur = 1,6701 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 10 : PEMERIKSAAN ABSORPSI DAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR (KERIKIL)


KODE	URAIAN	PEMERIKSAAN
A	Berat kosong keranjang	548 gram
B	Berat keranjang + benda uji SSD udara	4575 gram
C	Berat keranjang + benda uji dalam air	2950 gram
D	Berat keranjang dalam air	450 gram
E	Benda uji kering	3999 gram

<i>Apparent SG</i>	=	$\frac{G}{G+E-C}$	2.67
On Dry Basic	=	$\frac{G}{B+E-C}$	2.62
SSD Basic	=	$\frac{B}{B+E-C}$	2.62
Absortion	=	$\frac{B-G}{G} \times 100\%$	0.70

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


 KOORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 11 : ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (KERIKIL)

Berat contoh kering = 2500 gram


Nomor Saringan	Berat Tertahan	Persen Tertahan	Σ Persen Tertahan	Persen Lolos
Mm	Gram	%	%%	%
1	0	0,00	0,000	100,000
$\frac{3}{4}$	900,35	36,01	36,014	63,94
$\frac{3}{8}$	916,21	36,65	72,662	27,34
4	683,44	27,34	100,000	0,00
8	0,00	0,00	100,000	0,00
16	0	0,00	100,000	0,00
30	0	0,00	100,000	0,00
50	0	0,00	100,000	0,00
100	0	0,00	100,000	0,00
Pan	0	0,00	100,000	0,00
Jumlah	2500	100,00	708,676	-

Modulus Kehalusan Kerikil (F) = $708,676 / 100 = 7,09$

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar


KORDINATOR (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 12 : PEMERIKSAAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR (KERIKIL)

LOLOS	TERTAHAN	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)
3/4	1/2	1250	
3/8	3/8	1250	
Total		2500	1547

$$\text{Perhitungan} = \% \text{ Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

$$= 38,12\%$$

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil
Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T)
KOORDINATOR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 13 : Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

A. Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	2%	0,2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar Air	4.61%	3% - 5%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,50	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,55	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	2.25%	0,2 - 2%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,72	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,56	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	3,01	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

B. Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,60%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,52%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,69	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,71	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,70%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,67	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,52	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	31%	Maks 50%	Memenuhi



LABORATORIUM BETON DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 14 : Rekapitulasi Modulus Halus Butir Agregat Gabungan

Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk Bahan pembuatan beton berkinerja normal berkisar antara 5,0 – 6,5 (Kardiyono Tjokrodjimylo 1996:26) Modulus halus butir yang direncanakan adalah 6,52 maka dapat dihitung :

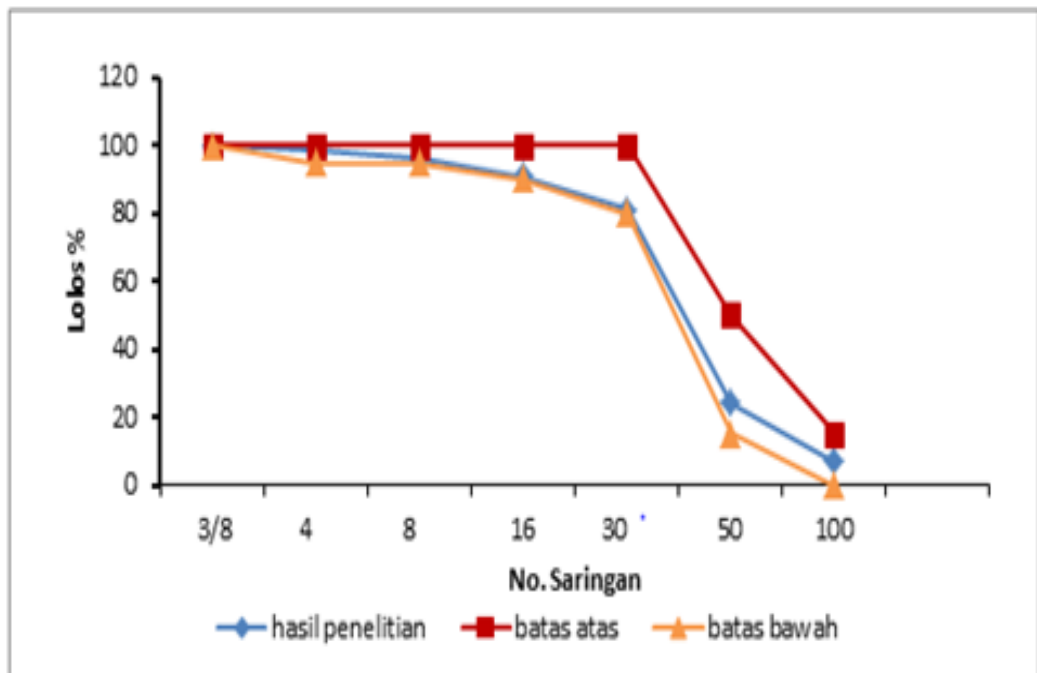
Berat pasir	=	$\frac{1}{2.7}$	X	100	=	37	%
Berat kerikil	=	$\frac{1.7}{2.7}$	X	100	=	63	%

Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 37%	Kerikil X 63%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100.00	36.8	63.5	100.3
0.75	100	63.99	36.8	40.6	77.4
0.375	100	27.34	36.8	17.4	54.1
4	98.50	0.00	36.2	0.0	36.2
8	96.00	0.00	35.3	0.0	35.3
16	91.00	0.00	33.5	0.0	33.5
30	81.00	0.00	29.8	0.0	29.8
50	24.00	0.00	8.8	0.0	8.8
100	7.00	0.00	2.6	0.0	2.6
pan	2.00	0.00	0.7	0.0	0.7
Jumlah	699.50	191.32	257.17	121.48	378.65

LAMPIRAN C BATAS ZONA AGREGAT HALUS DAN AGREGAT KASAR

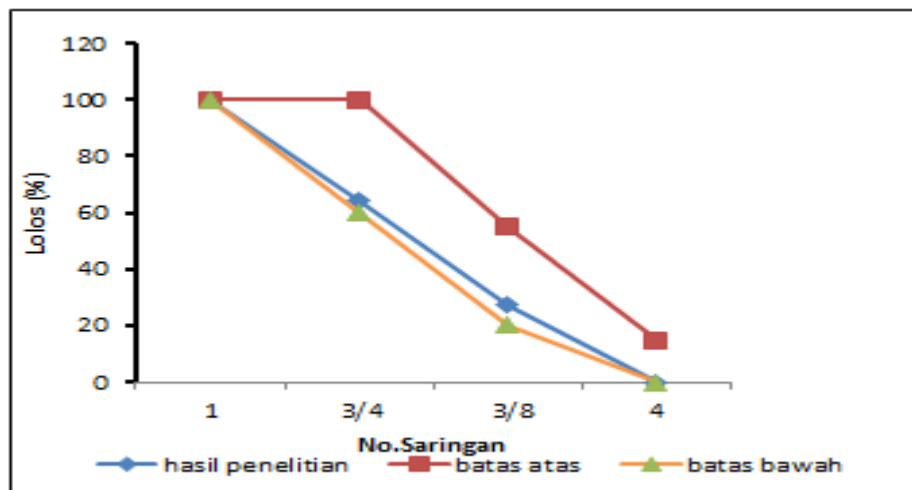
1. Agregat Halus

Nomor Saringan	Diameter Saringan (mm)	Hasil Penelitian	Batas Atas (%)	Batas Bawah (%)
1				
3/4				
3/8	9.5	100	100	100
4	4.75	98.5	100	95
8	2.36	96	100	95
16	1.18	91	100	90
30	0.6	81	100	80
50	0.3	24	50	15
100	0.15	7	15	0



2. Agregat kasar

Nomor Saringan	Berat Tertahan	Persen Tertahan	Σ Persen Tertahan	Persen Lolos
Mm	Gram	%	%%	%
1	0	0,00	0,000	100,000
$\frac{3}{4}$	900,35	36,01	36,014	63,94
$\frac{3}{8}$	916,21	36,65	72,662	27,34
4	683,44	27,34	100,000	0,00
8	0,00	0,00	100,000	0,00
16	0	0,00	100,000	0,00
30	0	0,00	100,000	0,00
50	0	0,00	100,000	0,00
100	0	0,00	100,000	0,00
Pan	0	0,00	100,000	0,00
Jumlah	2500	100,00	708,676	-



3. Penggabungan Agregat Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 – 6,5 (Kardiyono Tjokrodimuljo 1996:26).

Modulus Halus Butir campuran direncanakan sebesar 5,2
maka dapat dihitung :

$$w = \frac{K - C}{C - P} \times 100\%$$

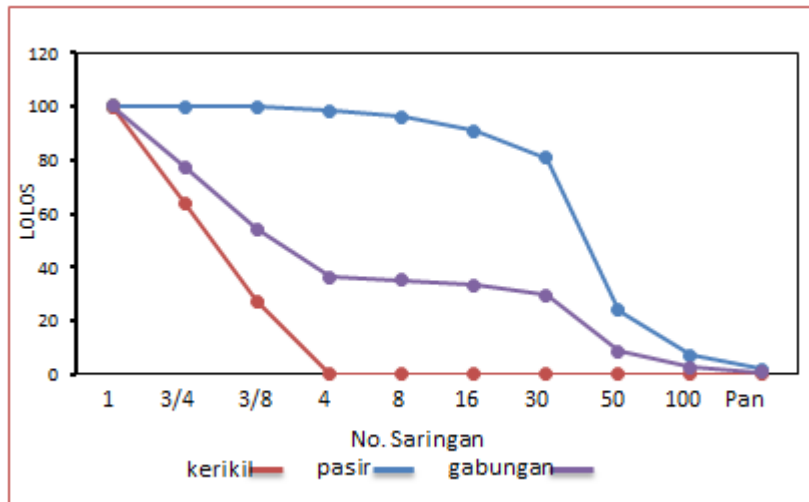
$$= \frac{6.52 - 5}{5 - 3.01} \times 100 = 59 \%$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 59 % atau dapat dikatakan perbandingan sebesar 59:100 atau 1:1.7

$$\text{Berat pasir} = \frac{1}{2.7} \times 100 = 37 \%$$

$$\text{Berat kerikil} = \frac{1.7}{2.7} \times 100 = 63 \%$$

Nomor Saringan mm	Persentase lolos (%)		Pasir X 37%	Kerikil X 63%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	100.00	36.8	63.5	100.3
0.75	100	63.99	36.8	40.6	77.4
0.375	100	27.34	36.8	17.4	54.1
4	98.50	0.00	36.2	0.0	36.2
8	96.00	0.00	35.3	0.0	35.3
16	91.00	0.00	33.5	0.0	33.5
30	81.00	0.00	29.8	0.0	29.8
50	24.00	0.00	8.8	0.0	8.8
100	7.00	0.00	2.6	0.0	2.6
pan	2.00	0.00	0.7	0.0	0.7
Jumlah	699.50	191.32	257.17	121.48	378.65



4. Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	2%	0,2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar Air	4.61%	3% - 5%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,50	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,55	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	2.25%	0,2 - 2%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,72	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,56	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	3,01	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi

5. Rekapitulasi Agregat Kasar

No	Jenis pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Interval	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,60%	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,52%	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,69	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,71	1,6 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	0,70%	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,67	1,60 - 3,33	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	2,62	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,52	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	31%	Maks 50%	Memenuhi

LAMPIRAN D MIX DESIGN BETON

1. Kuat lentur beton yang diisyaratkan pada 28 hari : 30 MP
2. Deviasi standar S : 7 MPa (karena tidak mempunyai data pengalaman sebelumnya)
3. Nilai tambah : 12 MPa (karena tidak mempunyai data)
4. Kuat lentur rata-rata direncanakan :
 $f'_{cr} = \text{No.1} + \text{No. 3} = 42 \text{ Mpa}$
5. Jenis semen : biasa
6. Jenis kerikil : batu pecah/chipping
7. Factor air semen (dari Gb. 7.8) : 0,37
8. Factor air semen maksimum (table. 7.12) : 0,60 (beton berlindung dari hujan dan terik matahari langsung) (dipakai FAS yang rendah : 0,37)
9. Nilai slump (table 7.13) : 200±20 mm (sudah ditentukan)
10. Ukuran maksimum butiran kerikil : 20 mm (sudah ditentukan)
11. Kebutuhan air (table 7.14) : 225 liter
12. Kebutuhan air semen :
$$\frac{\text{Kebutuhan air}}{\text{FAS terendah}} = \frac{225}{0.37} = 608 \text{ kg}$$
13. Kebutuhan semen minimum (table 7.15) : 275 kg
14. Dipakai semen (diambil yang besar) : 608 kg
15. Penyesuaian jumlah air atau factor air semen, karena langkah 14 tidak merubah jumlah kebutuhan semen yang dihitung pada langkah 12 maka tidak perlu penyesuaian jumlah air maupun factor air semen. Jadi air tetap 225 liter dan factor air semen tetap 0,37.
16. Golongan pasir (telah diketahui dari soal) : golongan 4
17. Persentase pasir terhadap campuran (Gb. 7.10.b) : 35%
18. Berat jenis campuran pasir dan kerikil :
$$\text{Berat jenis campuran} = \frac{37}{100} \times 2,56 + \frac{63}{100} \times 2,7$$
19. Berat beton (Gb. 7.11) : 2460 kg/m³

20. Kebutuhan berat pasir dan kerikil dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}W_{\text{pasir + kerikil}} &= W_{\text{beton}} - A - S \\ &= \text{berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{semen} \\ &= 2460 - 225 - 608 = 1627 \text{ kg}\end{aligned}$$

21. Kebutuhan pasir dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}W_{\text{pasir}} &= \frac{P}{100} \times W_{\text{pasir + kerikil}} \\ &= \frac{P}{100} \times 1627 \\ &= 569,41216 \text{ Kg}\end{aligned}$$

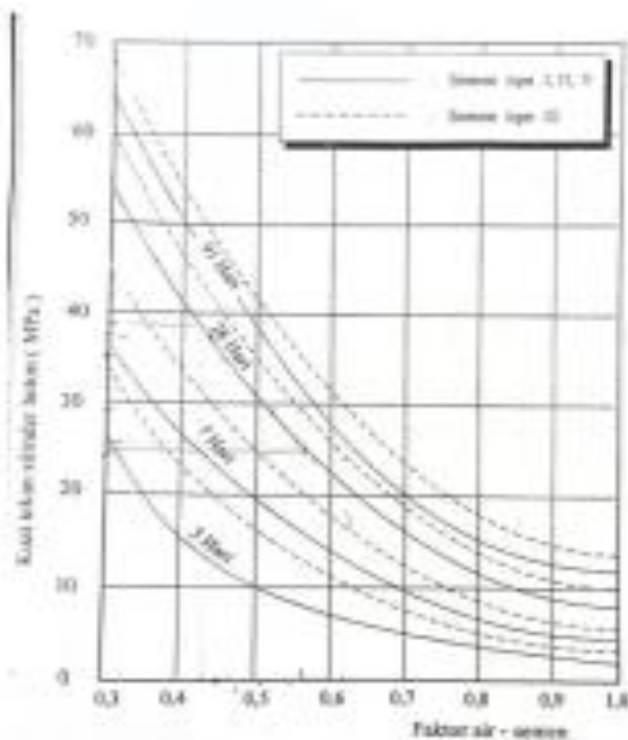
22. Kebutuhan kerikil dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}W_{\text{kerikil}} &= W_{\text{pasir + kerikil}} - W_{\text{pasir}} \\ &= 1627 - 569,41216 \\ &= 1057,4797\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Untuk 1 m³ beton (berat betonnya 2420 kg) dibutuhkan :

- a. Air = 225 liter
- b. Semen = 608,1081 kg
- c. Pasir = 569,4122 kg
- d. Kerikil = 1057,48 kg



Gambar 7.8. Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton sebagai perlakuan nilai f'c

Tabel 7.12. Persyaratan faktor air-semen maksimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus

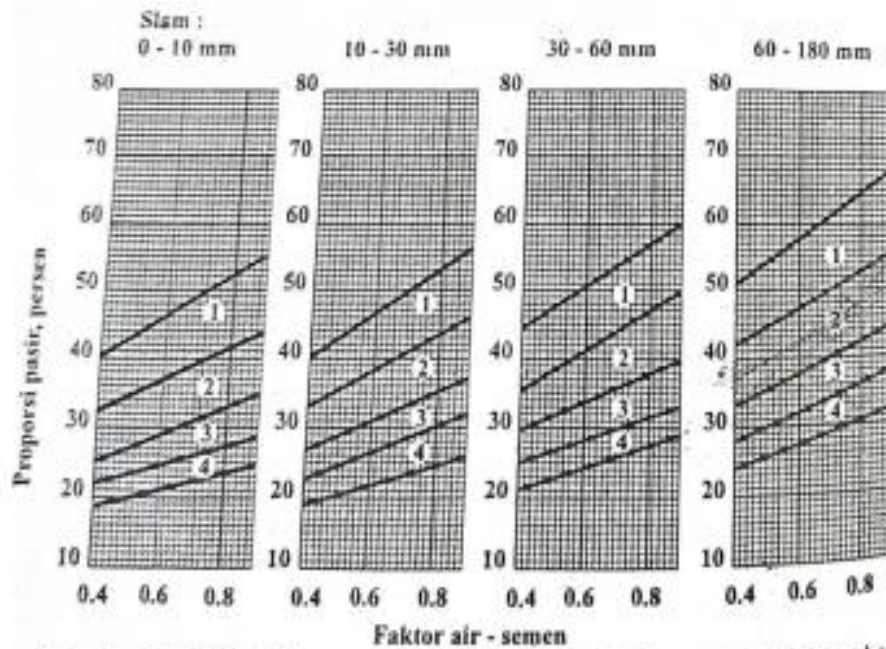
Jenis pembeconan	Fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan serik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan serik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	lihat tabel 7.12.a
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar / payau / laut	lihat tabel 7.12.b.

Tabel 7.14. Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (liter)

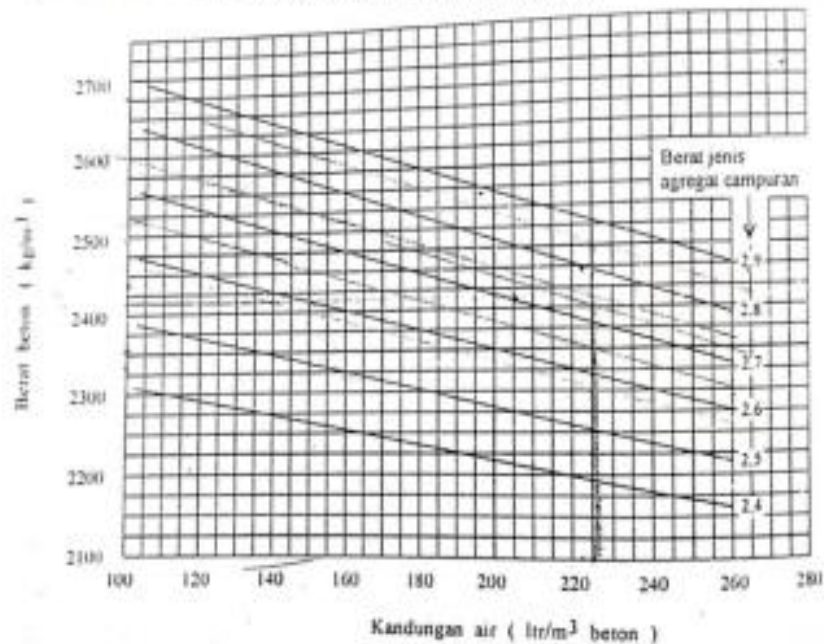
Besarnya ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis batuan	Slam (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Tabel 7.15. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	Semen minimum (kg/m ³ beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujandan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	lihat tabel 7.15.a.
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar / payau / laut	lihat tabel 7.15.b.



Gambar.7.10.b. Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Gambar.7.11. Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton.

LAMPIRAN E PERHITUNGAN PENGUJIAN KUAT LENTUR

Hasil Pengujian Kuat Lentur

Balok Normal												
Tanggal Pengujian	Kode	Umur	Panjang (L)	Lebar (b)	Tinggi (h)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
		(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(KN)	(MPa)				
20/09/2022	BN1	28	450	100	120	24000	24	7,500	10800000	14400	1440000	7,958
20/09/2022	BN2	28	450	100	120	26400	26,4	8,250	11880000	14400	1440000	
20/09/2022	BN3	28	450	100	120	26000	26	8,125	11700000	14400	1440000	
Balok Fly ash 10%												
Tanggal Pengujian	Kode	Umur	Panjang (L)	Lebar (b)	Tinggi (h)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
		(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(KN)	(MPa)				
20/09/2022	BFA1 10%	28	450	100	120	25600	25,6	8,000	11520000	14400	1440000	6,875
20/09/2022	BFA2 10%	28	450	100	120	18400	18,4	5,750	8280000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 10%	28	450	100	120	18000	18	5,625	8100000	14400	1440000	
Balok Fly Ash 15%												
Tanggal Pengujian	Kode	Umur	Panjang (L)	Lebar (b)	Tinggi (h)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
		(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(KN)	(MPa)				
20/09/2022	BFA1 15%	28	450	100	120	18000	18	5,625	8100000	14400	1440000	6,563
20/09/2022	BFA2 15%	28	450	100	120	21600	21,6	6,750	9720000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 15%	28	450	100	120	23400	23,4	7,313	10530000	14400	1440000	
Balok Fly ash 25%												
Tanggal Pengujian	Kode	Umur	Panjang (L)	Lebar (b)	Tinggi (h)	Beban (P)		Kuat Lentur (σ)	P.L	h ²	b.h ²	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
		(Hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(KN)	(MPa)				
20/09/2022	BFA1 25%	28	450	100	120	20400	20,4	6,375	9180000	14400	1440000	6,438
20/09/2022	BFA2 25%	28	450	100	120	20800	20,8	6,500	9360000	14400	1440000	
20/09/2022	BFA3 25%	28	450	100	120	20000	20	6,250	9000000	14400	1440000	

Rumus :
$$\sigma = \frac{P.L}{b.h^2}$$

Dimana :

σ = Kuat lentur (Mpa)

P = Beban tekan (N) (1 kN=1000 N)

L = Jarak bentang (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

Kuat lentur untuk balok beton (BN1)

$$P = 24 \text{ kN}$$

$$= 24 \times 1000 \text{ N}$$

$$= 24000 \text{ N}$$

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

$$\sigma = \frac{24000 \text{ N} \times 450 \text{ mm}}{100 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{10800000 \text{ Nmm}^2}{14400 \text{ mm}^3}$$

$$= 7.958 \text{ N/mm}^2 \approx 7,958 \text{ MPa}$$

LAMPIRAN F DOKUMENTASI ALAT



Saringan



Sendok Semen



Wadah Air



Cetakan balok



Meteran



Timbangan



Oven



Gerobak



Alat Uji Slump

Mesin Los Angeles



Alat Uji Kuat Lentur



LAMPIRAN G DOKUMENTASI BAHAN



Agregat Kasar



Semen



Air



Fly Ash



Zat Adiktif
(Sika)



Agregat Halus

LAMPIRAN H DOKUMENTASI LAPANGAN



LAMPIRAN I DOKUMENTASI LAPANGAN



LAMPIRAN J DOKUMENTASI PENGUJIAN KUAT LENTUR

