

**STUDI EKSPERIMENTAL PADA KUAT TEKAN BETON
YANG MENGANDUNG SEMEN PORTLAND KOMPOSIT
DAN ABU SAMPAH TPA**

TUGAS AKHIR

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



**Oleh
UMMAN PAIRINGAN
2020121012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
TAHUN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL PADA KUAT TEKAN BETON YANG
MENGANDUNG SEMEN PORTLAND KOMPOSIT DAN ABU SAMPAH**

TPA

Oleh:

UMMAN PAIRINGAN

2020121012

Menyetujui

Tim Pembimbing

Makassar, 23 September 2024

Dosen Pembimbing


Fatmawaty Rachim, ST., MT
NIDN. 0919117903

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar


Prof. Dr. H. Ernati, ST., MT
DEKAN FAKULTAS
TEKNIK
NIDN: 0906107701

Ketua Program Studi
Teknik Sipil Universitas Fajar


Fatmawaty Rachim, ST., MT
PRODI TEKNIK SIPIL
NIDN: 0919117903

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Studi Eksperimental Pada Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Semen Portland Komposit Dan Abu Sampah Tpa” ini adalah karya orisinal saya dan serta seluruh sumber acuan telah sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 23 September 2024

Yang menyatakan



Umman Pairingan

ABSTRAK

Studi Eksperimental Pada Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Semen Portland Komposit Dan Abu Sampah Tpa, Umman Pairingan.

Penelitian ini mengkaji pengaruh penggunaan abu sampah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sebagai bahan pengganti sebagian semen Portland Komposit (PCC) pada campuran beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar optimum abu limbah TPA yang dapat memberikan kuat tekan beton terbaik. Variasi campuran abu limbah yang digunakan adalah 0%, 20%, 35%, dan 50%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal tanpa abu limbah (0%) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 25.15 MPa pada umur 7 hari, 25.09 MPa pada umur 14 hari, dan 25.18 MPa pada umur 28 hari. Beton dengan campuran abu limbah TPA sebesar 20% menunjukkan kuat tekan sebesar 20.9 MPa pada umur 7 hari, 21.38 MPa pada umur 14 hari, dan 21.44 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, campuran dengan 35% abu limbah TPA memiliki kuat tekan sebesar 18.48 MPa pada umur 7 hari, 16.98 MPa pada umur 14 hari, dan 18.39 MPa pada umur 28 hari. Campuran dengan 50% abu limbah TPA menunjukkan penurunan kuat tekan menjadi 16.79 MPa pada umur 7 hari, 13.85 MPa pada umur 14 hari, dan 16.26 MPa pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu limbah TPA sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton paling optimal pada kadar 20%, yang memberikan kuat tekan terbaik dibandingkan dengan variasi lainnya. Penambahan abu limbah TPA lebih dari 20% cenderung menurunkan kuat tekan beton. Oleh karena itu, abu limbah TPA dapat digunakan sebagai bahan alternatif yang ramah lingkungan dalam konstruksi beton, tetapi dengan batasan kadar tertentu untuk menjaga kualitas struktural.

Kata Kunci: Beton, Kuat Tekan, Semen Portland Komposit, Abu Limbah TPA, Material Daur Ulang, Ramah Lingkungan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ***“STUDI EKSPERIMENTAL PADA KUAT TEKAN BETON YANG MENGANDUNG SEMEN PORTLAND KOMPOSIT DAN ABU SAMPAH TPA”*** dengan baik. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis mendapat bantuan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu menyertai yang memberikan mujizat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dorongan semangat. Ayahandaku tercinta Minggu Soma serta Ibundaku tercinta Yerni S. Pairingan serta juga kepada saudara-saudariku Hermin Soma, Lukas Soma, Rianto Pairingan, Isa Bela, Amir Soma, yang selalu memberikan motivasi dan juga memberikan waktu dan tenaga baik materi maupun nonmateri untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik. Dan juga kepada keluarga besar penulis yang selalu mengingatkan dan mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Rektor Universitas Fajar, Bapak Mulyadi Hamid, SE.,M.Si.
4. Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar yang telah membagikan ilmu dalam pengalaman selama proses pembelajaran.
5. Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam proses perkuliahan.
6. Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi, sehingga skripsi ini dapat selesai.

7. Teman-teman KONSTRUKSI VII angkatan 2020, yang telah berjuang bersama dari awal semester. Terimah kasih untuk kerja sama dan saling mendukung satu sama lain.
8. Teman-teman METEOR 2020, yang telah berjuang bersama dari awal semester. Terimah kasih atas kerja samanya dan kebersamaan selama ini.
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, akhir kata terima kasih.

Makassar 23 September 2024

Umman Pairingan
2020121012

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISIONALITAS	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUN PUSTAKA	4
II.1 Beton.....	4
II.1.1 Jenis-Jenis Beton	4
II.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton.....	5
II.2 Semen Portland Komposit.....	6
II.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Semen.....	7
II.2.1.1 Sifat Fisika Semen.....	7
II.2.1.2 Sifat Kimia Semen.....	9
II.3 Agregat	10
II.3.1 Agregat Kasar	11
II.3.2 Agregat Halus	12
II.4 Material Pozzolan.....	14
II.5 Sampah TPA	14
II.6 Air.....	17
II.7 Kuat Tekan Beton	18
II.8 Peneliti Terdahulu.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	26
III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
III.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data	26
III.2.1 Jenis Penelitian.....	26

III.2.2 Sumber Data.....	26
III.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
III.3.1 Alat.....	26
III.3.2 Bahan.....	27
III.4 Pemeriksaan Karakteristik Material.....	27
III.4.1 Agregat Halus.....	28
III.4.2 Agregat Kasar.....	30
III.4.3 Abu Limbah TPA.....	32
III.5 Standar Pengujian Beton Segar.....	32
III.6 Pembuatan Benda Uji.....	33
III.7 Perawatan Benda Uji (curing).....	34
III.8 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	35
III.9 Analisa Data	35
III.10 Bagan Alur Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material	38
IV.1.1 Karakteristik Agregat Halus	38
IV.1.2 Karakteristik Agregat Kasar	39
IV.2 Gradasi Gabungan Agregat	40
IV.3 Rancangan Campuran Mix Design (Mix Design Concrete)	41
IV.4 Pengujian Slump Test	42
IV.5 Uji Kuat Tekan Beton.....	43
IV.5.1 Uji Kuat Tekan Setiap Umur	43
VI.5.2 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan.....	50
BAB V PENUTUP.....	51
V.1 Kesimpulan.....	51
V.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	54
DOKUMENTASI	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Agregat Kasar	11
Gambar II. 2 Agregat Halus	13
Gambar II. 3 TPA Antang Tamangapa	17
Gambar II. 4 Proses Pengambilan Sampah TPA	17
Gambar II. 5 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton.....	18
Gambar III. 1 Abu Limbah TPA Hasil Pembakaran.....	32
Gambar III. 2 Sketsa Bentuk dan Ukuran Benda Uji.....	34
Gambar III. 3 Pengujian Kuat Tekan	35
Gambar III. 4 Bagan Alur Penelitian.....	37
Gambar IV. 1 Gradasi Gabungan Agregat.....	41
Gambar IV. 2 Pengujian Slump Test	43
Gambar IV. 3 Kuat Tekan Rata-rata Umur 7 Hari.....	45
Gambar IV. 4 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Umur 14 Hari	47
Gambar IV. 5 Kuat Tekan Rata-rata Umur 28 hari.....	49
Gambar IV. 6 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Umur Beton.....	50
Gambar IV. 7 Uji Kuat Tekan Beton	50
Gambar IV. 8 Polak Retak.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Persyaratan Kimia Semen Portland Komposit	10
Tabel II. 2 Persyaratan Fisik Semen Portland Komposit	10
Tabel II. 3 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar	12
Tabel II. 4 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus	13
Tabel II. 5 Umur Setiap Beton	19
Tabel III. 1 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Persentase Abu Limbah TPA.....	33
Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus.....	38
Tabel IV. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	39
Tabel IV. 3 Gradasi Gabungan Agregat.....	40
Tabel IV. 4 Mix Design Campuran Beton Normal (m ³).....	41
Tabel IV. 5 Nilai Slump Abu Limbah TPA.....	43
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Beton Umur 7 Hari.....	44
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Beton Umur 14 Hari.....	46
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Beton Umur 28 Hari.....	48

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Nama	Pertama Kali Pada Halaman
UU RI	Undang-Undang Republik Indonesia	2
MPa	Mega Pascal	2
FAS	Faktor Air Semen	4
PCC	<i>Portland Cement Composit</i>	6
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	8
C3S	<i>Tricalcium Silicate</i>	9
C2S	<i>dicalcium silikat</i>	9
C3A	<i>Tricalcium Aluminate</i>	9
C4AF	<i>Tetracalcium Aluminoferite</i>	9
SNI	Standar Nasional Indonesia	11
TPA	Tempat Pembuangan Akhir	15
ACI	<i>American Concrete Institute</i>	15
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	18
F'c	Kuat Tekan Beton	19
P	Berat Beban Maksimum	19
A	Luas Permukaan Benda Uji	19
PBBI	Peraturan Beton Bertulang Indonesia	20
°C	<i>Celcius</i>	29
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>	34
BN	Beton Normal	34
BATPA	Beton Abu Tempat Pembuangan Akhir	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	: Pengujian Agregat Halus	55
Lampiran 1	: Analisa Saringan Agregat Halus.....	55
Lampiran 2	: Zona Agregat Halus.....	56
Lampiran 3	: Berat Volume Agregat Halus	57
Lampiran 4	: Kadar Lumpur Agregat Halus	58
Lampiran 5	: Berat Jenis Agregat Halus	59
Lampiran 6	: Kadar Air Agregat Halus	60
Lampiran B	: Pengujian Agregat Kasar	61
Lampiran 7	: Analisa Saringan Agregat Kasar.....	61
Lampiran 8	: Zona Agregat Kasar.....	62
Lampiran 9	: Berat Volume Agregat Kasar	63
Lampiran 10	: Kadar Lumpur Agregat Kasar	64
Lampiran 11	: Abrasi Agregat Kasar.....	65
Lampiran 12	: Berat Jenis Agregat Kasar	66
Lampiran 13	: Kadar Air Agregat Kasar	67
Lampiran C	: Pengujian Mix Design	68
Lampiran 14	: Perencanaan Mix design Beton	68
Lampiran 15	: Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton.....	69
Lampiran 16	: Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan	71
Lampiran 17	: Tabel Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum	72
Lampiran 18	: Tabel Penetapan Nilai Slump Test (cm)	72
Lampiran 19	: Tabel Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton (Liter)	73
Lampiran 20	: Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan ...	73
Lampiran 21	: Grafik Persentase Agregat Halus	74
Lampiran 22	: Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat	75
Lampiran 23	: Mix Design Kuat Tekan.....	76
Lampiran 24	: Perhitungan Kuat Tekan Beton.....	79
Lampiran D	: Dokumentasi	85

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang saat ini banyak digunakan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Material ini dibutuhkan untuk hampir setiap aspek pembangunan, seperti pembangunan jalan raya, jembatan, dan berbagai struktur lainnya. Sebagai material komposit, beton terdiri dari campuran semen sebagai bahan pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, yang mudah dibuat dengan bahan yang mudah didapat. Bahan-bahan pembuatan beton berkualitas tinggi tidak sulit untuk diperoleh, dan kekuatan serta sifatnya dapat diuji di laboratorium. Sifat-sifat beton dipengaruhi oleh jumlah air, jenis semen yang digunakan, agregat, dan bahan tambahan lainnya. Menurut Mulyono (2005), beton adalah campuran dari semen hidrolik (semen portland), agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan seperti campuran atau aditif.

Beton dibentuk melalui pencampuran semen Portland, air, rongga udara, agregat halus (seperti pasir), dan agregat kasar (seperti batu). Supriadi (2016) dan Sutikno (2003) menyatakan bahwa kombinasi bahan-bahan tersebut harus dipilih secara tepat untuk menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, mencapai kekuatan tekan yang dirancang setelah pengerasan, serta tetap ekonomis.

Mayoritas komponen pozzolan adalah silikat dan aluminat reaktif, yang menjadikannya produk alami. Pemanfaatan bahan limbah modern dan bahan bekas pakai sebagai pengganti atau substitusi beton dalam kombinasi beton merupakan bukti kerja dinamis para spesialis di bidang perancangan pembangunan dalam melaksanakan apa yang ditetapkan di studio mengenai *Designing Answers for Manageability* (TMS, 2009). Kinerja campuran semen atau beton meningkat ketika bahan pozzolan alami ditambahkan (Yetgin dan Cavdar, 2011; Alp, dkk., 2009).

Pada UU RI No 18/ 2008 tentang pengendalian sampah, dinyatakan bahwa dengan adanya pertumbuhan penduduk dan polakonsumsi masyarakat mengakibatkan bertumbuhnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang

semakin beragam. Untuk menangani permasalahan sampah secara menyeluruh perlu dilakukan alternatif pengeloaahan, dalam inovasi ini untuk mengurangi sampah yang ada di kota khususnya Kota Makassar. Dengan memanfaatkan menggunakan abu sisa pembakaran sampah sebagai pengganti sebagian semen portland dalam campuran beton, dapat mengurangi konsumsi semen. Hal ini mengurangi emisi karbon dioksida yang terkait dengan produksi semen, membantu mengurangi dampak lingkungan dari industri semen, serta memperpanjang sumber daya alam.

Abu dari pembakaran sampah sering kali memiliki sifat pozolan, yang menunjukkan bahwa abu tersebut dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan saat semen portland dihidrasi untuk membentuk senyawa tambahan yang memperkuat matriks beton. Kekuatan tekan beton, kekuatan lentur, dan ketahanan terhadap deformasi semuanya dapat ditingkatkan dengan menggunakan abu pembakaran sampah.

Kekuatan tekan beton merupakan sifat utama dalam mutu yang substansial dibandingkan dengan sifat-sifat lainnya. Rasio semen, agregat kasar dan halus, serta air memengaruhi kekuatan tekan beton. Kapasitas beton untuk menahan tekanan tanpa retak atau gagal diukur di sini. Kekuatan tekan beton biasanya diukur dalam satuan tekanan megapascal (Mpa) atau pound per inci persegi (psi).

Dengan pemanfaatan abu limbah sampah TPA sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton diharapkan mampu menghasilkan beton kualitas yang baik, ramah lingkungan, dan dapat dilihat penggunaannya pada bangunan tepat dari jenis beton. Oleh karena itu peneliti mengambil judul : **“STUDI EKSPERIMENTAL PADA KUAT TEKAN BETON YANG MENGANDUNG SEMEN PORTLAND KOMPOSIT DAN ABU LIMBAH TPA”**

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas permasalahan yang dapat di rumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penggunaan abu limbah TPA sebagai material pengganti sebagian semen portland komposit terhadap nilai kuat tekan beton?

2. Bagaimana kadar optimum penggunaan abu limbah TPA sebagai material sebagian pengganti semen portland komposit ?

I.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini:

1. Menganalisis penggunaan abu limbah TPA sebagai material sebagian pengganti semen portland komposit terhadap nilai kuat tekan beton.
2. Mengetahui kadar optimum penggunaan abu limbah TPA sebagai pengganti sebagian material semen portland komposit.

I.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah berikut ini diperlukan agar penyelidikan ini dapat dikoordinasikan dengan tujuan penelitian:

1. Penelitian ini bersifat eksperimental di laboratorium Universitas Fajar.
2. Penggunaan kadar abu limbah TPA sebagai material pengganti sebagian semen portland komposit sebanyak 0%, 20%, 35%, dan 50%.
3. Beton yang di hasilkan dilakukan pengujian kuat tekan beton.
4. Abu limbah TPA yang digunakan adalah lolos saringan No.200.
5. Tidak dilakukan peninjauan terhadap efek penguapan akibat pengaruh suhu.

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

II.1 Beton

Beton ini dibuat dengan menggabungkan air, agregat halus (seperti pasir), agregat kasar (seperti kerikil), atau jenis agregat lainnya, semen portland atau jenis semen hidrolik lainnya, dan terkadang aditif kimia atau fisik dalam proporsi tertentu hingga campuran mencapai keadaan homogen. Campuran akan menjadi keras seperti batu. Semen dan air mengalami reaksi kimia yang mengakibatkan pengerasan.

Komponen utama beton adalah campuran agregat halus dan kasar, air, dan bahan tambahan lainnya dalam proporsi tertentu. Beton merupakan gabungan (mix) beberapa bahan. Karena beton merupakan komposit, maka daktilitasnya sangat bergantung pada kualitas masing-masing komponen (Kardiyono Tjokrodinuljo, 2007).

Beton normal dibuat dengan agregat alami baik yang pecah maupun yang tidak pecah dan memiliki berat isi antara 2200 dan 2500 kg/m³. Beton yang mampu menahan kuat tekan yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan pembentuk, workability, dan faktor air semen (F.A.S) dianggap sebagai beton normal dan berkualitas baik) dan infus. Sifat semen tipikal adalah memiliki berat volume ± 2.400 kg/m³ dan umumnya digunakan secara luas untuk keperluan dasar. Beton dibagi dalam 3 kategori berdasarkan kekuatan tekan yang mampu dipikul yaitu:

1. Beton mutu rendah : kurang dari 20 Mpa
2. Beton mutu sedang : 20 - 40 Mpa
3. Beton mutu tinggi : lebih dari 40 Mpa

II.1.1 Jenis-Jenis Beton

Mulyono (2006) menggambarkan macam-macam beton sebagai berikut:

a. Beton Ringan

Beton ringan yang dibuat dengan berat lebih ringan dari beton biasa disebut beton ringan. Ketebalannya sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan

kepentingan penggunaan konstruksi berkisar 1440-1850 kg/m³, dengan kuat tekan 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antar 2200 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa.

c. Beton Berat

Beton berat dibuat dari agregat dengan kepadatan lebih dari 2400 kg/m³ dari beton normal. Untuk menghasilkan semen yang berat, digunakan agregat yang memiliki berat jenis yang sangat besar.

d. Beton Massa (massa concrete)

Disebut beton massa karena dimanfaatkan untuk proyek beton raksasa seperti bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

II.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut:

a. Kelebihan

1. Karena menggunakan bahan dasar yang mudah diperoleh, harganya pun relatif murah.
2. Tergolong bahan yang kuat, tidak mudah aus, tidak mudah karat atau lapuk oleh keadaan alam, sehingga biaya pemasangannya lebih murah.
3. Karena kuat tekannya relatif tinggi, struktur beton bertulang dapat digunakan untuk membangun pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pacu, waduk, pelabuhan, bendungan, jembatan, dan bangunan lainnya. Jika dipadukan dengan baja tulangan yang memiliki kuat tarik tinggi, akan menjadi satu struktur yang kuat terhadap tarikan dan menahan tekan.
4. Semen mudah dibentuk sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan, sehingga lebih mudah dikikis. Cetakan yang banyak dapat digunakan berkali-kali, sehingga menghemat biaya.

b. Kekurangan

1. Karena lokasi pengambilan komponen dasar beton agregat halus dan agregat kasar berbeda-beda, begitu pula dengan prosedur perencanaan dan pembuatannya.
2. Beton memiliki beberapa kelas kekuatan sehingga harus disusun berdasarkan bagian utama yang akan dibuat, dengan catatan bahwa strategi perencanaan dan pelaksanaannya berbeda.
3. Beton bersifat lunak atau lemah dan mudah pecah karena elastisitasnya yang rendah. Oleh karena itu, penting untuk menyediakan cara untuk mengatasinya, misalnya baja pendukung elastisitas tinggi, filamen baja, dll.

II.2 Semen Portland Komposit

Semen portland merupakan semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland, khususnya kalsium silikat hidrolik, di samping bahan lain berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat yang dapat ditambahkan, sebagaimana tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004. Berikut ini adalah beberapa jenis dan kegunaan semen portland:

1. Tipe I (Beton Portland Konvensional), yaitu beton portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang diharapkan untuk jenis lainnya.
2. Tipe II, juga dikenal sebagai "Moderate Sulfate Resistance," mengacu pada semen portland yang harus tahan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang agar dapat digunakan.
3. Tipe III (High Early Strength) merupakan jenis semen portland yang aplikasinya memerlukan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan.
4. Tipe IV (Low Intensity Of Hydration), yaitu beton portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen portland disebut sebagai Tipe V (Sulfate Resistant), dan digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan sulfat yang tinggi.

II.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Semen

II.2.1.1 Sifat Fisika Semen

a. Kejernihan (Blaine)

Kehalusan butiran semen akan berpengaruh pada proses hidrasi. Semakin besar luas permukaan butiran semen, semakin banyak air yang dibutuhkan untuk berat semen tertentu. Semakin cepat interaksi hidrasi, semakin menonjol kekuatan dasar beton, semakin baik butiran betonnya. Butiran semen yang halus juga akan menghentikan pendarahan. Bagaimanapun, beton biasanya mundur satu ton, sehingga lebih mudah bagi retakan susut untuk terbentuk di beton. Instrumen Blaine digunakan untuk mengukur kehalusan beton.

b. Berat jenis dan berat isi

Semen memiliki kisaran 3,10 hingga 3,30 gram per meter kubik, dengan berat jenis rata-rata 3,15 gram per meter kubik. Mengetahui BJ semen adalah penting karena memungkinkan seseorang untuk menentukan kualitas semen. Beton yang memiliki BJ < 3,0 umumnya tidak seluruhnya dikonsumsi atau dicampur dengan bahan yang berbeda atau sebagian dari beton telah mengeras, hal ini menyiratkan bahwa sifat beton telah berkurang. Semen memiliki berat isi padat 1,5 kg/liter dan berat isi longgar kurang dari 1,1 kg/liter. Pada kenyataannya, berat isi yang umum adalah 1,25 kg/liter.

c. Waktu pengikatan

Waktu pengikatan adalah lamanya waktu antara saat beton bereaksi dengan air dan saat lem beton menjadi cukup padat untuk menahan tekanan. Waktu antara pencampuran semen dan air hingga pasta semen kehilangan plastisitasnya disebut waktu pengikatan awal.. Waktu pengaturan akhir adalah periode waktu antara saat pasta semen terbentuk dan beton mengeras. Waktu pengaturan awal semen dapat berkisar antara satu hingga dua jam, tetapi tidak boleh kurang dari satu jam atau lebih dari delapan jam. Untuk mengontrol pekerjaan beton, waktu pengaturan awal semen sangat penting. Terkadang, waktu pengaturan awal lebih dari dua jam diperlukan untuk

tujuan tertentu. Waktu tambahan ini biasanya digunakan untuk pengangkutan, penuangan, pemadatan, dan finishing beton. Jumlah air yang ada dan lingkungan di sekitarnya memiliki dampak yang signifikan terhadap waktu pengaturan ini.

d. Kekekalan bentuk

Kestabilan bentuk merupakan sifat perekat beton yang telah mengeras, di mana apabila perekat tersebut dibentuk menjadi bentuk tertentu, bentuk tersebut tidak akan berubah. Kestabilan bentuk beton disebabkan oleh kadar kapur bebas dan magnesia yang tinggi yang terkandung dalam beton. Kapur bebas yang terkandung dalam campuran tersebut akan mengencerkan air dan menghasilkan daya hantar listrik yang besar. Alat yang digunakan untuk menguji sifat keawetan beton adalah "Autoclave Extension of Portland Concrete" (ASTM C-151).

e. Kekuatan semen

Karena akan berdampak signifikan terhadap kekuatan beton, maka kekuatan tekan semen menjadi hal yang paling penting. Kapasitas semen untuk pengujian daya rekat sebagai bahan pengikat disebut sebagai kuat tekan. Kuat tekan semen dievaluasi dengan membuat benda uji berukuran 5 x 5 x 5 cm yang terbuat dari semen dan pasir Ottawa standar dengan rasio yang telah ditentukan. Setelah itu, benda uji diawetkan dengan cara direndam di dalam air. Benda uji dilakukan uji kuat tekan pada umur 3, 7, dan 28 hari.

f. Pengikat awal palsu

Itulah pembatas beton yang terjadi dalam waktu kurang dari satu jam, di mana setelah beton dicampur dengan air, campuran tersebut segera tampak menjadi padat. Adonan dapat diaduk sekali lagi setelah ikatan awal yang salah ini berakhir. Pembatas ini hanya bermasalah dan tidak memengaruhi sifat beton lainnya. Pengaruh gipsum pada semen gagal bekerja sebagaimana mestinya, sehingga mengakibatkan ikatan awal yang salah ini. Gipsum dalam semen seharusnya memperlambat ikatan, tetapi karena gipsum pada semen terurai, gipsum ini justru mempercepat ikatan awalnya.

II.2.1.2 Sifat Kimia Semen

Sebagian besar semen Portland terdiri dari oksida utama, yaitu kalsium atau batu kapur (CaCO_3), aluminium oksida (Al_2O_3), pasir silikat (SiO_2), bijih besi (Fe_2O_3), dan oksida minor, yaitu MgO , SO_3 , K_2O , dan Na_2O . Serbuk mineral kristal membentuk semen Portland. Empat komponen terpenting dalam beton adalah:

1. Tricalcium Silicate (C3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_3$ berpengaruh signifikan terhadap pengerasan awal semen, terutama sebelum 15 hari.
2. $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau dicalcium silikat (C2S) berpengaruh signifikan terhadap pengerasan semen pada umur 14-28 hari. Unsur C2S juga mengurangi penyusutan akibat pengeringan dan membuat semen tahan terhadap serangan kimia.
3. Tricalcium Aluminate (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ berpengaruh signifikan terhadap kekerasan semen pada 24 jam.
4. Tetracalcium Aluminoferrite (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ berpengaruh lebih kecil terhadap kekerasan beton atau semen.

Sejumlah pabrik semen (produsen) telah menciptakan jenis semen baru yang disebut Portland Cemen Composite (PCC) dengan menambahkan bahan inert dari semen Portland tipe I ke dalam material yang dihasilkan. Bahan tambahan ini dapat melalui siklus pengapian seperti halnya dalam pengembangan klinker beton, namun hanya mengharapkan penghancuran hingga kehalusan tertentu sehingga selain mengurangi energi yang dibutuhkan, juga dapat mengurangi pembuangan dan biaya pembuatan beton. Spesifikasi untuk semen ini telah dikembangkan sesuai dengan SNI 15-7064-2004 untuk menjaga kualitasnya. Sebagai hasilnya, ada persyaratan khusus yang harus dirujuk ketika mempertimbangkan kualitas produk. Semen jenis ini biasanya digunakan pada bangunan pada umumnya dan bersamaan dengan Semen Portland Tipe I yang memiliki kekuatan tekan yang kurang lebih sama. Pekerjaan akan lebih mudah dan permukaan beton/plesteran akan lebih rapat dan halus karena semen PCC memiliki panas hidrasi yang lebih rendah saat proses pengerasan dibandingkan Semen Portland Tipe I, seperti yang dijelaskan dalam pedoman teknis.

Pengikat hidrolis dibuat dengan mencampur bubuk semen portland dengan bubuk anorganik lainnya atau dengan menggiling terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik. Terak suhu tinggi (terak tanur tinggi), pozzolan, senyawa silikat, dan batu kapur adalah contoh bahan anorganik. Bahan-bahan ini membentuk antara 6 dan 35 persen dari massa semen portland komposit. Prasyarat kualitas sintetis dan aktual dari beton portland komposit harus terlihat dalam tabel II.1 dan II.2 sebagai berikut:

- a. Syarat kimia semen portland komposit (PCC), sebagaimana terlihat pada tabel II.1 berikut.

Tabel II. 1 Persyaratan Kimia Semen Portland Komposit

No	Uraian	Satuan
1	SO ₃ , Maksimum	4.0 %

(Sumber: SNI 15-7064-2004)

- b. Syarat fisik semen portland komposit (PCC), sebagaimana terlihat pada tabel II.2 berikut.

Tabel II. 2 Persyaratan Fisik Semen Portland Komposit

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat blaine	M ² /kg	Min.280
2	Kekakalan bentuk dengan autoclave: - Pemuai - Penyusutan	% %	Maks. 0,80 Maks. 0,20
3	Waktu pengikatan dengan alat vicat: - Pengikatan awal - Pengikatan akhir	Menit Menit	Min. 45 Maks. 375
4	Kuat tekan: - Umur 3 hari - Umur 7 hari - Umur 28 Hari	Kg/cm ² Kg/cm ² Kg/cm ²	Min. 125 Min. 200 Min. 250
5	Pengikatan semu: - Penetrasi akhir	%	Min. 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% Volume	Maks.12

(Sumber: SNI 15-7064-2004)

II.3 Agregat

Campuran beton terdiri dari agregat, yang dapat terbuat dari bahan alami atau buatan. Karena agregat membentuk lebih dari 70% volume beton, pilihan agregat merupakan komponen penting dari kualitas beton.

Agregat, sebagaimana didefinisikan oleh Silvia Sukirman (2003), adalah mineral padat berupa pecahan besar atau kecil yang berfungsi sebagai campuran atau pengisi beton. Agregat dapat berasal dari alam atau buatan manusia.

Sifat-sifat utama suatu total (batu, kerikil, pasir, dan sebagainya) adalah kekuatan tekan dan perlindungan dari pengaruh, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan lem beton, porositas dan atribut asimilasi air yang mempengaruhi perlindungan dari permusuhan sintetis, dan perlindungan dari penyusutan. Agregat halus dan agregat kasar adalah dua jenis agregat yang digunakan dalam beton:

II.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar atau biasa disebut dengan kerikil merupakan suatu kumpulan butiranbatuan yang memiliki ukuran tertentu dalam proses ini hasil alam secara langsung ataupun hasil pecahan dari batu yang besar. Dari pecahan kita bisa menentukan dan memilih agregat yang akan kita gunakan, agregat kasar digunakan sebagai bahan campuran dengan berbagai jenis butiran atau pecahan batu yang mempunyai ukuran tertentu. Butiran agregat kasar atau kerikil yang baik keras dan tidak berpori. Mengandung tidak lebih dari satu persen lumpur dan zat yang bereaksi terhadap alkali. Sangat tahan lama, artinya tidak pecah atau rusak karena pengaruh kondisi cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Butiran yang rata kira-kira 20% dari total keseluruhan.



Gambar II. 1 Agregat Kasar

Batu pecah atau batu alam yang diperoleh dari pabrik batu pecah dianggap sebagai agregat kasar dalam SNI 1970-2008, dan ukurannya berkisar antara 4,75

mm (No. 4) hingga 37,5 mm (No. 11/2 inci). Lihat tabel II.3 untuk batas gradasi agregat kasar.

Tabel II. 3 Batasan Gradasi Untuk Agregat Kasar

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos saringan / ayakan		
Mm	SNI	ASTM	Inch	Ukuran maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 30 mm
75,0	76	3 in	3,00	-	-	100-100
37,5	38	1 ½ in	1,50	-	100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	⅜ in	0,375	50-85	30-60	10-4
4,75	4,8	No. 4	0,187	0.10	0,10	0,5

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Kerikil, sebagaimana didefinisikan oleh ASTM C33, terdiri dari batu pecah dengan ukuran butiran antara 9,5 dan 37,5 milimeter atau lebih besar. Jenis agregat kasar yang paling umum adalah sebagai berikut:

1. Batu pecah biasa, bisa didapat dari batu pecah biasa yang digali.
2. Kerikil alami, kerikil terbentuk dengan proses yang alami adalah dimana terjadi pengikisan oleh air yang mengalir di Sungai

II.3.2 Agregat Halus

Agregat halus dalam beton adalah komponen berukuran kecil yang merupakan bagian dari campuran beton. Agregat ini terdiri dari butiran-butiran kecil yang ukurannya kurang dari 4,75 milimeter (mm) dalam diameter. Agregat halus biasanya terbuat dari pasir, baik pasir alam maupun pasir buatan yang di hasilkan dari penghancuran batu-batuan.

Dengan B_j 1400 kg/m, agregat halus merupakan pasir pengisi yang dapat digunakan sebagai perekat yang lebih kuat antar kerikil. Seperti yang ditunjukkan dengan pengujian warna ABRAMS_HARDER dengan larutan NaOH 3%, agregat halus yang baik tidak mengandung bahan organik dan mengandung lumpur kurang dari 5% berat.



Gambar II. 2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir yang dimanfaatkan sebagai bahan pengisi antar batuan agar lebih mudah tercampur. Menurut SNI 03-0820-2002, agregat halus olahan adalah agregat halus yang diperoleh dari pemisahan dan pemisahan butiran dari batuan atau terak pemanas impak dengan penyaringan atau cara lain. Agregat halus adalah agregat berukuran 4,76 mm yang diperoleh dari alam. Sesuai dengan ASTM C33, "agregat halus" secara umum mengacu pada pasir yang lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200. Lihat tabel II.3 untuk batas derajat total halus.

Tabel II. 4 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan/Ayakan				% Lolos saringan/ ayakan			
				Pasir kasar	Pasir sedang	Pasir agak halus	Pasir halus
mm	SNI	Astm	inch	Gradasi No.1	Gradasi No.2	Gradasi No.3	Gradasi No.4
9,50	9,6	3/8 in	0,375	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	No.4	0,187	90-100	95-100	95-100	95-100
3,36	2,4	No.8	0,093	60-95	75-100	95-100	80-100
1,18	1,2	No.16	0,046	30-70	55-90	90-100	50-85
0,60	0,6	No.30	0,023	15-34	35-95	80-100	25-60
0,30	0,3	No.50	0,011	5-20	8-30	15-50	5-30
0,15	0,15	No.100	0,005	0-10	0-10	0,15	0-10

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

II.4 Material Pozzolan

Material pozzolan adalah material yang mengandung senyawa silika atau silika alumina. Tidak seperti beton, material pozzolan tidak memiliki sifat pengikat seperti beton, tetapi memiliki struktur yang halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu tertentu untuk membentuk kalsium hidrat kuat yang digerakkan oleh tekanan dan memiliki angka kelarutan yang sangat rendah jika dicampur dengan air.

Bahan pozzolan dapat berupa pozzolan biasa, yaitu bahan yang diperoleh dari endapan puing-puing vulkanik, khususnya letusan gunung berapi, sedangkan pozzolan palsu adalah bahan yang diperoleh dari limbah modern dari bahan batu bara atau hasil samping hortikultura. Bahan ini mengandung komponen reseptif, silika dan aluminat. Jika ditambahkan ke dalam campuran semen, dalam keadaan halus (melewati saringan 0,21 mm), ia akan berperilaku seperti semen melalui aktivitas hidrolik atau pozzolan, atau keduanya (ASTM, 1993 dan ACI, 2001). Ada tiga kategori bahan pozzolan:

1. Kelas N dibuat dengan membakar pozzolan alam seperti tanah liat, tanah diatom, dan batu apung.
2. Kelas F Abu terbang dihasilkan ketika batubara antrasit dibakar pada suhu 15.600 °C.
3. Kelas C merupakan hasil pembakaran batu bara atau lignites dengan kandungan karbon sekitar 60%. Dengan kandungan kapur lebih dari 10%, abu terbang ini memiliki sifat yang sebanding dengan semen.

Ada beberapa cara untuk menambahkan bahan pozzolan ke dalam campuran semen, termasuk mencampurkannya secara langsung dengan kalsium hidroksida, tetapi hal ini sudah tidak umum lagi. Bahan ini juga dapat digunakan untuk membuat Semen Portland Pozzolan dengan mencampurkannya dengan klinker halus dan gipsum. Ini juga dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran beton dengan mencampurkan bahan pozzolan dengan semen, agregat, dan air.

II.5 Sampah TPA

Sampah adalah limbah yang dihasilkan dari suatu interaksi produksi, baik domestik (keluarga) maupun industri. Dalam Peraturan Pemerintahan Nomor 18

Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, disebutkan bahwa sampah adalah sisa kegiatan manusia sehari-hari atau siklus kehidupan sehari-hari yang berwujud padat atau setengah padat berupa bahan organik atau anorganik yang dapat terurai secara hayati maupun tidak dapat terurai secara hayati yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan.

Menurut Sucipto (2012), perlu diketahui beberapa jenis sampah yang dihasilkan manusia, baik sampah rumah tangga, pertanian, industri, perdagangan, dan sebagainya, agar memudahkan dalam pengolahannya. Sampah terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Sampah organik basah dibagi lagi menjadi sampah organik kering. Sampah organik basah adalah sampah yang memiliki kandungan air yang tinggi, seperti sisa-sisa buah dan sayuran. Sedangkan sampah organik kering adalah bahan alami yang memiliki kandungan air yang tidak terlalu banyak, misalnya kertas, dahan pohon, daun-daun kering, dan lain-lain. Makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan menghasilkan sampah organik ini.
2. Bahan-bahan yang terbuat dari plastik, logam, gelas atau botol kaca, kain, dan sampah lunak seperti abu adalah contoh sampah anorganik yang dapat didaur ulang.
3. Sampah an-organik sampah yang dapat didaur ulang (recycle) seperti bahan yang terbuat dari plastic, logam, gelas atau botol kaca, kain dan sampah lembut seperti abu.

Sampah jenis ini dibakar pada suhu tinggi atau dibakar. suhu minimal 800°C atau 1000°C yang biasanya digunakan. suhu minimal 800°C atau 1000°C yang biasanya digunakan. Senyawa yang tidak terbakar dan mengandung unsur-unsur seperti kalsium, kalium, magnesium, mangan, dan silikon dapat ditemukan dalam abu. Unsur-unsur non-organik seperti silikon, mangan, kalsium, dan kalium diketahui membentuk ikatan dengan ion, meskipun senyawa ionik memiliki titik leleh yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil penyelidikan yang telah dilakukan, diketahui bahwa serpihan tersebut bersifat basah dan tetesan tersebut juga mengandung Karbon dan Kalium (Siti, 2013).

Karena mengandung komponen yang sama dengan komponen dasar semen pada umumnya-CaO, SiO₂, dan Al₂O₃-para ahli di Jepang mempelajari abu hasil pembakaran sampah pada tahun 1992 dengan tujuan untuk mengolahnya menjadi semen. Ecocement adalah produk sampingan dari pengolahan abu dari pembakaran sampah. Pada tahun 1998, setelah melalui proses uji kelayakan, pabrik pertama di dunia yang mengubah abu sampah menjadi beton didirikan di Chiba. Ecocement dapat diproduksi oleh pabrik tersebut dengan kapasitas 110.000 ton per tahun. Berdasarkan hasil pengujian JSA (Japan Standard Association), ecocement memiliki kualitas yang sama dengan semen biasa. Oleh karena itu, saat ini ecocement digunakan untuk membangun jembatan, jalan, rumah, dan bangunan lainnya di Jepang.

Menurut Otto Sumarwoto (1992), pembangunan harus berwawasan lingkungan dan memanfaatkan sumber pendanaan secara bijaksana agar berkelanjutan. Sesuai dengan kebijakan tersebut, khususnya dengan memanfaatkan abu bebas semen dari hasil pembakaran sampah di TPA Tamangapa Antang Makassar. Tujuan awal pembakaran sampah di TPA ini adalah untuk mengurangi volume dan berat sampah sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar.

Salah satu pemanfaatan sampah elektif yang telah selesai di TPA Tamangapa Antang Makassar adalah untuk produksi sebagai bahan tambahan pengganti beton komposit. TPA Antang Makassar merupakan lokasi pembuangan sampah dari berbagai kegiatan masyarakat dan industri di Kabupaten dan Kota Makassar. Pemanfaatan seperti ini tidak hanya memberikan keuntungan finansial bagi pemerintah daerah, khususnya daerah setempat, tetapi juga memenuhi kebutuhan bahan bangunan yang terus meningkat untuk situasi ini sebagai bahan tambahan pengganti beton



Gambar II. 3 TPA Antang Tamangapa



Gambar II. 4 Proses Pengambilan Sampah TPA

II.6 Air

Air merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam proses pembuatan beton segar karena bereaksi dengan semen membentuk pasta pengikat agregat. Air mempengaruhi kuat tekan semen, karena jika air terlalu banyak maka kekuatan bahan itu sendiri akan berkurang. Selain itu, kelebihan air juga akan menyebabkan terjadinya kebocoran pada beton, yaitu tempat air dan beton akan berpindah ke lapisan luar campuran bahan yang baru dituang. Air yang tercampur dengan bahan juga akan mempengaruhi kegunaan campuran bahan, besarnya nilai penyusutan bahan, reaksi yang terjadi pada beton portland sehingga menghasilkan kekuatan yang cukup lama, dan peran air sangat stabil dalam campuran bahan karena dibutuhkan untuk proses pemadatan yang baik.

Sementara itu, SNI 03-2847-2002 menyebutkan bahwa minyak, garam, atau asam dalam air yang digunakan untuk mencampur beton akan mempengaruhi tulangan beton. Air yang disarankan untuk mencampur beton padat atau beton yang mengandung aluminium adalah air yang sempurna secara keseluruhan, dan tidak boleh mengandung partikel klorida dalam jumlah besar. Saat memilih air untuk mencampur beton, pertimbangkan hal berikut:

1. Karena daya rekatnya dapat berkurang, maka air yang dipakai tidak boleh mempunyai kadar lumpur lebih dari 2 gr/ltr karena bersifat memuai (karena tercampur dengan air pada saat proses penuangan) dan psikologis.
2. Air yang dipakai tidak mengandung garam lebih banyak dari 15 gr, karena dapat mengakibatkan tingginya korosi pada beton.

Rasio kekuatan disebutkan dalam peraturan beton bertulang Indonesia tahun 1971. (tekanan) beton pada berbagai umur beton, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel II. 5 Umur Setiap Beton

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1972)

Kuat tekan beton akan dipengaruhi oleh jenis campuran yang digunakan, oleh karena itu untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan yang diinginkan, jumlah pasta semen yang digunakan harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat dan mengisi celah-celah di antara butiran-butiran tersebut. Untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan yang ideal, maka bahan yang masih sederhana harus diolah sedemikian rupa sehingga siklus hidrasi dalam beton berjalan dengan sempurna. Kondisi dengan kadar air tertentu diperlukan untuk proses hidrasi semen. Permukaan beton akan retak-retak jika terlalu cepat kering. Beton akan amblas akibat retak-retak tersebut dan tidak dapat menyelesaikan reaksi kimia (Mustika, 2016:38).

Secara umum, faktor-faktor berikut ini memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan beton:

1) Faktor Semen-Air

Komponen air beton merupakan proporsi berat antara air dan beton portland dalam campuran substansial. Semakin tinggi unsur air beton, semakin rendah kekuatan substansial begitu pula sebaliknya jika komponen air beton rendah, kekuatan substansial semakin tinggi.

2) Umur Aktual

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh umurnya, dan sejak beton dicor, umurnya akan terus meningkat. Kuat tekan beton akan meningkat dengan cepat, menyebabkan peningkatan kekuatan melambat secara bertahap. Akibatnya, beton dianggap telah mengeras sepenuhnya setelah 28 hari.

3) Jenis Semen

Keberadaan semen dalam campuran beton memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan beton karena berbagai jenis dan sifat semen.

4) Jumlah Pasta Semen

Lem beton yang kuat mengikat semua butiran agregat. Pasta semen akan bekerja paling baik jika semua pori butiran agregat terisi penuh dengan pasta semen dan permukaannya tertutup. Sambungan antar total akan lebih rapuh jika tidak ada cukup lem beton karena lapisan luar total tidak akan tertutup olehnya. Namun, jika lem beton terlalu banyak, kekuatan tekan yang kuat akan dikalahkan oleh lem beton, yang akan membuatnya melemah.

5) Total Properties

Agregat itu sendiri terdiri dari agregat halus, juga dikenal sebagai pasir, dan agregat kasar, juga dikenal sebagai kerikil. Properti agregat seperti bentuk agregat dan kekuatan tekan agregat memengaruhi kekuatan beton.

II.8 Peneliti Terdahulu

Penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Sisa Pembakaran Sampah Organik Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton” dilakukan Enda, D. E. (2018). Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan sisa-sisa limbah alam sebagai substitusi sebagian semen dengan variasi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, serta menggunakan kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 25 MPa, 30 MPa, dan 35 MPa. Penelitian ini menemukan bahwa penggunaan abu hasil pembakaran sampah organik sebagai pengganti sebagian semen dapat menurunkan kuat tekan beton 25 MPa sebagai berikut: 0% pada kuat tekan 27,49 MPa, 5% pada kuat tekan 27,58 MPa, 10% pada kuat tekan 25,14 MPa, 15% pada kuat tekan 23,96 MPa, dan 20% pada kuat tekan 22,83 MPa. Untuk beton mutu 30 MPa, penurunan terjadi pada 0% dengan kuat tekan 32,79 MPa, 5% pada kuat tekan 28,81 MPa, dan 10% serta 15% pada kuat tekan 25,87 MPa. Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan spesimen uji berupa silinder berukuran 150 mm x 300 mm. Semakin rendah nilai kuat tekan, semakin baik hasilnya. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari,

disimpulkan bahwa penggunaan abu hasil pembakaran sampah organik sebagai substitusi semen cenderung menurunkan mutu beton, terutama pada beton mutu tinggi. Kemiringan kurva yang diperoleh menunjukkan bahwa abu hasil pembakaran sampah organik sebaiknya tidak digunakan pada beton mutu tinggi karena dapat menurunkan kualitasnya.

Penelitian ini dengan judul “Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pasir Pada Beton Pejal” dilakukan Putri, Desi, Rr Mekar Ageng Kinasti, dan Endah Lestari. Dalam rancangan percobaan penelitian ini, dilakukan dua tahap pengujian. Pengujian pendahuluan, yang meliputi pemeriksaan sifat fisik material, dilakukan pada tahap awal. Setelah itu, benda uji dibuat dengan variasi kadar abu sisa pembakaran sampah (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari pasir) dan dilakukan pengujian kuat tekan pada hari ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28. Kuat tekan tertinggi dicapai pada kadar abu sisa pembakaran sampah sebesar 51,24 kg/m², yang termasuk dalam kategori Mutu III, dengan daya serap air sebesar 9,40%. Sementara itu, nilai kuat tekan terendah diperoleh pada kadar abu sisa pembakaran sampah 50%, dengan daya serap air 16,22% dan kuat tekan 19,37 kg/m², yang tidak termasuk dalam Mutu III. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, hasil pengujian menunjukkan bahwa abu sisa pembakaran sampah dapat digunakan sebagai pengganti pasir pada beton padat dan masih memenuhi syarat untuk tingkat Mutu III dan IV, sehingga bisa digunakan sebagai alternatif bahan pembuatan batu bata dalam konstruksi.

Penelitian dengan judul “Analisis Kuat Tekan, Densitas dan Penyerapan Air Pada Beton Abu Sampah” dilakukan Ihat Solihat dan Muhlisin. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh abu sampah terhadap berbagai karakteristik beton serta menentukan proporsi abu sampah yang ideal untuk ditambahkan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan uji coba pada tiga sampel beton normal, tiga sampel beton yang mengandung campuran abu sampah, tiga sampel beton normal, dan tiga sampel beton dengan abu sampah sebagai pengganti pasir. Pengujian beton dilakukan setelah beton mencapai umur 14 hari. Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kuat tekan beton pada umur 15 hari adalah 100 kgf/cm² untuk beton normal, 250 kgf/cm² untuk beton dengan

campuran abu sampah, dan $251,7 \text{ kgf/cm}^2$ untuk beton yang menggunakan abu sampah. Beton normal memiliki massa jenis yang sangat tinggi, yaitu 2340 kg/m^3 , sedangkan beton dengan campuran abu sampah memiliki massa jenis sekitar 2311 kg/m^3 , dan beton dengan abu sampah sebagai pengganti pasir sepenuhnya memiliki massa jenis 2230 kg/m^3 . Dalam pengujian serapan air, beton normal memiliki nilai 6,25 persen, beton dengan campuran abu sampah memiliki nilai 8,86 persen, dan beton dengan abu sampah sebagai pengganti pasir memiliki nilai sekitar 15,79 persen. Metode ini, sesuai dengan standar SNI dan ASTM, menunjukkan hasil yang sebanding dengan cara kerja semen dalam campuran beton.

Penelitian dengan judul “Pengujian Mekanik Ekosemen Dari Abu Sampah Dalam Beton” dilakukan Shinta Marito Siregar, S.Si, M.Si. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi semen ekologi dengan menggunakan abu limbah sebagai pengganti sebagian batu kapur, dalam berbagai komposisi. Limbah yang digunakan berasal dari jenis limbah rumah tangga, dengan logam yang telah dipisahkan dan dibakar pada suhu sekitar $700 \text{ }^\circ\text{C}$. Abu hasil kalsinasi limbah rumah tangga tersebut kemudian diayak hingga berukuran 5 mm. Bahan baku utama dalam produksi semen ekologi jenis Portland meliputi batu kapur, tanah liat, MgCO_3 teknis, Fe_2O_3 teknis, gipsum, dan abu limbah rumah tangga. Rasio berat total bahan baku terhadap air adalah 1:1, dengan proses kalsinasi dilakukan pada suhu 1200, 1250, 1300, dan $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ selama dua jam. Berdasarkan hasil penelitian ini, karakteristik semen ekologi dan beton yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh penggantian batu kapur, variasi komposisi abu limbah, dan variasi suhu kalsinasi. Semen ekologi dapat diproduksi dengan komposisi 30% abu limbah pada suhu kalsinasi $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ sebagai alternatif pengganti batu kapur. Komposisi ini juga menghasilkan fase dominan C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF , mirip dengan semen Portland. Pengujian panel beton menunjukkan adanya korelasi langsung antara pengerasan, kuat tekan, dan kuat patah. Nilai kuat tekan dan kuat patah yang ideal tercatat sebesar 53,5 MPa dan 8,58 MPa.

Penelitian dengan judul “Penggunaan Abu Pembakaran Sampah Sebagai Substitusi Pasir Pada Batako” dilakukan Rr. Mekar Ageng Kinasti, Muhammad Agung, Endah Lestar, dan Desi Putri. Penelitian ini bersifat eksperimental dan

terdiri dari dua tahap pengujian. Tahap pertama adalah pengujian pendahuluan yang meliputi pengujian sifat fisik material. Pada tahap kedua, dilakukan pembuatan benda uji dengan campuran abu dan variasi kadar pasir sebesar 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran abu dengan kadar pasir 0% memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 8,795 MPa dan daya serap air sebesar 7,83%. Sementara itu, campuran dengan kadar pasir 60% memiliki kuat tekan terendah sebesar 1,572 MPa dan daya serap air 18,55%. Variasi daya serap air sebesar 11,085% menghasilkan kuat tekan yang ideal. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, abu hasil pembakaran sampah dapat digunakan sebagai pengganti pasir pada pembuatan batu bata, dengan mutu batu bata yang masih masuk dalam kategori tingkat III dan IV. Penggunaan abu tersebut juga dapat mengurangi berat volume batu bata hingga 20%, yang tentu saja dapat mengurangi beban dinding pada bangunan..

Penelitian dengan judul “ Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan Paving Block” dilakukan Desi Putri dan Rr. Mekar Ageng Kinasti. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tekan paving block ketika pasir digantikan dengan sampah anorganik dalam proporsi tertentu. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap eksperimen di laboratorium. Tahap pertama melibatkan pengujian sifat fisik material. Selanjutnya, paving block dibuat dengan berbagai persentase abu sampah anorganik 0%, 10%, 20%, dan 30% dari berat pasir—dan diuji kekuatan tekan pada 7, 14, dan 28 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa paving block dengan campuran abu sampah anorganik memiliki kekuatan tekan masing-masing sebesar 16 MPa, 17 MPa, 15 MPa, dan 11 MPa. Paving block dengan campuran abu sampah anorganik menunjukkan peningkatan kekuatan tekan tertinggi sebesar 10%, sedangkan campuran 30% mengalami penurunan. Temuan ini menunjukkan bahwa abu limbah anorganik dapat digunakan sebagai alternatif bahan konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian dengan judul “The Effect of Municipal Solid Waste Incineration Ash ont the Properties and Durability of Cement Concrete” atau “Pengaruh Abu Hasil Pembakaran Limbah Padat Kota Terhadap Sifat dan Daya Tahan Semen Beton

dilakukan Marija Vaciene dan Elvinas Simanavicius. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat mekanik dan fisik beton semen dipengaruhi oleh abu dasar yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga di pabrik kogenerasi. Dalam campuran beton yang diuji, abu dasar dari pembakaran sampah kota digunakan dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dari berat semen. Beton yang mengandung 6% abu dasar menunjukkan ketebalan yang lebih tinggi (2323 kg/m³), kekuatan tekan pada 28 hari (36,1 MPa), kecepatan gelombang ultrasonik (3980 m/s), dan tingkat retensi air yang lebih rendah (3,93%). Berdasarkan hasil pengujian, ketahanan beku beton yang disesuaikan dengan penambahan abu dasar menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar kekuatan F100 dalam berbagai arah pengujian. Penambahan abu dasar sebesar 6%, 9%, dan 12% dapat diterapkan dalam pekerjaan pengembangan beton.

Penelitian dengan judul “Studi Eksperimental Pembuatan Ekosemen Dari Abu Sampah Dan Cangkang Kerang Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen” dilakukan Frieska Ariesta S dan Dyah Sawitri. Berikut adalah hasil prafrase dari kalimat tersebut: Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pembuatan ecocement menggunakan abu limbah organik dan kerang, serta menganalisis sifat fisik dan kimianya. Hasil analisis komposisi awal menunjukkan bahwa abu kerang mengandung 100% CaCO₃. Tiga variasi komposisi abu limbah ditetapkan, yaitu: Ecocement A (58,2%:40%), Ecocement B (49,1%:49,1%), dan Ecocement C (54,01%:44,09%). Semen Portland jenis OPC (Ordinary Portland Cement) merek 'Semen Gresik' digunakan sebagai variabel kontrol.

Penelitian dengan judul “Analisis Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Sifat Fisis Semen Organik Terbuat Dari Bahan Limbah Daur Ulang” dilakukan Muhammad Syarif. Tentu! Berikut adalah hasil parafrase dari kalimat tersebut: Penelitian ini bertujuan untuk memberikan dasar bagi kebijakan perlindungan lingkungan dengan membandingkan kekuatan tekan dan tarik belah beton silinder yang menggunakan semen organik dan semen Portland. Penelitian melibatkan perawatan air dan perawatan kering pada beton berusia 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa beton berbahan dasar semen organik mencapai kekuatan tekan 8,52 MPa dengan perawatan air dan 14,52 MPa dengan perawatan kering.

Sebaliknya, beton dengan semen Portland menunjukkan kekuatan tekan 22,37 MPa dengan perawatan air dan 19,71 MPa dengan perawatan kering. Uji kekuatan tarik belah untuk semen organik pada beton berusia 28 hari menunjukkan hasil 0,96 MPa untuk metode perawatan kering dan 1,22 MPa untuk metode perawatan air. Beton dengan semen Portland memiliki kekuatan tarik belah 2,03 MPa baik pada metode perawatan air maupun kering. Pengujian fisik mengungkapkan bahwa berat jenis semen Portland adalah 3,16 gr/ml, sedangkan semen organik memiliki berat jenis 3,01 gr/ml. Analisis XRD (X-Ray Diffraction) pada abu pembakaran sampah menunjukkan komposisi SiO₂ (46,65%), Al₂O₃ (2,28%), Fe₂O₃ (0,18%), CaO (11,09%), SO₃ (1,01%), Na₂O (2,24%), K₂O (11,98%), MgO (0,02%), dan P₂O₅ (0,47%).

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorim Program Studi Teknik Sipil Universita Fajar. Dalam penelitian dilaksanakan dalam waktu \pm 3 bulan yakni bulan Mei s/d Juli 2024.

III.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data

III.2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif karena data yang dikumpulkan akan berupa angka. Angka yang diperoleh akan dianalisa lebih lanjut. Pengujian terhadap variasi proporsi campuran beton yang menghasilkan tingkat workability yang memenuhi standar dan komposisi campuran 0%, 20%, 35%, dan 50% menjadi dasar penelitian laboratorium eksperimental ini.

III.2.2 Sumber Data

Sumber data dalam pelaksanaan penelitian ini dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

- a. Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung melalui serangkaian percobaan di laboratorium yang dilakukan sesuai dengan standar pengujian yang ditetapkan dan berlaku.
- b. Data yang bersumber dari buku-buku pendukung atau hasil penelitian terdahulu tentang uji beton, abu pembakaran sampah, dan uji kuat tekan beton merupakan contoh data sekunder yang relevan dengan penelitian ini.

III.3 Alat dan Bahan Penelitian

III.3.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Timbangan dengan tingkat responsivitas 0,1 gram
2. Alat ukur kuat tekan beton
3. Mesin pencampur atau mixer material beton
4. Oven atau alat pengering yang terbuat dari beton

5. Ayakan dengan ukuran lubang persegi yaitu #No. 1, 2, #No. 8, #No. 16, #No. 30, #No. Pan, nomor 50, 100, dan 200.
6. Mesin ayakan ratcheting
7. Cetakan contoh yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji berbentuk silinder.
8. Alat-alat bantu
9. Sendok semen, yang digunakan untuk mencampur beton dan memasukkannya ke dalam cetakan.
10. Gelas ukur dengan kapasitas 50 mililiter dan volume 2000 mililiter yang digunakan untuk menentukan banyaknya air yang akan digunakan.
11. Cawan atau plat yang terbuat dari baja temper, digunakan untuk meletakkan bahan pengikat dan mendiamkan susunan plasticizer.
12. Sikat yang digunakan untuk membersihkan sisa-sisa zat yang menempel pada peralatan bekas.
13. Pengatur waktu yang digunakan untuk mencatat lamanya proses pencampuran.
14. Wadah yang menampung sisa campuran dan air.
15. Alat untuk memindahkan bahan dari satu lokasi ke lokasi lain yang disebut sekop.
16. Karung goni.

III.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang di gunakan dalam penelitian ini di antaranya:

1. Semen PCC
2. Agregat Halus (Pasir)
3. Agregat Kasar
4. Air
5. Abu Limbah TPA di peroleh dari hasil pembakaran sampah TPA. Abu limbah TPA yang digunakan adalah lolos saringan No.200.

III.4 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pengujian abu halus, kasar, dan abu limbah TPA merupakan bagian dari tahap pemeriksaan karakteristik material beton. Pengujian berat jenis, penyerapan

air, analisis saringan (gradasi), berat volume, dan kadar lumpur digunakan untuk mengevaluasi agregat halus. Untuk agregat kasar, ada pengujian berat dan jenis, asimilasi air, penyelidikan saringan (derajat), dan berat volume. Pengujian berat jenis digunakan untuk abu dari fasilitas pembuangan limbah. Standar Nasional Indonesia, yang juga dikenal sebagai SNI, merupakan dasar untuk pengujian karakter.

III.4.1 Agregat Halus

Untuk menguji agregat halus menurut SNI, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus dan Daya Serap Air
 - 1) Keringkan benda uji (fine total) dalam broiler pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji (fine total) tetap.
 - 2) Buang air rendaman dengan hati-hati, jangan ada butiran yang terbang, ratakan total pada plat, keringkan dengan udara panas dengan cara membalikkan benda uji (fine total) sampai kering basah (SSD).
 - 3) Masukkan benda uji (agregat halus) ke dalam kerucut terpotong, padatkan dengan batang pemukul sebanyak 25 kali, dan ratakan permukaannya untuk memeriksa kekeringan permukaan jenuh.
 - 4) Masukkan pasir ke dalam piknometer (500 ± 10) gram dan tambahkan air suling sampai 90% dari isi piknometer, putar piknometer sambil digoyang-goyangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
 - 5) Isi piknometer dengan air hingga penuh, kemudian timbang dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 6) Keluarkan benda uji (agregat halus) dari piknometer, dinginkan dalam desikator, timbang, dan keringkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap.
 - 7) Untuk menyesuaikan perhitungan dengan standar 25 derajat Celsius, timbang berat piknometer yang telah diisi air dan ukur suhu airnya.
- b. Pengujian Gradasi Agregat Halus
 - 1) Ukur benda uji (agregat halus) seberat 1000 gram.

- 2) Keringkan benda uji (agregat halus) dalam tanur dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya konstan.
 - 3) Susun ayakan pada lubang terbesar dari atas ke bawah, masukkan benda uji (agregat halus), kemudian segera goyangkan dengan alat pengocok selama 10 hingga 15 menit.
 - 4) Tentukan persentase benda uji (agregat halus) yang tertinggal pada masing-masing ayakan sebelum diangkat.
- c. Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus, Baik Lepas maupun Padat
- 1) Keringkan benda uji (agregat halus) dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya konstan.
 - 2) Setelah benda uji (agregat halus) dikeluarkan dari oven, keringkan selama 1-3 jam pada suhu ruang sebelum ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 3) Siapkan permukaan datar untuk tabung ukur. Untuk pengujian berat volume kuat, masukkan benda uji (agregat halus) per 1/3 bagian dan setiap bagian dipukul beberapa kali secara merata kemudian dikerjakan hingga volume penuh.
 - 4) Ukur dan catat berat tabung ukur yang berisi benda uji (agregat halus).
 - 5) Tentukan volume tabung ukur.
- d. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus
- 1) Keringkan benda uji (agregat halus) dalam tungku dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram. Setelah itu timbang dan ambil contoh sebanyak kurang lebih 1.000 gram.
 - 2) Beri tanda dengan air cucian bening, cuci benda uji (agregat halus) beberapa kali hingga bersih.
 - 3) Timbang benda uji (agregat halus) dengan ketelitian 0,1 gram dan keringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
- e. Pengujian Kadar Air Agregat Halus
- 1) Isi panci dengan pasir atau agregat halus sebanyak 500 gram.
 - 2) Selanjutnya ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram dan dikeringkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap.

- 3) Selanjutnya dicatat hasil penimbangan dan hitung secara teoritis dengan menggunakan rumus.

III.4.2 Agregat Kasar

Metode pengujian agregat kasar berdasarkan SNI yang tersedia adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Daya Serap Air dan Berat Jenis
 - 1) Untuk menghilangkan debu atau material lain yang menempel pada permukaan, cuci benda uji (berat total kasar sekitar 5 kg).
 - 2) Keringkan benda uji (agregat kasar) dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) \text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap jika nilai daya serap dan berat jenis pekerjaan beton tidak memerlukan hal ini.
 - 3) Setelah benda uji (agregat kasar) dibiarkan pada suhu kamar selama satu sampai tiga jam, timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
 - 4) Siram benda uji (berat total kasar) selama (244) jam dalam air hangat.
 - 5) Keluarkan benda uji—agregat kasar—dari air dan keringkan dengan kain hingga lapisan air menghilang. Untuk butiran besar, hal ini harus dilakukan satu per satu.
 - 6) Sebagai benda uji, timbang agregat kasar yang kering di permukaan (Bj).
 - 7) Kocok benda uji (agregat kasar) dalam keranjang untuk melepaskan udara yang terperangkap, hitung beratnya dalam air (Ba), dan sesuaikan perhitungan untuk memperhitungkan suhu standar 25 derajat Celsius dengan mengukur suhu air.
- b. Pengujian dengan Analisis Saringan Agregat Kasar
 - 1) Total halus yang digunakan sebagai contoh uji dikeringkan dalam pemanggang pada suhu $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga beratnya tetap stabil.
 - 2) Setelah contoh uji sebagai total kasar dikeluarkan, didinginkan selama satu hingga tiga jam pada suhu kamar sebelum ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - 3) Tambahkan contoh uji (total kasar) dan segera ayak menggunakan pengocok atau secara fisik. Letakkan saringan secara berurutan dimulai dengan lubang terbesar.

- 4) Setelah mengetahui korelasi contoh uji (total kasar) pada setiap pengayak, hilangkan total halus dan letakkan setiap saringan di atas pelat.
- 5) Berat agregat kasar (spesimen uji) masing-masing saringan diukur dan dicatat. Gunakan sikat untuk lubang kecil dan sikat kawat untuk lubang besar saat membersihkan saringan.

c. Pengujian Volume, Berat, dan Kekasaran Agregat

- 1) Objek uji, agregat kasar, harus dikeringkan dalam oven pada suhu (100-5) °C hingga beratnya tetap konstan.
- 2) Setelah mengeluarkan objek uji (total kasar) dari tungku, keringkan selama satu hingga tiga jam pada suhu ruangan sebelum mengukurnya dengan ketelitian 0,5 gram.
- 3) Silinder ukur harus diposisikan pada permukaan yang rata. Letakkan objek uji (agregat halus) ke setiap sepertiga volume padat, pukul secara merata sebanyak 25 kali, lalu kerjakan volume hingga penuh untuk pengujian berat.
- 4) Untuk pengujian berat volume bebas, total kasar (objek uji) ditempatkan ke dalam bilik hingga penuh, lalu diratakan. Catat berat bilik yang berisi objek uji (total kasar).
- 5) Tentukan volume silinder.

d. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

- 1) Keringkan total kasar (benda uji) dalam pemanggang pada suhu 110 ± 5 °C hingga beratnya tetap, kemudian pada saat itu ukurlah hingga ketelitian 0,1 g. Dari titik itu dan seterusnya ukur dan ambil contoh sekitar 1000 gram.
- 2) Benda uji, total kasar, harus dicuci beberapa kali hingga sempurna dan dipisahkan dengan air cucian yang jernih.
- 3) Keringkan total kasar (benda uji) dalam tungku pada suhu 110 ± 5 °C hingga beratnya tetap, kemudian ukurlah hingga ketelitian 0,1 g.

e. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

- 1) Masukkan 1.000 gram batu atau total kasar ke dalam wajan.
- 2) Setelah itu, timbang hingga kurang lebih 0,1 gram dan keringkan dalam oven pada suhu 110 derajat celsius hingga beratnya tetap.

- 3) Kemudian, pada saat itu, sekitar waktu itu, catat hasil pengukuran dan pastikan semuanya sesuai dengan resep pada tingkat dasar.

III.4.3 Abu Limbah TPA

Abu limbah TPA yang digunakan merupakan hasil pembakaran dari sampah tempat pembuangan akhir (TPA Tamangapa Makassar). Abu limbah TPA yang digunakan akan disaring menggunakan saringan NO. 200, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat jenis abu limbah TPA sebelum ditambahkan ke dalam campuran beton sebagai bahan tambahan. SNI 19-7030-2004 merupakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengatur berat jenis abu sampah TPA. Standar ini menetapkan bahwa abu sampah TPA harus memiliki berat jenis antara 0,7 sampai dengan 1,2 g/cm³.



Gambar III. 1 Abu Limbah TPA Hasil Pembakaran

III.5 Standar Pengujian Beton Segar

Slump adalah perbedaan tinggi antara campuran dalam kerucut terpotong dan campuran setelah cetakan dilepas. Slump campuran beton digunakan sebagai panduan untuk menentukan tingkat elastisitasnya; semakin tinggi slump, semakin mudah untuk dikerjakan (nilai workability tinggi).

Strategi pengujian ini relevan dengan semen plastik yang memiliki ukuran total paling kasar hingga 37,5 mm (1 ½ in.). Pada saat ukuran total kasar lebih besar dari 37,5 mm (1 ½ in.), strategi pengujian relevan saat digunakan dalam divisi yang melewati saringan 37,5 mm (1 ½ in.), dengan total yang lebih besar dihilangkan

sesuai dengan Segmen "Metode Tambahan untuk Semen Total Ukuran Paling Ekstrem" dalam AASHTO T 141. Teknik pengujian ini tidak sesuai untuk semen non-plastik dan beton non-keras.

Jika tidak terjadi disintegrasi atau kerusakan, kemerosotan berarti kelembutan, bukan kekencangan campuran. Kerusakan sering terjadi pada semen tanpa lemak, yang menunjukkan ikatan yang rendah dan kapasitas semen baru yang rendah untuk berubah bentuk secara plastis.

Jika gradasi material dan agregat seragam, uji kemerosotan dapat digunakan untuk memeriksa perubahan jumlah air yang ada. Uji kemerosotan berguna untuk menentukan perbedaan gradasi atau rasio berat yang salah ketika jumlah air konstan.

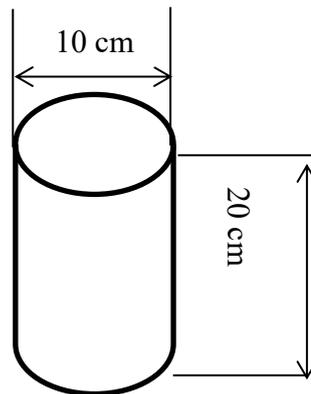
III.6 Pembuatan Benda Uji

Variasi yang direncanakan dalam campuran beton digunakan untuk membuat spesimen uji beton ini. Akan ada 36 contoh uji untuk kekuatan tekan beton, dengan berbagai tiga contoh uji. Ada spesifikasi tambahan yang tercantum dalam tabel III.1.

Tabel III. 1 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Persentase Abu Limbah TPA

No	Variasi (Abu Limbah TPA)	Umur Kuat Tekan Beton			Jumlah Benda Uji
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	
1	0 %	3	3	3	9
2	20 %	3	3	3	9
3	35 %	3	3	3	9
4	50 %	3	3	3	9
Total Jumlah Sampel Benda Uji					36 Buah

Ket. Pembuatan benda uji menggunakan silinder 10 cm x 20 cm



Gambar III. 2 Sketsa Bentuk dan Ukuran Benda Uji

Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan benda uji:

1. Menimbang bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan rancangan campuran yang telah dibuat sebelumnya.
2. Menyiapkan blender beton, kemudian menuang agregat kasar, agregat halus, puing-puing sisa dan beton.
3. Setelah tercampur rata, tambahkan air secukupnya.
4. Tuangkan campuran beton ke dalam cetakan berbentuk tabung, kemudian rataakan bagian luar cetakan.
5. Mengulangi langkah 2 sampai 4 untuk benda uji lainnya dengan jumlah yang telah ditentukan.
6. Dilakukan selama 42 jam.
7. Setelah 24 jam, benda uji dimasukkan ke dalam ruang untuk dilakukan perlakuan (pemanasan) dengan memberikan perlakuan suhu ruang pada benda uji selama 7 hari, 14 hari dan umur 28 hari.
8. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji mencapai umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

III.7 Perawatan Benda Uji (curing)

Setelah benda uji dibuat selama 24 jam, benda uji dibuka dari bekisting dan selanjutnya dilakukan perlakuan substansial (pelepasan). Beton ini diolah dalam bak perendaman yang telah diisi air bersih dari PDAM yang tidak mengandung minyak atau zat lainnya. Proses perlakuan benda uji beton dilakukan dalam bak perendaman yang telah diisi air sesuai dengan spesifikasi ukuran yang telah

ditetapkan dengan ukuran (2 m x 1,5 m x 0,5 m). Lama waktu perlakuan benda uji yang direncanakan adalah 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berdasarkan SNI 03-2493, yaitu cara pembuatan dan perlakuan benda uji benda uji di laboratorium sebelum dilakukan pengujian sifat-sifat benda uji benda uji, benda uji kemudian dikeluarkan dari bak penyiram dan dibiarkan selama kurang lebih 20 jam.

III.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun langkah-langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil benda uji dari bak perendam.
- b. Membersihkan kotoran yang menempel dengan kain basah.
- c. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
- d. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang (capping) dengan cara sebagai berikut; (1) melelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh yang dinding dalamnya telah dilapisi tipis dengan gemuk, (2) meletakkan benda uji tegak lurus pada cetakan, (3) angkat benda uji dari cetakan lalu angin-anginkan.
- e. Benda uji siap diperiksa.



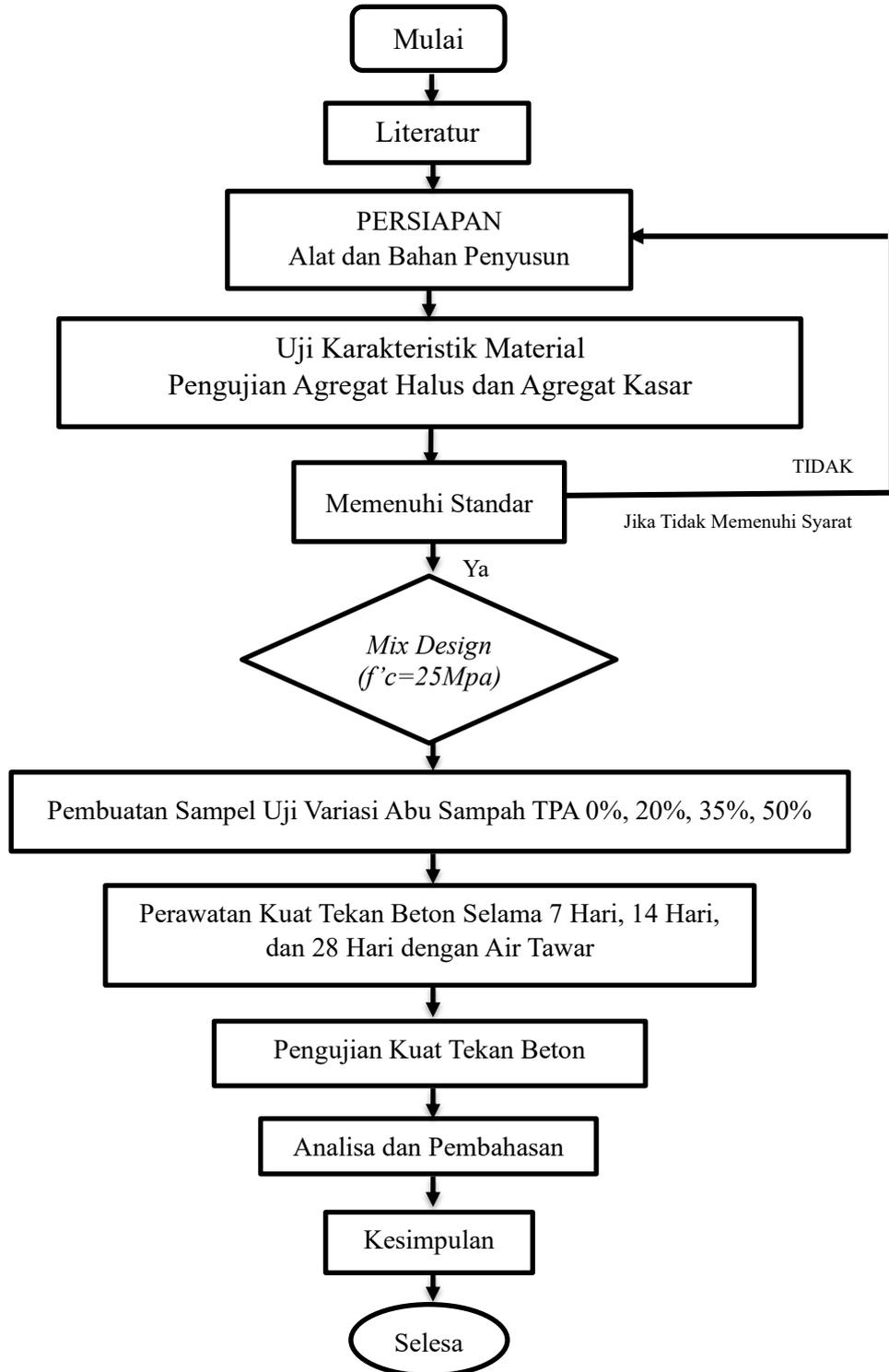
Gambar III. 3 Pengujian Kuat Tekan

III.9 Analisa Data

Tabel dan gambar yang berisi hasil uji sifat mekanik disajikan untuk analisis Microsoft Excel menggunakan spesifikasi SNI (Standar Nasional Indonesia), khususnya untuk spesifikasi agregat. Limbah TPA digunakan sebagai pengganti beton dalam kajian ini untuk menentukan kualitas bahan tambahan dalam campuran

substansial. Data yang diperoleh kemudian dibedah untuk menarik kesimpulan, khususnya mengenai produksi varietas ideal dari limbah TPA sebagai pengganti beton. Tabel dan gambar yang berisi hasil uji sifat mekanik disajikan untuk analisis Microsoft Excel menggunakan spesifikasi SNI (Standar Nasional Indonesia), khususnya untuk spesifikasi agregat. Limbah TPA digunakan sebagai pengganti beton dalam kajian ini untuk menentukan kualitas bahan tambahan dalam campuran substansial. Data yang diperoleh kemudian dibedah untuk menarik kesimpulan, khususnya mengenai produksi varietas ideal dari limbah TPA sebagai pengganti beton.

III.10 Bagan Alur Penelitian



Gambar III. 4 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material

Di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, dilakukan pengujian karakteristik material, termasuk agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Pengujian ini didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan bertujuan untuk menentukan apakah jenis agregat yang digunakan memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam standar yang berlaku di Indonesia.

IV.1.1 Karakteristik Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan agregat alam. Pengujian dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Agregat Halus	Nilai Standar SNI	Keterangan
1	Kadar Lumpur	1,93 %	0,2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar Air	4,60 %	3% - 5%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Gempur	1,81	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,66	1,4 - 1,9 kg/liter	Memenuhi
4	Absorpsi	1,63 %	0,2 - 2%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj. Nyata	2,86	1,60 - 3,30	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	2,73	1,60 - 3,31	Memenuhi
	c. Bj.Kering Permukaan	2,78	1,60 - 3,32	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	3,02 %	2,3 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	No.2	<No.3	Memenuhi
8	Analisa Saringan	Lampiran 1 Hal.58		Tidak Memenuhi

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir), seluruh parameter telah memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton,

sebagaimana ditunjukkan dalam tabel di atas. Namun, pada analisis saringan untuk agregat halus dalam batas zona 3, terdapat satu saringan yang tidak memenuhi syarat, yaitu saringan No. 30.

IV.1.2 Karakteristik Agregat Kasar

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, yang dikenal juga sebagai kerikil, berasal dari alam. Pengujian dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Hasil pengujian disajikan pada Tabel IV.2.

Tabel IV. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Agregat Kasar	Nilai Standar SNI	Keterangan
1	Kadar Lumpur	0,17 %	Maks 1%	Memenuhi
2	Kadar Air	1,47 %	0,5% - 2%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Gempur	1,49	1,6 - 1,9 kg/liter	Tidak Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,39	1,6 - 1,9 kg/liter	Tidak Memenuhi
4	Absorpsi	2,31 %	Maks 4%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	c. Bj. Nyata	2,73	1,60 - 3,33	Memenuhi
	d. Bj. Dasar Kering	2,57	1,60 - 3,33	Memenuhi
	e. Bj. Kering Permukaan	2,63	1,60 - 3,33	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,99 %	6 - 7,1	Memenuhi
7	Keausan	39,00%	Maks 50%	Memenuhi
8	Analisa Saringan	Lampiran 7 Hal. 65		Tidak Memenuhi

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil pengujian, sebagian besar parameter agregat kasar telah memenuhi standar SNI yang berlaku. Namun, parameter berat volume dalam kondisi gembur dan padat tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Pada hasil analisis saringan, terdapat beberapa ukuran yang tidak memenuhi kriteria, yaitu saringan nomor 3/4 dan nomor 4. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum, material

agregat kasar tersebut berkualitas baik, namun diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap parameter berat volume untuk memastikan kesesuaiannya dalam aplikasi konstruksi

IV.2 Gradasi Gabungan Agregat

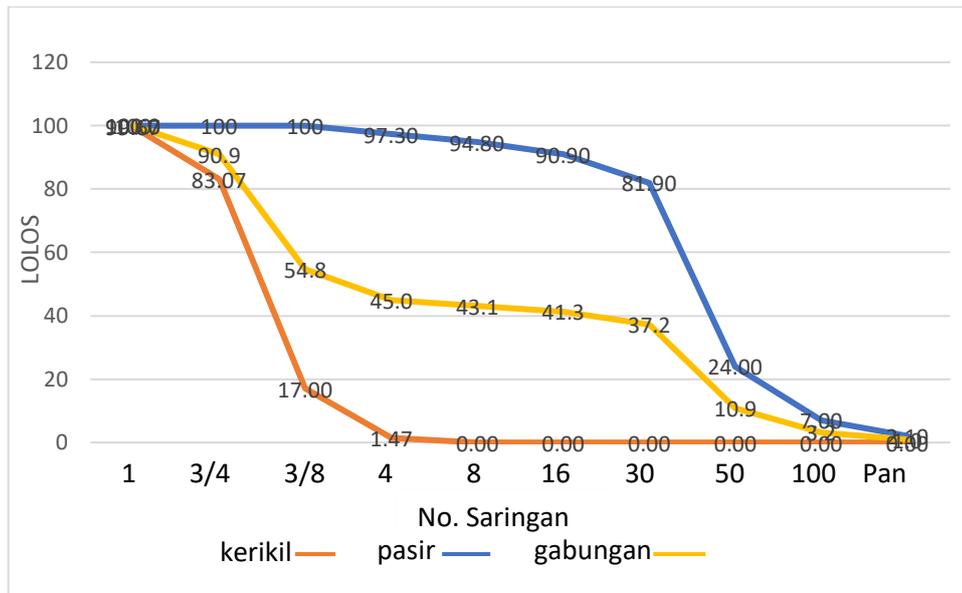
Pada penelitian ini hasil pengujian karakteristik agregat halus dan kasar sesuai dengan standar SNI yang berlaku untuk gradasi agregat.

Tabel IV. 3 Gradasi Gabungan Agregat

Nomor Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		Pasir X 45%	Kerikil X 55%	Agregat Gabungan
	Pasir	Kerikil			
1	100	99.87	45.5	54.7	100.1
0.75	100	89.40	45.5	48.9	94.4
0.375	100	46.07	45.5	25.2	70.7
4	97.30	6.67	44.2	3.6	47.9
8	94.80	0.00	43.1	0.0	43.1
16	90,90	0.00	41.3	0.0	41.3
30	81,90	0.00	37.2	0.0	37.2
50	24,00	0.00	10.9	0.0	10.9
100	7,00	0.00	3.2	0.0	3.2
pan	2,10	0.00	1.0	0.0	1.0
Jumlah	698,00	242.00	317.27	132.44	449.71

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Pada setiap ukuran saringan, dicatat persentase material (baik pasir maupun kerikil) yang lolos melewati saringan tersebut. Data ini kemudian digunakan untuk menghitung persentase agregat gabungan, yang merupakan kombinasi dari pasir dan kerikil berdasarkan proporsi campuran 45% pasir dan 55% kerikil. Misalnya, pada saringan 1 mm, 100% pasir lolos, sedangkan 99.87% kerikil lolos, menghasilkan persentase gabungan sebesar 100.1%.



Gambar IV. 1 Gradasi Gabungan Agregat

IV.3 Rancangan Campuran Mix Design (Mix Design Concrete)

Perencanaan campuran beton didasarkan pada hasil uji yang diperoleh dari bahan-bahan yang digunakan dalam campuran. Hasil uji yang dilakukan pada bahan-bahan campuran substansial, misalnya, total halus, total kasar, beton, air dan puing-puing limbah TPA menunjukkan bahwa bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan prinsip-prinsip yang ditetapkan. Perencanaan campuran beton dilakukan sesuai dengan prosedur dan ketentuan SNI. Perhitungan rencana campuran yang diarahkan dengan kualitas $f_c'25$ Mpa harus terlihat dalam tabel terlampir.

Tabel IV. 4 Mix Design Campuran Beton Normal (m^3)

No	Bahan	Kebutuhan	Satuan
1	Semen Portland	2,83	Kg/m^3
2	Pasir	3,37	Kg/m^3
3	Kerikil	6,26	Kg/m^3
4	Air	1,27	Kg/m^3

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Perhitungan komposisi material untuk 3 benda uji beton silinder dengan ukuran dimensi (10 cm x 20 cm) dapat dilihat sebagai berikut:

Beton normal untuk 3 buah silinder dengan volume	=	0,0057 m ³
Semen Portland	= 500 x V. 3 Silinder	= 2,83 Kg
Pasir	= 596,750 x V. 3 Silinder	= 3,37 Kg
Kerikil	= 1,108,250 x V. 3 Silinder	= 6,26 Kg
Air	= 225 x V. 3 Silinder	= 1,27 Kg

Setelah mendapatkan jumlah campuran bahan yang cukup pada setiap jenis bahan, bahan tersebut dapat dibentuk. Dengan menggunakan timbangan digital, bahan campuran tersebut ditimbang terlebih dahulu di laboratorium. Setiap jenis bahan atau campuran yang digunakan dipisahkan dan dikelompokkan berdasarkan berat dan jenis jenis bahan yang akan dibentuk. Saat bahan campuran dicetak menjadi sampel beton berbentuk silinder, bahan tersebut disimpan di tempat yang aman untuk menjaga kualitasnya.

IV.4 Pengujian Slump Test

Uji slump merupakan salah satu metode empiris untuk mengetahui kekentalan dan kekakuan campuran beton segar, serta dapat atau tidaknya beton tersebut dikerjakan. Kekakuan suatu campuran beton menunjukkan seberapa banyak air yang digunakan. Oleh karena itu, slump menunjukkan apakah campuran beton tersebut kekurangan, terlalu banyak mengandung, atau cukup air. Jumlah air dalam campuran beton sangat penting karena menentukan dapat atau tidaknya beton tersebut dikerjakan. Campuran beton yang terlalu encer akan menghasilkan beton dengan kualitas yang buruk dan akan membutuhkan waktu lama untuk mengering, sedangkan campuran beton yang terlalu kering akan menjadi tidak rata dan sulit dibentuk.

Kerucut Abrams dengan tinggi 30 sentimeter, lebar alas 20 sentimeter, dan lebar atas 10 sentimeter, serta penopang kejut 16 milimeter dan panjang 60 sentimeter, digunakan untuk uji kemerosotan ini.

Uji kemerosotan digunakan dalam penelitian ini satu kali untuk setiap variasi.

Tabel IV. 5 Nilai Slump Abu Limbah TPA

No	Variasi Abu Limbah TPA	Tinggi Cetakan (Cm)	Nilai Slump (Cm)
1	Beton Normal	30	10
2	Beton Abu TPA 20%	30	10
3	Beton Abu TPA 35%	30	10
4	Beton Abu TPA 50%	30	10

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

- BN : Beton Normal
- BATPA 20% : Beton dengan persentase abu limbah TPA 20%
- BATPA 35% : Beton dengan persentase abu limbah TPA 35%
- BATPA 50% : Beton dengan persentase abu limbah TPA 50%



Gambar IV. 2 Pengujian Slump Test

IV.5 Uji Kuat Tekan Beton

Besarnya beban satuan luas yang menghancurkan benda uji yang kuat ketika ditumpuk dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin pres adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton merupakan sifat mutu yang paling krusial dibandingkan dengan sifat-sifat lainnya. Pada umur 7, 14, dan 28 hari, digunakan benda uji berbentuk silinder berukuran 10 cm x 20 cm untuk menguji kuat tekan beton.

IV.5.1 Uji Kuat Tekan Setiap Umur

a. Hasil Uji Kuat Beton Umur 7 Hari

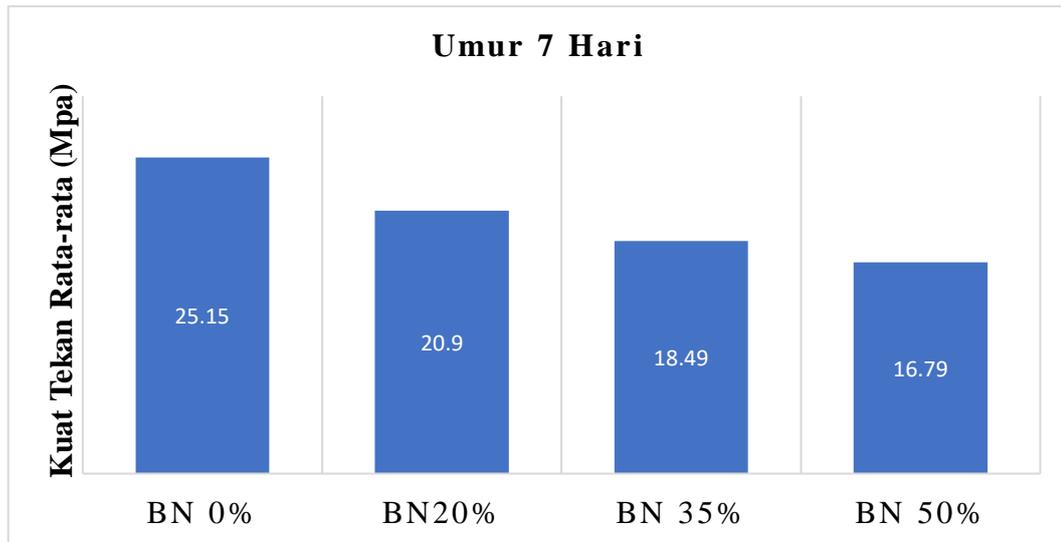
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian Beton Umur 7 Hari

Hasil Pengujian Beton Umur 7 Hari							
Variasi Campuran	No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	L.Bidang (mm ²)	B.Maks (Kn)	K.Tekan (MPa)	K. Tekan 28 hari
BN	1	100	200	7850	129000	16.43	25.28
	2	100	200	7850	130000	16.56	25.48
	3	100	200	7850	127000	16.05	24.69
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							25.15
BN 20 %	1	100	200	7850	110000	13.38	20.58
	2	100	200	7850	115000	13.38	20.58
	3	100	200	7850	112000	14.01	21.56
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							20.90
BN 35 %	1	100	200	7850	98000	12.48	19.21
	2	100	200	7850	90000	11.46	17.64
	3	100	200	7850	95000	12.10	18.62
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							18.49
BN 50 %	1	100	200	7850	88000	11.21	17.25
	2	100	200	7850	88000	11.21	17.25
	3	100	200	7850	84000	10.70	16.46
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							16.99

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel IV.7 menyajikan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari untuk setiap sampel uji berdasarkan variasi komposisi. Pada variasi 0%, kuat tekan sampel 1, 2, dan 3 masing-masing adalah 25,28 MPa, 25,48 MPa, dan 24,56 MPa, dengan nilai rata-rata 25,15 MPa. Pada variasi 20%, kuat tekan sampel 1, 2, dan 3 tercatat sebesar 20,58 MPa, 20,58 MPa, dan 21,56 MPa, dengan nilai rata-rata 20,90 MPa. Untuk variasi 35%, kuat tekan sampel yang tercatat sebesar 18,49 MPa, dengan nilai rata-rata 16,79 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan sampah TPA dalam campuran, semakin rendah kuat tekan beton

yang dihasilkan setiap variasi.



Gambar IV. 3 Kuat Tekan Rata-rata Umur 7 Hari

Grafik di atas menunjukkan pengaruh penggunaan abu limbah TPA pada berbagai variasi campuran terhadap kekuatan beton pada umur 7 hari. Kekuatan beton cenderung menurun seiring dengan meningkatnya persentase abu limbah TPA. Hasil konversi kekuatan beton dari umur 7 hari ke umur 28 hari menunjukkan bahwa beton normal memiliki kekuatan sebesar 25,15 MPa. Pada variasi campuran abu limbah TPA sebesar 20%, kekuatan beton mencapai 20,90 MPa, sedangkan pada variasi 35%, kekuatan menurun menjadi 18,49 MPa, dan pada variasi 50%, kekuatannya turun lebih lanjut menjadi 16,79 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, kadar optimal abu limbah TPA terdapat pada variasi 20% dengan kekuatan sebesar 20,90 MPa, sementara penurunan kekuatan yang lebih signifikan terjadi pada variasi 35% dan 50%.

b. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

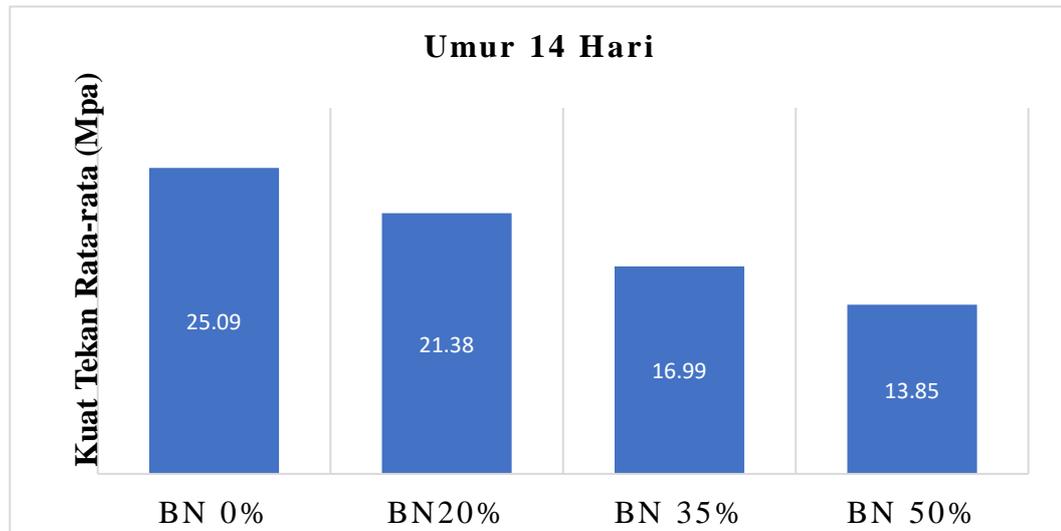
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Beton Umur 14 Hari

Hasil Pengujian Beton Umur 14 Hari							
Variasi Campuran	No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	L.Bidang (mm ²)	B.Maks (Kn)	K.Tekan (MPa)	K. Tekan 28 hari
BN	1	100	200	7850	175000	22.29	25.33
	2	100	200	7850	170000	21.66	24.61
	3	100	200	7850	175000	22.29	25.33
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							25.09
BN 20 %	1	100	200	7850	145000	18.47	20.99
	2	100	200	7850	150000	19.11	21.71
	3	100	200	7850	148000	18.85	21.42
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							21.38
BN 35 %	1	100	200	7850	120000	15.29	17.37
	2	100	200	7850	115000	14.65	16.65
	3	100	200	7850	117000	14.90	16.94
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							16.99
BN 50 %	1	100	200	7850	95000	12.10	13.75
	2	100	200	7850	95000	12.10	13.75
	3	100	200	7850	97000	12.36	14.04
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							13.85

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel IV.8 menyajikan hasil uji kuat tekan beton pada setiap variasi sampel setelah 14 hari. Pada variasi 0%, kuat tekan beton masing-masing sebesar 25,33 MPa, 24,61 MPa, dan 25,33 MPa, dengan rata-rata 25,09 MPa. Untuk variasi 20%, kuat tekan tercatat sebesar 20,99 MPa, 21,71 MPa, dan 21,42 MPa, dengan rata-rata 21,38 MPa. Sementara itu, pada variasi 35%, kuat tekan beton yang dihasilkan adalah 17,37 MPa, 16,65 MPa, dan 16,94 MPa, dengan rata-rata 16,98 MPa. Pada variasi 50%, kuat tekan beton sebesar 13,75 MPa, 13,75 MPa, dan 14,04 MPa,

dengan rata-rata 13,85 MPa. Hasil uji menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton seiring dengan peningkatan persentase abu sampah yang digunakan.



Gambar IV. 4 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Umur 14 Hari

Dari grafik, terlihat bahwa penggunaan abu limbah TPA dalam berbagai proporsi campuran berdampak pada kekuatan beton pada umur 14 hari, di mana kekuatannya cenderung berkurang seiring peningkatan jumlah abu limbah. Setelah dilakukan konversi ke kekuatan beton pada umur 28 hari, beton tanpa abu limbah mencapai kekuatan 25,09 MPa. Beton dengan campuran 20% abu limbah TPA memiliki kekuatan sebesar 21,38 MPa, sementara campuran dengan 35% menurun menjadi 16,99 MPa, dan pada campuran 50%, kekuatan beton turun hingga 13,85 MPa. Berdasarkan hasil ini, penggunaan abu limbah TPA sebesar 20% memberikan hasil yang optimal dengan kekuatan 21,38 MPa, sedangkan penurunan yang signifikan terlihat pada campuran dengan abu limbah 35% dan 50%.

c. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

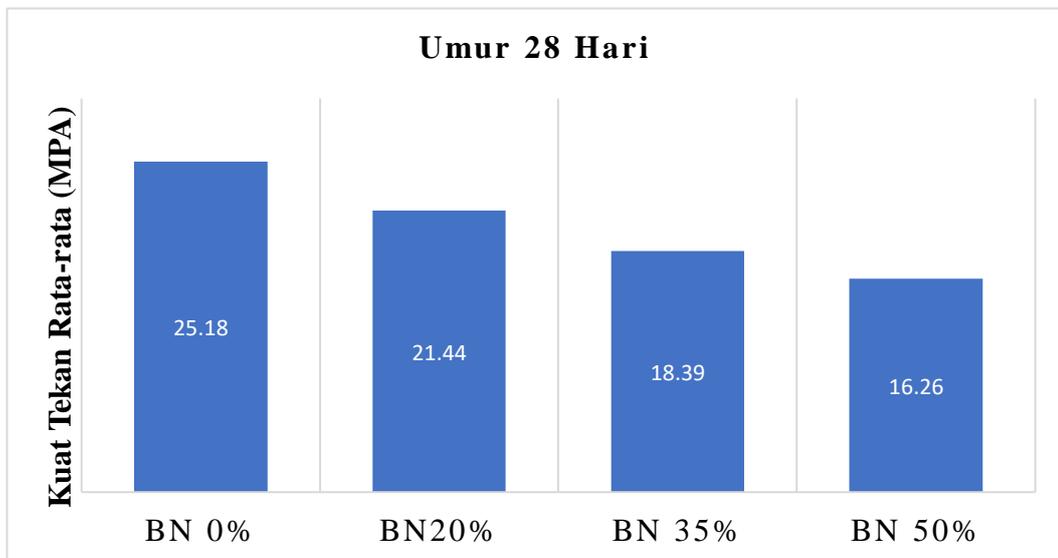
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Beton Umur 28 Hari

Hasil Pengujian Beton Umur 28 Hari							
Variasi Campuran	No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	L.Bidang (mm ²)	B.Maks (Kn)	K.Tekan (MPa)	K. Tekan 28 hari
BN	1	100	200	7850	200000	25.48	25.48
	2	100	200	7850	195000	24.84	24.84
	3	100	200	7850	198000	25.22	25.22
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							25.18
BN 20 %	1	100	200	7850	170000	21.66	21.66
	2	100	200	7850	170000	21.66	21.66
	3	100	200	7850	165000	21.02	21.02
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							21.44
BN 35 %	1	100	200	7850	140000	17.83	17.83
	2	100	200	7850	148000	18.85	18.85
	3	100	200	7850	145000	18.47	18.47
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							18.39
BN 50 %	1	100	200	7850	125000	15.92	15.92
	2	100	200	7850	130000	16.56	16.56
	3	100	200	7850	128000	16.31	16.31
Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)							16.26

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel IV.9, hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan abu limbah TPA, semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan. Pada variasi 0%, kuat tekan untuk sampel 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah 25,48 MPa, 24,84 MPa, dan 25,22 MPa, dengan rata-rata 25,18 MPa. Untuk variasi 20%, kuat tekan untuk sampel 1 dan 2 adalah 21,66 MPa dan 21,02 MPa, dengan rata-rata 21,44 MPa. Sementara itu, pada variasi 35%, kuat tekan untuk sampel 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah 17,83 MPa, 18,85 MPa, dan 18,47 MPa, dengan rata-rata 18,39 MPa. Pada variasi 50%, kekuatan tekan rata-rata

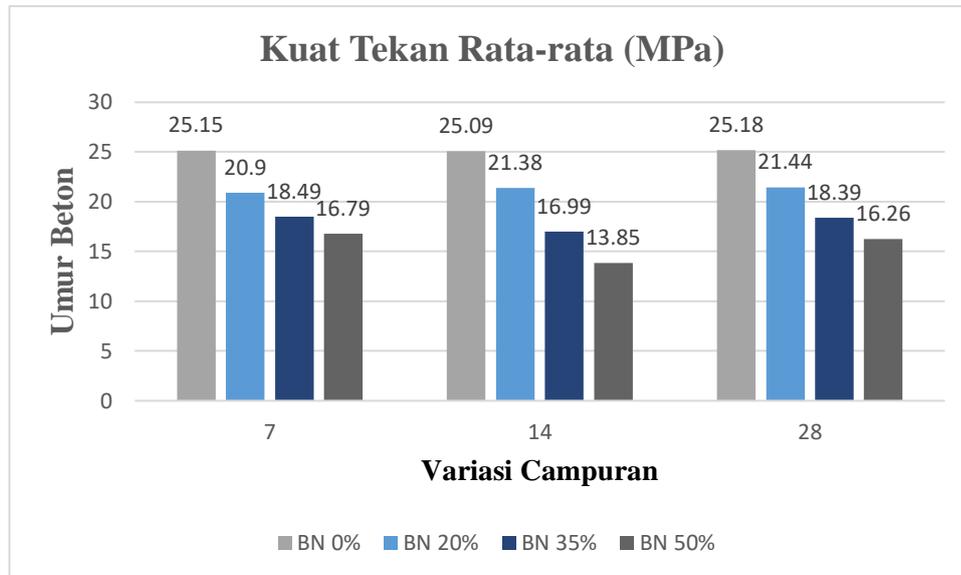
adalah 16,26 MPa, dengan nilai untuk sampel 1, 2, dan 3 masing-masing 15,92 MPa, 16,56 MPa, dan 16,31 MPa.



Gambar IV. 5 Kuat Tekan Rata-rata Umur 28 hari

Grafik di atas menggambarkan efek penggunaan abu limbah TPA pada berbagai proporsi campuran terhadap kekuatan beton pada usia 28 hari. Secara umum, kekuatan beton cenderung menurun seiring dengan peningkatan persentase abu limbah TPA. Setelah konversi kekuatan beton dari usia 28 hari ke 28 hari, didapatkan bahwa beton normal memiliki kekuatan sebesar 25,18 MPa. Campuran dengan abu limbah TPA sebesar 20% menghasilkan kekuatan 21,44 MPa; campuran 35% menghasilkan kekuatan 18,39 MPa; dan campuran 50% menurun kekuatannya menjadi 16,26 MPa. Dari hasil pengujian, kadar abu limbah TPA yang paling optimal ditemukan pada variasi 20% dengan kekuatan beton sebesar 21,44 MPa, sedangkan penurunan kekuatan yang lebih signifikan terjadi pada campuran dengan kadar 35% dan 50%.

VI.5.2 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan



Gambar IV. 6 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Umur Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada setiap umur, seperti yang ditunjukkan pada grafik, persentase yang memiliki kadar abu limbah optimum terjadi pada setiap umur beton dengan variasi 20%. Kekuatan tekan beton tercatat sebesar 20,90 MPa pada umur 7 hari, 21,38 MPa pada umur 14 hari, dan 21,44 MPa pada umur 28 hari.



Gambar IV. 7 Uji Kuat Tekan Beton



Gambar IV. 8 Polak Retak

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan kadar abu lebih tinggi dari 20% cenderung menurunkan kuat tekan beton, karena peningkatan jumlah bahan pozzolanik yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktur beton.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada setiap umur, kadar optimum penggunaan abu limbah TPA sebagai pengganti semen adalah 20%. Pada kadar ini, beton menunjukkan peningkatan kekuatan tekan yang signifikan dibandingkan dengan kadar abu limbah yang lebih tinggi. Penggantian sebesar 20% memberikan hasil optimal dalam hal kekuatan tekan beton, yaitu 20,90 MPa pada umur 7 hari, 21,38 MPa pada umur 14 hari, dan 21,44 MPa pada umur 28 hari.

V.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya mengenai uji kuat tekan beton normal terhadap penambahan abu limbah TPA adalah :

1. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk meninjau pengaruh abu limbah TPA pada sifat beton lainnya, seperti daya tahan terhadap pengaruh lingkungan. Selain itu, analisis biaya juga perlu dilakukan untuk mengukur efisiensi ekonomis dari penggunaan abu limbah TPA ini. Penelitian ini juga bisa diperluas untuk mengeksplorasi kombinasi abu limbah TPA dengan bahan pozzolanik lainnya untuk meningkatkan performa beton.
2. Penelitian di masa depan dapat mencakup pengujian dalam kondisi lingkungan yang berbeda untuk menilai ketahanan beton dengan abu limbah dalam jangka panjang.
3. Meningkatkan kesadaran tentang manfaat penggunaan material daur ulang dalam konstruksi melalui pelatihan dan seminar, guna mendukung pengembangan konstruksi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2002) : Beton Normal dan Curing Beton, SNI 03-2847-2002, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2000) : Agregat Kasar, SNI 03-2834-2000, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2004) : Agregat Halus, SNI 03-2834-2004, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2008) : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, SNI 1970 : 2005, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2004) : *Semen Portland*, SNI 15-0302-2004, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2004). *Semen Portland Komposit*, SNI 15-7064-2004, ICS 91. 10. 10, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (1996) : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar, SNI 03-4142-1996, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (1990) : Cara Uji Kuat Tekan, SNI 1974 : 1990, Jakarta.
- Desi, P. (2018). Penggunaan Abu Pembakaran Sampah Sebagai Substitusi Pasir Pada Batako. Konferensi Nasional Teknik Sipil 12.
- Enda, D. E. (2018). “Pengaruh Penggunaan Abu Sisa Pembakaran Sampah Organik sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 8(2), 144-148.
- Indonesia, P. R. (2008). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
- Ihat Solihat, Muhlisin. “Analisis Kuat Tekan, Densitas dan Penyerapan Air Pada Beton Abu Sampah”. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Indonesia, P. B. B. (1972). 1 971. *SNI-2 Direktorat penyelidikan masalah*.
- Lasino, L., Rachman, D., & Sugiharto, B. (2012). “Kajian Penggunaan Semen Portland Komposit Untuk Beton”. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 2(2), 41-50.
- Mulyono, T. (2005). *Ir, Teknologi Beton*. Yogyakarta.
- Mustika, W. 2016. Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat Dalam Campuran Beton. *Jurnal Spektran*. 36-45.

- Nanda, R., Anggraini, R., & Siswati, N. D. (2012). Pembuatan Ekosemen Dari Sampah Organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(2), 228-232.
- Nugraha, P., & Antoni, C. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Putri, Desi, Rr Mekar Ageng Kinasti, and Endah Lestari. "Pemanfaatan Limbah Abu Sisa Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Material Pengganti Pasir Pada Bata Beton Pejal." *Konstruksia* 10.1 (2019): 39-50.
- Putri, D., & Kinasti, M. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Pembakaran Sampah Non Organik Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Pembuatan Paving Block. *Prosiding Semnastek*.
- Prasetyadi, W. P. (2018). *Pengaruh Penambahan Pozzolan Pada Ordinary Portland Cement Terhadap Kualitas Pozzolan Portland Cement* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Purwokerto).
- Siregar, S. M. (2018, August). "Pengujian Mekanik Ekosemen Dari Abu Sampah Dalam Bentuk Panel Beton". *In Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian* (Vol. 1, No. 1, pp. 399-404).
- Satyani, N. A. A. (2010). "Karakteristik Limbah Padat Berdasarkan Sifat Fisik (Berat Jenis Dan Kadar Air) Serta Kimia (Kadar Volatil, Kadar Abu, Karbon, Nitrogen, Sulfur, Fosfor, Dan Kalium) Di Tempat Pembuangan Akhir Cipayung Depok"
- Syarif, M. (2018). *Analisis Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Sifat Fisis Semen Organik Terbuat Dari Bahan Limbah Daur Ulang*. *Jurnal Linears*, 1(2), 85-90.
- Supriadi, D. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Pada Beton Dalam Mengantisipasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat. *Tugas Akhir. Pekanbaru: Fakultas Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau Pekanbaru*.
- T. Shimoda, S. Yokoyama, 1999, Ecocemen-semen portland baru untuk masalah limbah kota dan industri, Proc. Kongres Internasional Tentang Menciptakan Dengan Beton, 1999.
- Waani, J. E., Elisabeth, L., Teknik, F., & Sam, U. (2017). "Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen Pada Kinerja Campuran Semen". *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 237-245.

LAMPIRAN



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran A : Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Lampiran 1 : Analisa Saringan Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAHAN	PERSEN TERTAHAHAN	Σ PERSEN TERTAHAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
No.4	27	2,70	2,70	97,30
No. 8	25	2,50	5,20	94,80
No.16	39	3,90	9,10	90,90
No. 30	90	9,00	18,10	81,90
No. 50	579	57,90	76,00	24,00
No.100	170	17,00	93,00	7,00
No.200	49	4,90	97,90	2,10
pan	21	2,10	100,00	0
Jumlah	1000	100,30	302,90	

$$\text{Modoulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{302,00}{100} = 3,02$$

Mengetahui, 22 Juni 2024

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil


Universitas Fajar
UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM ST., MIT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 2 : Zona Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Nomor Saringan	Hasil Penelitian	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
		Batas Bawah	Batas Atas						
1									
3/4									
3/8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	97.30	90	100	90	100	90	100	95	100
8	94.80	60	95	75	100	85	100	95	100
16	90.90	30	70	55	90	75	100	90	100
30	81.90	15	34	35	59	60	79	80	100
50	24.00	5	20	8	30	12	40	15	50
100	7.00	0	10	0	10	0	10	0	15
Pan	2.10								
Jumlah									

Keterangan :

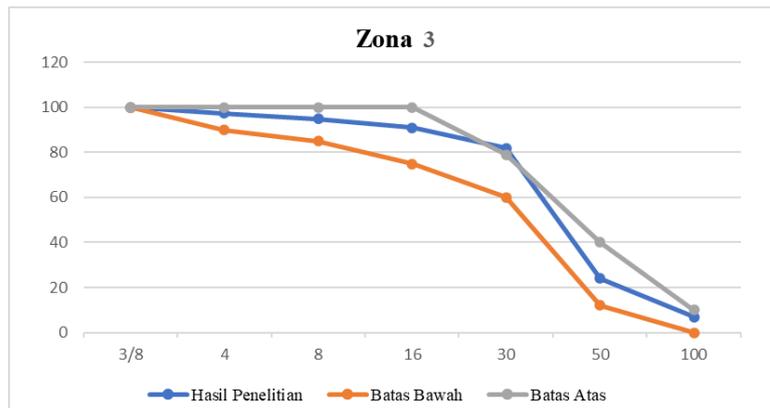
Zona 1 = Pasir Kasar

Zona 3 = Pasir Agak Halus

Zona 2 = Pasir Agak Kasar

Zona 4 = Pasir Halus

Dari percobaan agregat halus berada pada zona 3 dari tabel dan grafik tersebut



Mengetahui, 22 Juni 2024

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

UNIFA
 KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 3 : Berat Volume Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume	(Liter)	1,29	1,1
B	Berat Bohler Kosong	(gram)	3550	3552
C	Berat Bohler + Benda Uji	(gram)	5685	5547
D	Berat Benda Uji	(gram)	2135	1995
Berat Volume = $\frac{D}{A}$		Kg/liter	1,66	1,81

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR**

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 4 : Kadar Lumpur Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Keterangan	Hasil	Satuan
A	Volume Lumpur	5	ml
B	Volume Total (Lumpur + Pasir)	259	ml
Kadar Lumpur = $\frac{A}{B} \times 100 \%$		1,93	%

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 5 : Berat Jenis Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Uraian	Berat (gram)
A	Berat Picnometer	165
B	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	250
C	Berat Pikno + air + Contoh SSD	800
D	Berat Talam	91
E	Berat picno + air	640
F	Berat setelah dioven + Talam	335
G	Berat Benda Uji Kering Oven(F-D)	244
Apparent SG	$= \frac{A}{G + E + C} = \frac{244}{84}$	2,90
On dry basic	$= \frac{A}{G + E + C} = \frac{244}{90}$	2,71
SSD basic	$= \frac{A}{G + E + C} = \frac{250}{90}$	2,78
Absorption	$= \frac{B - G}{G} \times 100 \% = \frac{6}{244} \times 100 \%$	2,46 %

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 6 : Kadar Air Agregat Halus

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Uraian	Berat (gram)
A	Berat Talam	80
B	Berat Talam + Benda Uji	1080
C	Berat Benda Uji = B-A	1000
D	Berat Benda Uji Kering	956
Kadar Air	$= \frac{C - D}{G} \times 100 \%$	4,60%

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran B : Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Lampiran 7 : Analisa Saringan Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	2	0.13	0.133	99.87
3/4	157	10.47	10.600	89.40
3/8	650	43.33	53.933	46.07
4	591	39.40	93.333	6.67
8	100	6.67	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	1500	75.00	658.000	

$$\text{Modoulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{658,800}{100} = 6,58$$

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil


UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



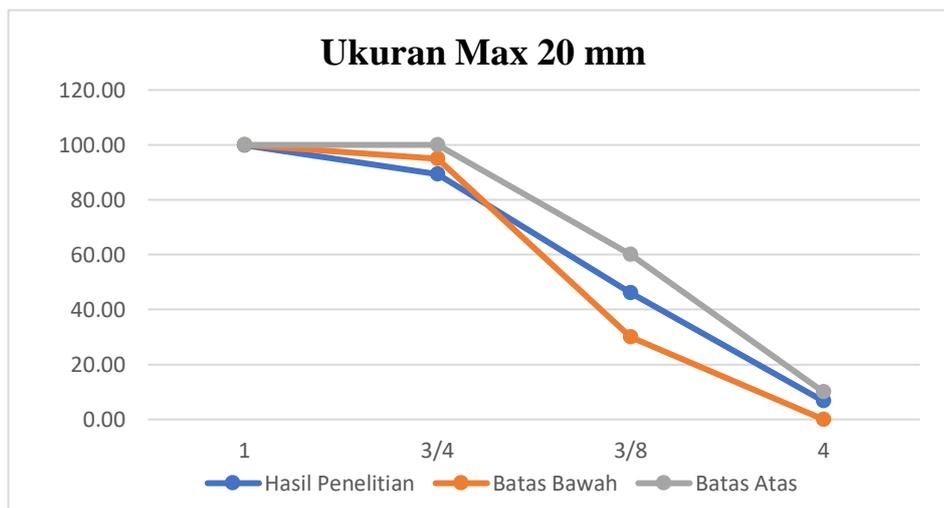
LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 8 : Zona Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Nomor Saringan	Hasil Penelitian	Ukuran Max 10 mm		Ukuran Max 20 mm		Ukuran Max 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
1	99.87	100	100	100	100	100	100
3/4	89.40	100	100	95	100	35	70
3/8	46.07	50	85	30	60	10	40
4	6.67	0	10	0	10	0	5
8							
16							
30							
50							
100							
Pan							
Jumlah							



Mengetahui, 22 Juni 2024
 Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

UNIFA
 KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 9 : Berat Volume Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume	(Liter)	1,29	1,27
B	Berat Bohler Kosong	(gram)	3550	3550
C	Berat Bohler + Benda Uji	(gram)	5348	5438
D	Berat Benda Uji	(gram)	1798	1888
Berat Volume = $\frac{D}{A}$		Kg/liter	1,39	1,49

Dari pengujian berat volume dimana pada dan gempur didapatkan hasil yang tidak memenuhi sesuai SNI yang berlaku.

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR**

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 10 : Kadar Lumpur Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Keterangan	Berat
A	Berat Kering Sebelum di Cuci	2500 gram
B	Berat Kering Setelah di Cuci	2457 gram
Kadar Lumpur = $\frac{A - B}{A} \times 100 \%$		0,17 %

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 11 : Abrasi Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Ukuran Saringan		A	B
Lolos	Tertahan	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)
3/4	1/2	2500	
1/2	3/8	2500	
Total		5000	3050
Jumlah Bola Baja		12 Buah	
Jumlah Putaran		500 Putaran	

$$\begin{aligned}\text{Keausan} &= \frac{A}{B} \times 100 \% \\ &= \frac{5000 - 3050}{5000} \times 100 \% \\ &= 39 \%\end{aligned}$$

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 12 : Berat Jenis Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Uraian	Berat (gram)
A	Berat Keranjang Kosong di Udara	540
B	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	3200
C	Berat Keranjang + benda uji di air	2100
D	Berat Keranjang Kosong Dalam Air	452
E	Berat Benda Uji Kering	2600
Apparent SG	$= \frac{E}{E - (C - D)} = \frac{2600}{952}$	2,73
On dry basic	$= \frac{E}{(B - A) - (C - D)} = \frac{2600}{1012}$	2,57
SSD basic	$= \frac{E - A}{(B - E) - (C - D)} = \frac{2660}{1012}$	2,63
Absorption	$= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100 \% = \frac{60}{2600} \times 100 \%$	2,31 %

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil


UNIVERSITAS FAJAR
UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 13 : Kadar Air Agregat Kasar

Nama Mahasiswa : Umman Pairingan

Kode	Uraian	Berat (gram)
A	Berat Talam	120
B	Berat Talam + Benda Uji	2120
C	Berat Benda Uji = B-A	2000
D	Berat Benda Uji Kering	1971
Kadar Air	$= \frac{C - D}{D} \times 100 \%$	1,47

Mengetahui, 22 Juni 2024
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar



UNIFA
KOORDINATOR LABORATORIUM TEKNIK SIPIL, MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Lampiran C : Pengujian Mix Design

Lampiran 14 : Perencanaan Mix design Beton

1. Data Perencanaan Beton

- a. Mutu beton rencana : 25 MPa
- b. Nilai slump rencana : 7 – 13
- c. Kategori struktur : Silinder
- d. Ukuran agregat maksimal : 20 mm
- e. Jumlah benda uji : 36 Buah
- f. Standar deviasi : 7 MPa

2. Data-data Agregat Halus

- a. Kadar air : 4,60
- b. Berat volume : 1,81
- c. SG SSD Basic : 2,78
- d. Absorption : 2,46 %
- e. Kadar lumpur : 1,93 %
- f. Kadar organik : 2

3. Data-data Agregat Kasar

- a. Kadar air : 1,47
- b. Berat volume : 1,49
- c. SG SSD Basic : 2,63
- d. Absorption : 2,31 %
- e. Kadar Lumpur : 1,72 %
- f. Abration : 31%

4. Data Air dan Semen

- a. Berat volume air : 1000 Kg/ltr
- b. Berat volume semen : 1200 Kg/ltr
- c. Tipe semen : PCC (Tipe 1)



Lampiran 15 : Perhitungan *Mix Design* Beton

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari : 25 MPa
2. Deviasi standar S : 7 MPa (karena tidak mempunyai data pengalaman sebelumnya)
3. Nilai tambah : 12 MPa (karena tidak mempunyai data)
4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan, f'_{cr} : no. 1 + 3 = 37 MPa
5. Jenis semen : PCC (tipe 1)
6. Jenis kerikil : batu pecah (krikil)
7. Faktor air semen (lihat lampiran) : 0,45
8. Faktor air semen maksimum (lihat lampiran 16) : 0.60 (beton berlindung dari hujan dan terik matahari)



dipakai F. A.S yang terendah : 0,45

9. Nilai slump (lihat lampiran 17) : 7 – 13
10. Ukuran maksimum butiran kerikil : 20 mm
11. Kebutuhan air (lihat lampiran 18) : 225 liter
12. Kebutuhan air semen : no.11/fas terendah : 500 kg (jumlah air dibagi faktor air semen)
13. Kebutuhan semen minimum (lihat lampiran 19) : 275 kg
14. Dipakai semen (diambil yang besar) : 500 kg
15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen, karena langkah 14 tidak berubah jumlah kebutuhan semen yang dihitung pada langkah 12 maka tidak perlu penyesuaian air maupun faktor air semen. Jadi air tetap 225 liter dan faktor air semen tetap 0,45
16. Golongan pasir, masuk dalam golongan zona 3
17. Persentase pasir terhadap campuran (lihat lampiran) : 35 %
18. Berat jenis campuran pasir dan kerikil (karena tidak ada datanya, maka diambil sebesar : 2,74 (pasir) dan 2,88 (kerikil)

$$\begin{aligned} \text{Bj Campuran} &= \frac{45}{100} \times 2,88 + \frac{55}{100} \times 2,74 \\ &= 2,80 \end{aligned}$$

19. Berat beton (lihat lampiran 21) : 2,43

20. Kebutuhan berat pasir dan kerikil dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{pasir + kerikil}} &= W_{\text{btn}} - A - S \\ &= \text{no. 19} - 11 - 14 \\ &= 1,705 \text{ kg} \end{aligned}$$

21. Kebutuhan pasir dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{pasir}} &= (P/100) \cdot W_{\text{pasir + Kerikil}} \\ &= (\text{no.17}/100) \cdot \text{no.20} \\ &= 596,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

22. Kebutuhan kerikil dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{kerikil}} &= W_{\text{pasir + Kerikil}} \\ &= \text{no.20} - \text{no.21} \\ &= 1108 \text{ kg} \end{aligned}$$

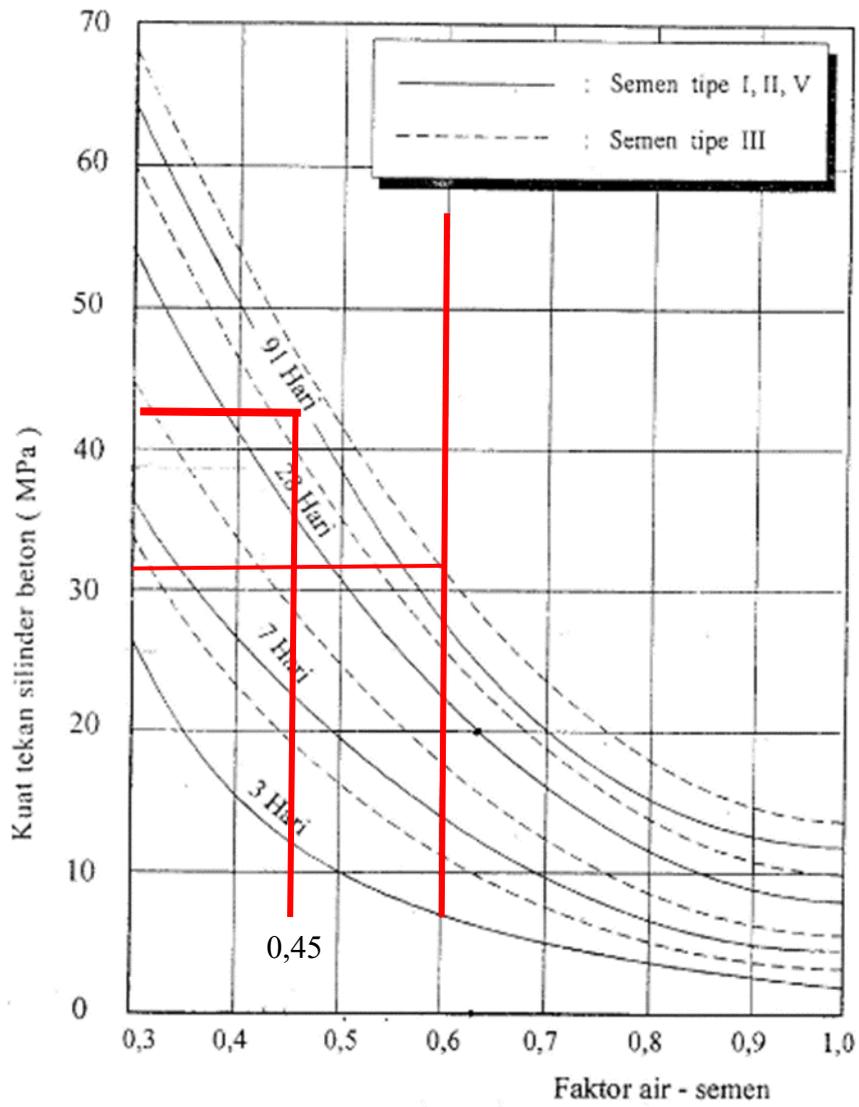
Jadi untuk 1 m³ beton (berat volumenya kg) dibutuhkan :

- a. Air : 225 liter
- b. Semen : 500 kg (12,5 zak)
- c. Pasir : 596,75 kg
- d. Kerikil : 1108 kg

Jadi untuk 1 adukan (misalnya kantong semen) maka dibutuhkan :

- a. Air : 18 liter
- b. Semen : 40 kg (1 zak semen = 40 kg)
- c. Pasir : 47,74 kg
- d. Kerikil : 88,66 kg

Lampiran 16 : Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton (Sebagai Perkiraan Nilai Fas)



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lampiran 17 : Tabel Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Fas maksimum
Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non-koresif	0,60
b. Keadaan keliling koresif, disebabkan oleh kondensasi atau uap koresi	0,52
Beton diluar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari lanusng	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari lansung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,56
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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lampiran 18 : Tabel Penetapan Nilai Slump Test (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding,plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah laut	9,0	2,5
Pelat,balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber: SNI 03-2834-2000))

Lampiran 19 : Tabel Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton (Liter)

Besarnya ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (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

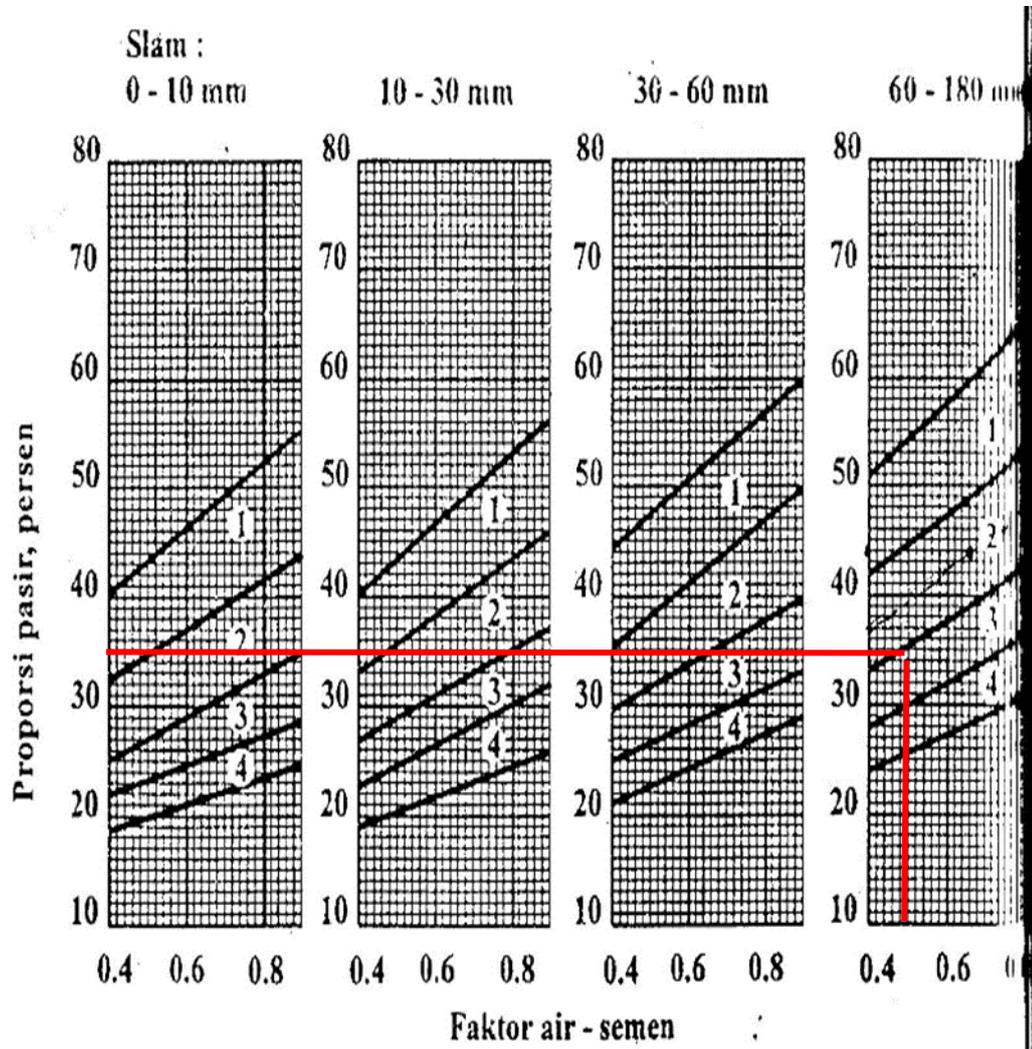
(Sumber: : SNI 03-2834-2000)

Lampiran 20 : Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Semen minimum (Kg/m ³ beton)
Beton didalam ruangan bangunan :	
c. Keadaan keliling non-koersif	275
d. Keadaan keliling koersif, disebabkan oleh kondensasi atau uap koersi	325
Beton diluar ruang bangunan :	
c. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
d. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk kedalam tanah :	
c. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
d. 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

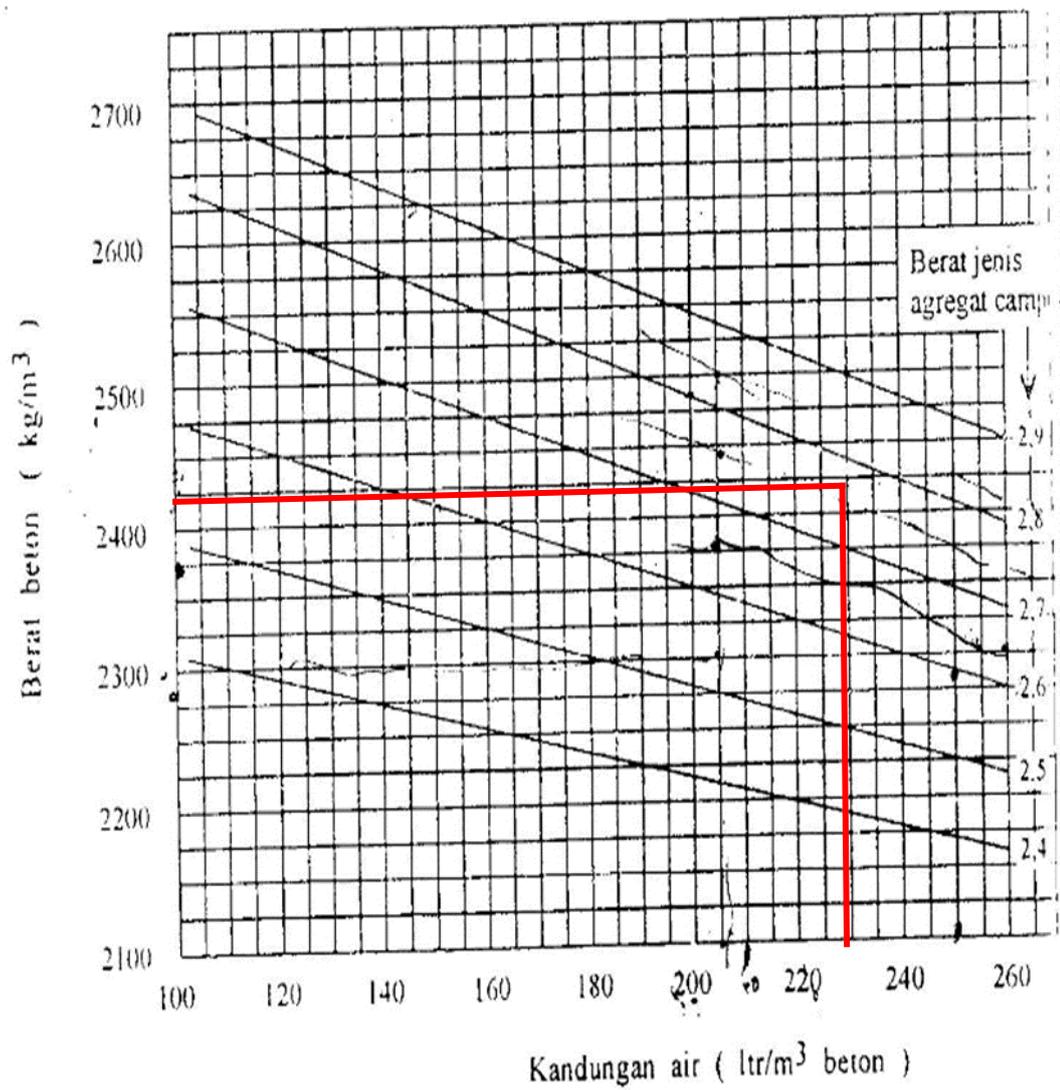
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lampiran 21 : Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Butir Maksimum 20 mm



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lampiran 22 : Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Berat Beton



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

1 m³ adukan beton segar :

Semen	= 500	kg
Pasir	= 596,750	kg
Kerikil	= 1.108,250	kg
Air	= 225	kg

Jadi untuk 3 silinder 1 kali adukan dengan volume = 0,0057 m³

Semen	= 500	x V.3 Silinder	= 2,83	kg
Pasir	= 596,750	x V.3 Silinder	= 3,37	kg
Kerikil	= 1.108,250	x V.3 Silinder	= 6,26	kg
Air	= 225	x V.3 Silinder	= 1,27	kg

Jadi untuk 3 silinder 1 kali adukan variasi 20% dengan volume = 0,0057 m³

Semen	= 500	x V.3 Silinder	= 2,12	kg
Abu Limbah TPA	= 20%	x V.3 Silinder	= 0,71	kg
Pasir	= 596,750	x V.3 Silinder	= 3,37	kg
Kerikil	= 1.108,250	x V.3 Silinder	= 6,26	kg
Air	= 225	x V.3 Silinder	= 1,27	kg

Jadi untuk 3 silinder 1 kali adukan variasi 35% dengan volume = 0,0057 m³

Semen	= 500	x V.3 Silinder	= 1,84	kg
Abu Limbah TPA	= 35%	x V.3 Silinder	= 0,99	kg
Pasir	= 596,750	x V.3 Silinder	= 3,37	kg
Kerikil	= 1.108,250	x V.3 Silinder	= 6,26	kg
Air	= 225	x V.3 Silinder	= 1,27	kg

Jadi untuk 3 silinder 1 kali adukan variasi 50% dengan volume = 0,0057 m³

Semen	= 500	x V.3 Silinder	= 1,41	kg
-------	-------	----------------	--------	----

$$\begin{aligned}
 \text{Abu Limbah TPA} &= 50\% \quad \times \quad \text{V.3 Silinder} &= 1,41 \quad \text{kg} \\
 \text{Pasir} &= 596,750 \quad \times \quad \text{V.3 Silinder} &= 3,37 \quad \text{kg} \\
 \text{Kerikil} &= 1.108,250 \quad \times \quad \text{V.3 Silinder} &= 6,26 \quad \text{kg} \\
 \text{Air} &= 225 \quad \times \quad \text{V.3 Silinder} &= 1,27 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

Rasio Air Semen Terhadap Berat Semen

Material	Berat Material (Kg/m ³)	Rasio Terhadap Berat Semen	Berat Satu Untuk Benda Uji
Semen	500	1	0,4
Air	225	0,45	0,8
Pasir	596,75	1,1	0,0
Kerikil	1108,25	2,2	1,7



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran D : Pengujian Kuat Tekan
Lampiran 24 : Perhitungan Kuat Tekan Beton
Nama : Umman Pairingan
Tanggal : 01 Juli 2024

Perhitungan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Faktor Koreksi = 0,65

Luas Permukaan Silinder 10 cm x 20 cm

$$= 0,25 \times \pi D \times D$$

$$= 0,25 \times (22/7) \times 10 \times 10 = 7850 \text{ cm}^2$$

a. Beton Normal

Sampel 1 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$
= $\frac{19000}{7850} = 16,43 \text{ MPa}$
= $\frac{16,43}{0,65} = 25,28 \text{ MPa}$

Sampel 2 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$
= $\frac{13000}{7850} = 16,56 \text{ MPa}$
= $\frac{16,56}{0,65} = 25,48 \text{ MPa}$

Sampel 3 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$
= $\frac{126000}{7850} = 16,05 \text{ MPa}$
= $\frac{16,05}{0,65} = 24,69 \text{ MPa}$

b. Beton Abu TPA 20%

$$\begin{aligned} \text{Sampel 1} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{105000}{7850} &= 13,38 \text{ MPa} \\ &= \frac{10500}{0,65} &= 20,58 \text{ MPa} \\ \\ \text{Sampel 2} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{105000}{7850} &= 13,38 \text{ MPa} \\ &= \frac{13,38}{0,65} &= 20,58 \text{ MPa} \\ \\ \text{Sampel 3} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{110000}{7850} &= 14,01 \text{ MPa} \\ &= \frac{14,01}{0,65} &= 21,56 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c. Beton Abu TPA 35%

$$\begin{aligned} \text{Sampel 1} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{98000}{7850} &= 12,48 \text{ MPa} \\ &= \frac{12,48}{0,65} &= 19,21 \text{ MPa} \\ \\ \text{Sampel 2} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{90000}{7850} &= 11,46 \text{ MPa} \\ &= \frac{11,46}{0,65} &= 17,64 \text{ MPa} \\ \\ \text{Sampel 3} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \end{aligned}$$

$$= \frac{95000}{7850} = 12,10 \text{ MPa}$$

$$= \frac{12,10}{0,65} = 18,62 \text{ MPa}$$

d. Beton Abu TPA 50%

Sampel 1

$$= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$$

$$= \frac{88000}{7850} = 11,21 \text{ MPa}$$

$$= \frac{11,21}{0,65} = 17,25 \text{ MPa}$$

Sampel 2

$$= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$$

$$= \frac{88000}{7850} = 11,21 \text{ MPa}$$

$$= \frac{11,21}{0,65} = 17,25 \text{ MPa}$$

Sampel 3

$$= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$$

$$= \frac{84000}{7850} = 10,70 \text{ MPa}$$

$$= \frac{10,70}{0,65} = 16,46 \text{ MPa}$$

Tanggal : 08 Juli 2024

Perhitungan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi} &= 0,88 \\ \text{Luas Permukaan Silinder } 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} &= 0,25 \times \pi D \times D \\ &= 0,25 \times (22/7) \times 10 \times 10 = 7850 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

a. Beton Normal

$$\begin{aligned} \text{Sampel 1} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{175000}{7850} = 22,29 \text{ MPa} \\ &= \frac{22,29}{0,88} = 25,33 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 2} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{170000}{7850} = 22,29 \text{ MPa} \\ &= \frac{22,29}{0,88} = 24,61 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel 3} &= \frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}} \\ &= \frac{1750000}{7850} = 22,29 \text{ MPa} \\ &= \frac{22,29}{0,88} = 25,33 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tanggal : 28 Juli 2024

Perhitungan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Faktor Koreksi = 1

Luas Permukaan Silinder 10 cm x 20 cm

$$= 0,25 \times \pi D \times D$$

$$= 0,25 \times (22/7) \times 10 \times 10 = 7850 \text{ cm}^2$$

a. Beton Normal

Sampel 1 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$

$$= \frac{200000}{7850} = 25,48 \text{ MPa}$$
$$= \frac{25,48}{1} = 25,48 \text{ MPa}$$

Sampel 2 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$

$$= \frac{195000}{7850} = 24,84 \text{ MPa}$$
$$= \frac{24,84}{1} = 24,84 \text{ MPa}$$

Sampel 3 = $\frac{\text{BesarTekanan}}{\text{LuasPenampang}}$

$$= \frac{198000}{7850} = 25,18 \text{ MPa}$$
$$= \frac{25,18}{1} = 25,18 \text{ MPa}$$

DOKUMENTASI

Lampiran D : Dokumentasi Lapangan

1. Proses Pengambilan dan Pembakaran Sampah TPA



Pengambilan Sampah di TPA (Tempat
Pembuangan Akhir)



Persiapan Untuk Pembakaran Sampah
TPA



Proses Pembakaran Sampah



Proses Penuangan Abu Sampah TPA
Ke Talam



Proses Pendinginan Abu Sampah TPA



Sampah TPA Setelah Dibakar

2. Alat dan Bahan

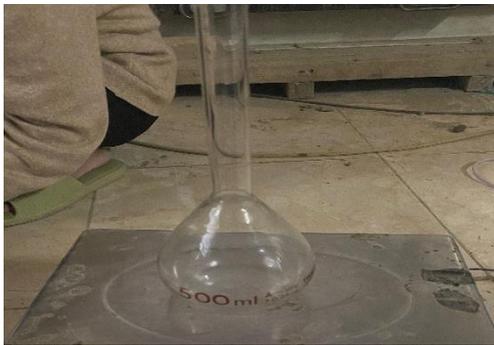
a. Alat



Saringan Agregat



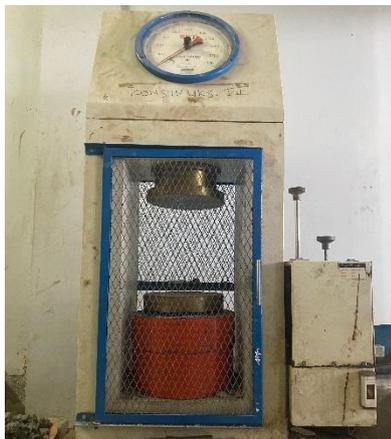
Timbangan



Pikno



Selinder 10 cm x 20 cm

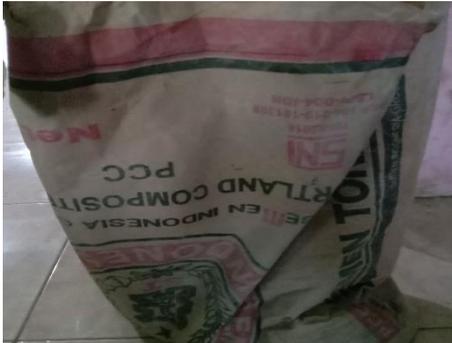


Mesin Uji Kuat Tekan (*Universal Testing Machine*)



Oven

b. Bahan



PCC Semen Tonasa



Agregat Halus



Agregat Kasar



Air



Abu Sampah TPA

3. Proses Pengujian Material dan Pencampuran



Agregat Halus



Karakteristik Agregat Halus



Agregat kasar



Karakteristik Agregat Kasar



Abu Sampah TPA



Menimbang Agregat Halus



Menimbang Agregat Kasar



Menimbang Abu Sampah



Menimbang Air



Proses Pencampuran



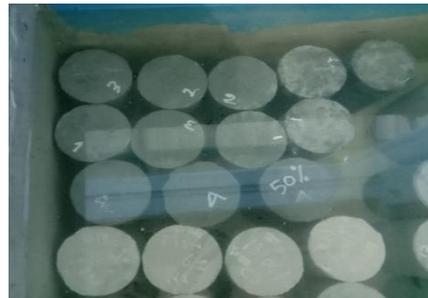
Uji Slump Test



Campuran dimasukkan kedalam cetakan silinder



Campuran didiamkan selama 24 jam



Perendaman Beton



Beton Normal 0%



Beton Normal Abu TPA 20%



Beton Normal Abu TPA 35%



Beton Normal Abu TPA 50%



Berat Beton



Uji Kuat Tekan 0%



Uji Kuat Tekan 20%



Uji Kuat Tekan 35%



Uji Kuat Tekan 50%



Polak Retak