

**ANALISIS PENGGUNAAN ABU BOILER PABRIK KELAPA  
SAWIT SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT  
TEKAN BETON**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**HUDA BAGUS  
178110081**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 8/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)8/9/23

**ANALISIS PENGGUNAAN ABU BOILER PABRIK KELAPA  
SAWIT SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT  
TEKAN BETON**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**OLEH :**

**HUDA BAGUS  
178110081**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Penggunaan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton

Nama : Huda Bagus

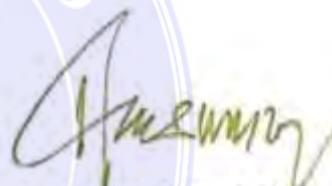
Npm : 178110081

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :  
Komisi Pembimbing



Ir. H. Irwan, M.T.  
Pembimbing I



Ir. Amsuardiman, M.T.  
Pembimbing II



Dr. Rahmad Effendi, S.Kom., M.Kom.  
Dekan



Widia Lailita Wulandari, ST., MT.  
PRODI. TEK. Program Studi

Tanggal lulus : 10 Agustus 2023

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

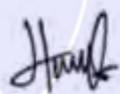
---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Penggunaan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 10 Agustus 2023  
Yang menyatakan

  
(Huda Bagus)

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun ini, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam penulisan skripsi ini.

Medan, 10 Agustus 2023



Huda Bagus  
178110081



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Huta I Rapuan Ilir. Pada tanggal 25 Agustus 1999 dari Ayah Herman Suroso dan Ibu Sudarti Penulis merupakan putra ke 1 dari 3 bersudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Ujung Padang dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun ajaran 2021/2022 pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan jembatan Sicanang di Belawan Medan



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Kuat Tekan Beton dengan judul Analisis Penggunaan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H. Irwan, M.T. selaku dosen pembimbing I, Bapak Ir. Amsuardiman, M.T. selaku dosen pembimbing II dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 10 Agustus 2023

  
Huda Bagus

## ABSTRAK

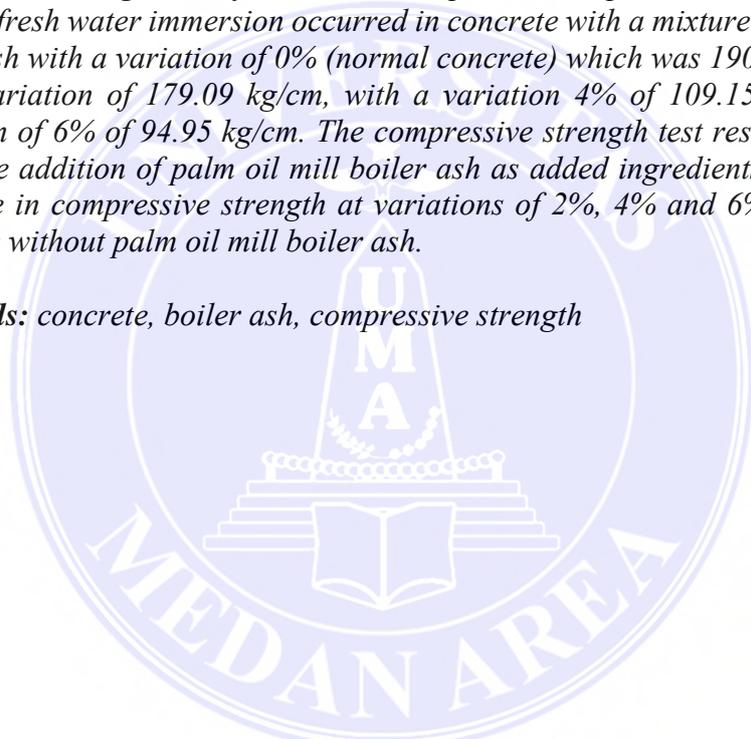
Beton merupakan faktor utama dalam bidang konstruksi pada saat ini. Beton di pilih sebagai bahan bangunan karena mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga bermanfaat untuk struktur yang menahan gaya-gaya tekan. Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa abu boiler pabrik kelapa sawit yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tekan beton. Pada penelitian ini menggunakan variasi abu boiler pabrik kelapa sawit sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat bahan dalam 1 silinder. Dimensi benda uji silinder 15 x 30 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 2 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 8 buah benda uji. Perendaman 28 hari air menggunakan tawar. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air tawar 28 hari terjadi pada beton dengan campuran abu boiler pabrik kelapa sawit variasi 0% (beton normal) yaitu sebesar 190,11 kg/cm, dengan variasi 2% sebesar 179,09 kg/cm, dengan variasi 4% sebesar 109,15 kg/cm, dengan variasi 6% sebesar 94,95 kg/cm. Hasil uji kuat tekan beton menggunakan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai bahan tambah mengalami Penurunan kuat tekan pada variasi 2%, 4% dan 6%, dibandingkan dengan beton tanpa abu boiler pabrik kelapa sawit.

**Kata Kunci :** beton, abu boiler, kuat tekan

## ABSTRACT

Concrete is a major factor in the field of construction at this time. Concrete was chosen as a building material because it has high compressive strength. Structurally, concrete has a large enough compressive stress, so it is useful for structures that can withstand compressive forces. This study tried to use added materials in the form of palm oil mill boiler ash which aims to increase the resistance and compressive strength of concrete. In this study using palm oil mill boiler ash of 0%, 2%, 4%, and 6% of the weight of the material in 1 cylinder. The dimensions of the cylindrical test object are 15 x 30 cm. Mixed design using SNI 03-2834-2000 method. For each variation, 2 test objects were made, so that a total of 8 test objects were made. Soaking 28 days fresh water. The test carried out is the compressive strength test of concrete. The optimum compressive strength results in 28 days fresh water immersion occurred in concrete with a mixture of palm oil mill boiler ash with a variation of 0% (normal concrete) which was 190.11 kg/cm, with a 2% variation of 179.09 kg/cm, with a variation 4% of 109.15 kg/cm, with a variation of 6% of 94.95 kg/cm. The compressive strength test results of concrete using the addition of palm oil mill boiler ash as added ingredients experienced a decrease in compressive strength at variations of 2%, 4% and 6%, compared to concrete without palm oil mill boiler ash.

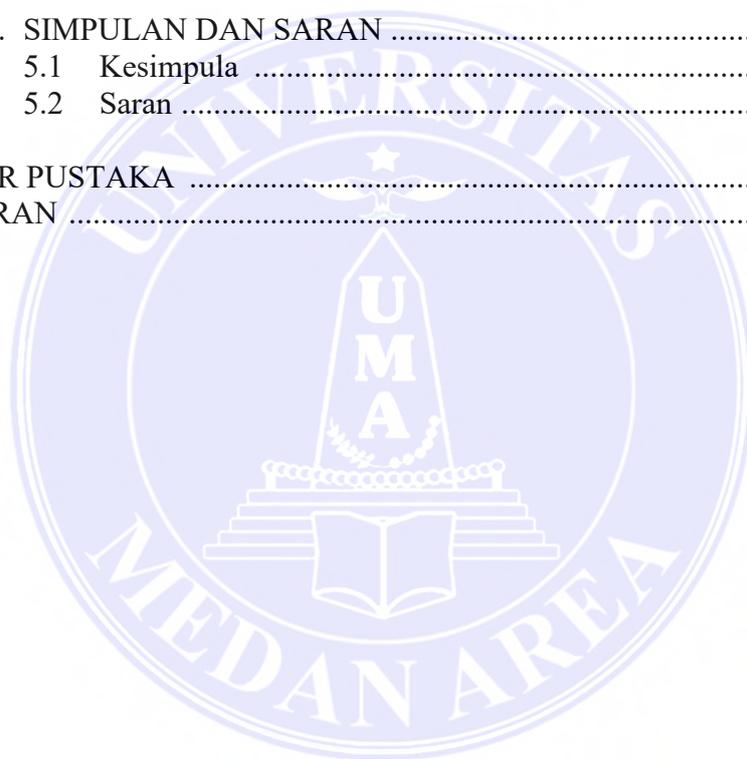
**Keywords:** concrete, boiler ash, compressive strength



## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Penelitian Terdahulu .....	8
2.2 Beton .....	9
2.3 Bahan-Bahan Campuran Pembuatan Beton .....	17
2.4 Abu Boiler Kelapa Sawit .....	34
2.5 Perawatan Beton.....	39
2.6 Umur Beton.....	40
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	43
3.1 Metode Penelitian .....	43
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	44
3.3 Bahan atau Material .....	44
3.4 Bahan dan Alat Penelitian .....	45
3.4.1 Bahan.....	45
3.4.1 Peralatan .....	46
3.5 Bagan Alir Penelitian .....	47
3.6 Persiapan Penelitian .....	48
3.7 Pemeriksaan Agregat .....	48
3.8 Perencanaan Campuran Beton .....	49
3.9 Pelaksanaan Penelitian .....	49
3.9.1 Trial Mix .....	49
3.9.2 Pembuatan Benda Uji.....	50

3.9.3	Pengujian Slump .....	50
3.9.4	Perawatan Beton.....	50
3.9.5	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	50
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		52
4.1	Hasil Pengujian Agregat .....	52
4.1.1	Pemeriksaan Agregat Halus .....	52
4.1.2	Pemeriksaan Agregat Kasar Pemeriksaan Agregat Kasar .	58
4.2	Perencanaan Mix Design .....	64
4.3	Hasil Pengujian Slump.....	69
4.4	Perawatan Beton.....	70
4.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	70
4.6	Pembahasan.....	74
BAB IV. SIMPULAN DAN SARAN .....		75
5.1	Kesimpula .....	75
5.2	Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....		xv
LAMPIRAN .....		xvi



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis-jenis Semen Portland berdasarkan komposisi kimianya (%) ...	20
Tabel 2. Susunan Besar Butiran Agregat Kasar (ASTM, 1991) .....	27
Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Halus .....	30
Tabel 4. Unsur Kimia Abu Boiler Kelapa Sawit.....	36
Tabel 5. Jumlah Variasi Sampel Pengujian Beton .....	38
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Analisa Ayak Agregat Halus .....	39
Tabel 7. Pemeriksaan Berat Benda Uji Untuk BJ dan Daya Serap Agregat halus .....	40
Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya Serap Agregat Halus .....	40
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus .....	41
Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	41
Tabel 11. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	42
Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	42
Tabel 13. Hasil Pengujian Agregat Halus .....	42
Tabel 14. Hasil Pemeriksaan Analisa Ayak Agregat Kasar.....	44
Tabel 15. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar .....	46
Tabel 16. Pemeriksaan Berat Benda Uji Untuk BJ dan Daya Serap Agregat Kasar .....	46
Tabel 17. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya Serap Agregat Kasar.....	46
Tabel 18. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	47
Tabel 19. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	47
Tabel 20. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar .....	48
Tabel 21. Rekap Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar .....	48
Tabel 22. Uraian Perencanaan Mix Design.....	51
Tabel 23. Komposisi Campuran Beton Sebelum Koreksi .....	52
Tabel 24. Komposisi Campuran Beton Sesudah Koreksi .....	53
Tabel 25. Hasil jumlah kebutuhan bahan untuk 1 silinder beton .....	54
Tabel 26. Hasil pengujian nilai slump.....	54
Tabel 27. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Sample I Umur 28 hari .....	55
Tabel 28. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Sampel II Umur 28 hari.....	56
Tabel 29. Rata-Rata Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari .....	57

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Semen tiga roda.....	11
Gambar 2. Batu split $\frac{1}{2}$ inch.....	16
Gambar 3. Pasir binjai.....	19
Gambar 4. Abu boiler pabrik kelapa sawit.....	24
Gambar 5. Denah lokasi Universitas Katolik Santo Thomas Medan.....	30
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian .....	32
Gambar 7. Saringan Agregat Halus .....	37
Gambar 8. Timbangan Digital .....	37
Gambar 9. Oven .....	38
Gambar 10. Tabung Bejana dan Tumbukan .....	38
Gambar 11. Corong.....	38
Gambar 12. Gelas Ukur.....	38
Gambar 13. Grafik hasil pemeriksaan gradasi agregat halus.....	39
Gambar 14. Pemeriksaan Berat Jenis dan Daya Serap Agregat Halus .....	40
Gambar 15. Saringan Agregat Kasar .....	43
Gambar 16. Timbangan Digital .....	43
Gambar 17. Oven .....	43
Gambar 18. Tabung Bejana dan Tumbukan .....	43
Gambar 19. Timbangan (Berat Benis) .....	43
Gambar 20. Grafik Gradasi Agregat Kasar.....	45
Gambar 21. Grafik kuat tekan beton sampel I pada umur 28 hari .....	56
Gambar 22. Grafik kuat tekan beton sampel II pada umur 28 hari.....	57
Gambar 23. Grafik rata-rata kuat tekan beton pada umur 28 hari .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 .....	xvi
Lampiran 2 .....	xxvi
Lampiran 3 .....	xxxiii



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah bahan bangunan yang paling luas dipakai di dunia. Produksinya secara global berkisar 4 milyar m<sup>3</sup> setahunnya, dengan semen sekitar 1,25 milyar ton setahun (Nugraha dan Antoni, 2007). Beton merupakan campuran dari semen agregat halus dan kasar, pasir serta air, dengan adanya rongga-rongga udara. Sebagai material komposit sifat beton sangat bergantung pada interaksi antara material pembentuknya. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15 % dari campuran.

Menurut data dari *Portland Cement Association* dalam Nugraha dan Antoni (2007) negara produsen semen terbesar didunia saat ini adalah Cina, disusul Jepang dan Amerika Serikat. Pabrik semen pertama di Indonesia mulai beroperasi pada tahun 1911, dengan kapasitas 22,9 ton/tahunnya. Dalam setahun terakhir, permintaan semen di Indonesia meningkat tajam. Bahkan harus diimpor dari luar Indonesia. Kondisi itu menunjukkan perekonomian Indonesia mengalami peningkatan dengan meningkatnya sektor pembangunan. Ketua umum Asosiasi Semen Indonesia (ASI) Urip Timuryono mengatakan umumnya impor semen dilakukan dalam bentuk klinker atau bahan baku semen. Impor itu dilakukan oleh pabrik-pabrik semen di luar Jawa untuk memenuhi kenaikan permintaan semen hingga 17% dalam tempo 10 bulan dalam tahun 2011 saja.

Saat ini sembilan produsen semen yang beroperasi di Indonesia terdiri dari 5 perusahaan milik pemerintah, yaitu Semen Gresik Group (SGG) yang menguasai

sekitar 45% pangsa pasar semen, serta 4 perusahaan lainnya milik swasta, yaitu Indocement yang menguasai 30% pangsa pasar, Holcim Indonesia yang menguasai 15% pangsa pasar, dan produsen semen lainnya yang terbagi atas Semen Andalas, Semen Baturaja, Semen Bosowa, dan Semen Kupang, menguasai 10% pangsa pasar secara total. Dilihat dari penguasaan pangsa pasar tersebut, terdapat dua pelaku usaha yang mempunyai pangsa pasar sebagai market leader, yaitu SGG dan Holcim (Sutiyono, 2009).

Semen Portland mulai dikenal pada tahun 1824, yang ditemukan oleh Joseph Aspdin yang diperoleh dari pembakaran tanah liat dan batu kapur, yang kemudian dia sebut semen portland. Dinamai begitu karena warna dan kekuatan hasil akhir olahannya mirip batu kuasi Portland, Inggris. Hasil rekayasa Aspdin inilah yang sekarang banyak dipajang di toko-toko bangunan. Dari 1880 hingga 1996, konsumsi semen Portland tahunan dunia meningkat dari 2 juta ton menjadi 1,3 miliar ton. Karena permintaan akibat pembangunan di banyak negara maka harga semen pun turut meningkat, hal ini mendorong penyelidikan menggunakan bahan campur (*additive*) dan bahan tambah (*admixture*) seperti Abu Boiler pabrik Kelapa Sawit yang mampu menurunkan cost pengeluaran, juga merupakan material yang lebih ringan karena mengurangi biaya ‘cerucok’ serta merupakan semen baru dengan ciri-ciri khusus atau spesial.

Penggunaan bahan pengganti sebagian semen (SCM) melalui komposisi campuran yang *inovatif* akan mengurangi jumlah semen yang digunakan sehingga dapat mengurangi emisi gas-gas rumah kaca dan penggunaan konsumsi energi fosil bumi pada industri semen (Bakri, 2009). Penggunaan perekat atau matriks keramik atau anorganik untuk serat alami mulai dikembangkan di berbagai negara termasuk

penggunaan serat alami abu boiler kelapa sawit. Mortar yang menggunakan abu boiler kelapa sawit yang berasal dari Malaysia (Salihuddin, 1993, dalam Muhardi, dkk, 2004) dan Thailand (Hussin, 1997 dalam Muhardi dkk, 2004) sebagai pengganti sebagian semen menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum diperoleh pada kadar abu boiler kelapa sawit 20 % dan 30 %. Beton ringan mungkin dapat dibuat dari abu boiler kelapa sawit karena sifat serat abu boiler kelapa sawit pada campuran beton dapat mengurangi kerapatan beton (Jauberthie et al., 2000).

Sumatera utara memiliki lahan perkebunan abu boiler kelapa sawit seluas  $\pm$  855.333,00 Ha, dengan total produksi  $\pm$  12.070.507,81 (TBS) (Departemen pertanian, 2012). Penggunaan abu boiler kelapa sawit pada komposit semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> (Bui, et. al., 2005). Dengan penambahan Abu Boiler Kelapa Sawit dalam persentase tertentu dari berat semen diharapkan dapat meningkatkan kualitas mortar, yaitu dapat menghasilkan kuat tekan dan serapan air yang baik, serta dapat mengurangi dampak negatif limbah abu boiler kelapa sawit terhadap lingkungan.

Abu boiler kelapa sawit merupakan limbah agro-akibat pembakaran residu minyak sawit pabrik abu boiler kelapa sawit industri. Malaysia, Indonesia dan Thailand adalah utama produsen minyak sawit, yang merupakan kas pertanian terkemuka tanaman di negara-negara tropis (Safiuddin, et.al.,2010). Setelah pembakaran, abu yang dihasilkan, yang dikenal sebagai POFA (*Palm oil Fuel Ash*), umumnya dibuang di lapangan terbuka, sehingga menciptakan masalah lingkungan dan kesehatan. Dalam rangka untuk mencari solusi untuk masalah ini, beberapa

studi telah dilakukan untuk memeriksa kelayakan menggunakan POFA dalam konstruksi bahan. Untuk membantu pembuangan limbah dan pemulihan energi, cangkang dan serat ini digunakan lagi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Setelah pembakaran dalam ketel uap, akan dihasilkan 5% abu (*oil palm ashes*) dengan ukuran butiran yang halus. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan. Abu Boiler Kelapa Sawit dari sisa pembakaran cangkang dan serabut buah abu boiler kelapa sawit mengandung unsur kimia Silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebanyak 31,45 % dan unsur Kapur ( $\text{CaO}$ ) sebanyak 15,2 %. Jika unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) ditambahkan dengan campuran beton, maka unsur silika tersebut akan bereaksi dengan kapur bebas  $\text{Ca(OH)}_2$  yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH baru. Gel CSH merupakan unsur utama yang mempengaruhi kekuatan pasta semen dan kekuatan beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai bahan tambah terhadap peningkatan mutu Beton?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton dengan penambahan komposisi abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai bahan tambah sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Campuran beton dengan bahan tambah abu boiler pabrik kelapa sawit pada campuran pembuatan beton dengan variasi sebesar 0%, 2%, 4%, 6%
2. Melakukan pengujian pada beton, yang terdiri dari:
  - 1) Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan variasi penambahan abu boiler pabrik kelapa sawit pada perendaman Air biasa pada umur 28 hari.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Objektifitas penelitian ini adalah mencari komposisi yang ideal dalam meningkatkan mutu beton melalui penggunaan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai abu terbang adapun ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai bahan tambah terhadap peningkatan mutu beton
2. Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penambahan komposisi abu boiler pabrik kelapa sawit sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini adalah :

1. Pemanfaatan limbah pertanian berupa abu boiler pabrik kelapa sawit
2. Mendapatkan komposisi ideal penambahan abu boiler pabrik kelapa sawit dalam beton

3. Menyelidiki Kekuatan tekan beton yang menggunakan abu boiler pabrik kelapa sawit



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian-penelitian terdahulu yang menyerupai penelitian ini menjelaskan berbagai hal yang berbeda –beda dari setiap penelitian yang ada. Pada setiap penelitian mempunyai maksud dan tujuan yang berbeda dan hasil penelitian yang berbeda juga.

Beberapa penelitian menjelaskan tentang pemanfaatan abu kerak boiler hasil pembakaran limbah kelapa sawit sebagai bahan pengganti parsial pasir pada pembuatan beton. Pembuatan beton dilakukan dengan memvariasikan kandungan kerak boiler pada komposisi campuran beton 10%, 25%, 50%, dan 100%. Pengujian terhadap pasir dan abu kerak boiler meliputi uji XRF, massa jenis, penyerapan air dan kadar lumpur. Pengujian komposisi kimia dari SiO<sub>2</sub>, CaO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada pasir dan abu kerak boiler menggunakan XRF. Pembuatan adukan beton dilakukan dengan memvariasikan komposisi abu boiler dalam campuran. Semua bahan yang telah dimixer dimasukkan ke dalam cetakan yang berukuran 15 x 15 x 15 cm. Hasil analisis menunjukkan kuat tekan optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu kerak boiler 25% yakni 17,83 MPa. Hasil optimum dari penelitian untuk beton yang diuji tergolong dalam standar mutu tipe beton 225 yang dapat diaplikasikan pada pengecoran bangunanbangunan seperti landasan lapangan terbang, gedung bertingkat dan pengecoran jalan. (*Epi Prianti , Mariana Bara'allo Malino, Boni Pahlanop Lapanporo, 2015*).

memanfaatkan limbah sekam padi dan kelapa sawit dari hasil pertanian untuk meningkatkan efisiensi penggunaan semen dalam bidang konstruksi beton. Berdasarkan hasil XRD SiO<sub>2</sub> pada Abu Boiler Kelapa Sawit 0,831 Wt%, pada abu sekam padi 0,842 Wt%, pada beton 0,918 Wt%, sedangkan pada beton dengan campuran abu sekam padi 5% SiO<sub>2</sub> 0,903 Wt%, pada campuran abu boiler kelapa sawit 5% 0,885 Wt%, dan pada campuran abu sekam padi 2,5% abu boiler kelapa sawit 2,5% sebesar 0,695 Wt% (Sinulingga, 2014)

Hasil pembakaran limbah kelapa sawit menyisakan produk samping seperti abu layang sebesar kurang lebih 100 kg/minggu dan abu kerak boiler sekitar lebih 3 sampai dengan 5 ton/minggu (Mulia, 2007).

Sisa pembakaran abu kerak boiler yang relatif banyak tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pada batako. Hal tersebut dikarenakan kandungan yang terdapat pada abu kerak hasil pembakaran boiler dari cangkang kelapa sawit mengandung unsur kimia SiO<sub>2</sub> 31,45 %, dan CaO 15,2% dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 1,6% (Jamizar, 2013).

Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit mengandung silika yang tinggi yakni sekitar 89,9 %. (Menurut Tjokrodimuljo, 1998)

Melaporkan peningkatan kehalusan abu sekam padi akan meningkatkan kekuatan campuran beton, ini karena peningkatan aktivitas *pozzolanik* dan karena abu sekam padi bertindak sebagai mikrofiller dalam matriks beton. (Habeb and Fayyadh, 2009)

Abu boiler kelapa sawit bakar abu merupakan limbah agro-akibat pembakaran residu minyak sawit pabrik abu boiler kelapa sawit industri. Malaysia,

Indonesia dan Thailand adalah utama produsen minyak sawit, yang merupakan kas pertanian terkemuka tanaman di negara-negara tropis (Safiuddin, et.al.,2010).

## 2.2. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Menurut pedoman beton 1989, Draft konsesus (SKBI.1.4.53, 1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. (Pustaka, 1991)

Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah.

Beton juga didefinisikan sebagai suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel -partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama, (Ferguson, 1991, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, kuat tarik tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air tahan aus, tahan cuaca (panas,dingin, sinar matahari, hujan), tahan terhadap zat-zat kimia (terutama sulfat), susutan pengerasanya kecil, elastisitasnya (modulus elastisitas) tinggi. (Pustaka, 2012).

Campuran beton yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Kekuatan (strength) tinggi, sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
2. Tahan lama (awet), yaitu mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Kemudahan pengerjaan (*workability*), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran beton untuk diaduk, dituangkan dan dipadatkan. (Umum, 1996)

Menurut (Mulyono. T, 2004) Beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan.

Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu: (Teori, 2016)

1. Kelebihan :

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

2. Kekurangan :

- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Daya pantul suara yang besar.

Beton mutu tinggi adalah sebuah istilah untuk menggambarkan beton dengan ciri khusus dimana tidak dimiliki oleh beton normal. Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang memiliki satu atau lebih karakteristik seperti: susut yang kecil, permeabilitas yang rendah, modulus elastisitas yang tinggi atau kuat tekan yang tinggi. Beton mutu tinggi adalah pilihan yang paling tepat dan pembangunan gedung- gedung bertingkat tinggi. Jenis material dasar yang digunakan untuk menghasilkan beton mutu tinggi ini pada prinsipnya tidak banyak berbeda dengan jenis material dasar yang digunakan untuk memproduksi beton mutu normal. Pada dasarnya beton merupakan material komposit yang bersifat sangat heterogen yang terdiri atas unsur- unsur seperti pasta semen, agregat, zona kontak antara pasta semen-agregat, rongga- rongga kosong (*void*). Oleh karena itu, perilaku mekanik beton, seperti kekuatan tekannya, tentunya akan dipengaruhi oleh karakteristik unsur-unsur penyusunnya. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992).

Beton yang baik mempunyai kuat tekan, dan kuat lekat yang tinggi, kedap air, tahan aus, tahan cuaca, tahan zat-zat kimia, susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya tinggi. Beton segar yang baik ialah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan).

Kualitas beton dapat dipengaruhi dari bahan-bahan semen (kualitas dan kecepatan pengerasan), agregat (gradasi mempengaruhi kemudahan pengerjaannya, kadar air mempengaruhi perbandingan air-semen, kebersihannya

(mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton), air (kualitas mempengaruhi pengerasan), dan bahan campuran (modifikasi dari sifat-sifat beton).

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ialah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa pada. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Agar hasil kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogeny dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah :

- Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
- Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
- Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Beton segar merupakan campuran beton yang setelah selesai diaduk hingga beberapa saat karakteristik dari beton tersebut belum berubah. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen dimana proses hidarsi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus maka akan menjadi

mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar maka akan menjadi beton. Penambahan material lain maupun mengganti material yang sejenis atau berbeda akan membedakan jenis beton tersebut serta dapat menambah mutu dari beton itu sendiri.

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi, dan bleeding (Tri Mulyono, 2004).

Menurut SNI 03-2847-2002 beton dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasar berat satuan yaitu :

- Beton ringan, adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1.900 kg/m<sup>3</sup>.
- Beton normal, adalah beton yang mempunyai berat satuan 2.200 kg/m<sup>3</sup> sampai 2.500 kg/m<sup>3</sup> dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.
- Beton berat, adalah beton yang mempunyai berat satuan lebih dari 2.500 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu :
  - a) Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non structural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap

mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

b) Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan- bahan tambahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

c) Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang

lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Diisyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh

tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

a) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan

agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m<sup>3</sup>, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

b) Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m<sup>3</sup> – 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

c) c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m<sup>3</sup>. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d) Beton massa (*mass concrete*)

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

e) *Ferro-Cement*

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

f) Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Disamping beton memiliki pengelompokkan, beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu (Mulyono. T, 2004) :

1. Kelebihan :

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

2. Kekurangan :

- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Daya pantul suara yang besar.

Mutu dan kualitas beton diatas, secara umum dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan campuran, cara pelaksanaan dan perawatannya. Secara lebih rinci, mutu dan kualitas beton dipengaruhi oleh :

1. Tipe dan mutu semen.
2. Sifat, bentuk dan kualitas agregat.
3. Ukuran dan gradasi agregat.
4. Rasio perbandingan antara air dan semen.
5. Kandungan bahan organis dan kotoran dalam agregat dan air.
6. Cara pelaksanaan (pencampuran, pengangkutan, penuangan, pemadatan, dan perawatannya)

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton (Tri Mulyono,2004).

1. Proporsi bahan-bahan penyusun
2. Metode perancangan
3. Perawatan
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan

### **2.3 Bahan-Bahan Campuran Pembuatan Beton**

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1996).(Umum, 1996). Berikut ini adalah bahan campuran yaitu :

## 1. Semen *Portland*

Fungsi utama semen adalah sebagai bahan perekat. Bahan-bahan semen terdiri dari batu kapur (*gamping*) yang mengandung senyawa: Calsium Oksida (CaO), lempung atau tanah liat (*clay*) adalah bahan alam yang mengandung senyawa: Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>), Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk klinker. Klinker kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gipsium (Abdul Rais, 2007). Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat partikel agregat yang terpisah sehingga menjadi satu kesatuan. Bahan dasar pembentuk semen adalah :

- a. 3CaO.SiO<sub>2</sub> (*tricalcium silikat*) disingkat C3S (58% - 69%), senyawa ini dapat mengeras dalam beberapa jam dan disertai dengan pelepasan sejumlah energi panas. Kuantitas senyawa yang terbentuk selama proses pengikatan berlangsung mempengaruhi kekuatan beton dan umur awal pada 14 hari pertama.
- b. 2CaO.SiO<sub>2</sub> (*dicalcium silikat*) disingkat C2S (8% - 15%) reaksi berlangsung sangat lambat dan disertai dengan pelepasan sejumlah energi panas secara lambat. Senyawa berpengaruh terhadap perkembangan kekuatan beton dari umur 14 sampai seterusnya. Semen Portland yang mempunyai kandungan C2S yang cukup banyak ketahanan terhadap agresi kimia dan penyusutan kering relatif rendah dan memberikan kontribusi terhadap awet beton.
- c. 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*tricalcium aluminate*) disingkat C3A (2% - 15%) senyawa C3A mengalami proses hidrasi dengan cepat dan disertai dengan pelepasan sejumlah energi panas. Senyawa ini mempengaruhi proses pengikatan awal

tetapi kontribusinya terhadap kekuatan beton kecil. Dan kurang tahan terhadap agresi kimia dan paling berpeluang mengalami *disintegrasi* (perpecahan) oleh sulfat yang dikandung air tanah dan kecenderungan yang tinggi mengalami keretakan akibat perubahan volume.

d.  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  (*tetracalcium alummoferrit*) disingkat C4AF(6-14%) sekalipun proporsinya C4AF cukup besar dari semen, kontribusi terhadap sifat-sifat beton tidak ada. Senyawa C4AF dapat merubah reaksi kimia C2F menjadi C4AF. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*high – early – strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.
3. Tipe III (*modified portland cement*), semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada

daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).

4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.
6. *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan *pozzolan*.

Komposisi bahan kimia yang terdapat dalam semen dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis-jenis Semen Portland berdasarkan komposisi kimianya (ASCM C-150, 1998)

Tipe	C3S	C2S	C3A	C4AF	CaSO <sub>4</sub>	CAO	MgO
Beton						bebas	bebas
Tipe I	42-67	8-31	5-14	6-12	2,4-34	0-1,5	0,7-3,8
Tipe II	37-55	19-39	4-8	6-16	2,1-3,4	0,1-1,8	1,5-4,4
Tipe III	34-70	0-28	7-17	6-10	2,2-4,6	0,1-4,2	1,0-4,8
Tipe IV	21-44	57-34	3-7	6-18	2,6-3,5	0-0,9	1,0-4,1
Tipe V	35-54	24-49	1-5	6-15	2,4-3,9	0,1-0,6	0,7-2,3

Menurut (SK.SNI T-15-1990-03:2), semen portland pozollan dihasilkan dengan mencampurkan bahan semen portland dan pozollan (15-40% dari berat total campuran), dengan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam *pozollan* minimum 70% (Mulyono,T.,2004).



Gambar 1. Semen tiga roda (dokumentasi penelitian, 2022)

Semen tiga roda merupakan produk semen yang diproduksi oleh PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (“*Indocement*”). Dengan mengedepankan kualitas terbaik dan inovasi yang berbaaur dengan alam, semen tiga roda diproduksi guna memenuhi kebutuhan pembangunan di dalam dan luar negeri.

Produksi semen tiga roda bermula sejak *Indocement* mengoperasikan pabrik pertamanya secara resmi pada agustus 1975. Perseroan atas nama *Indocement* secara resmi didirikan pada 16 Januari 1985 melalui penggabungan enam perusahaan semen yang pada saat itu memiliki delapan pabrik.

Sifat-sifat semen portland dapat dijabarkan sebagai berikut :

### 1. Hidrasi semen

Hidrasi semen adalah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air. Untuk mengetahui hidrasi semen maka harus mengetahui hidrasi senyawa-

senyawa penyusun semen (C2S, C3S, C3A, C3AF).

a. Hidrasi senyawa *Kalsium silikat* (C2S, C3S,)

kalsium silikat dalam air akan terhidrolisa menghasilkan *kalsium hidroksida* (Ca(OH)<sub>2</sub>) dan *kalsium silikat hidrat* (3 CaO.2 SiO<sub>2</sub>. 3 H<sub>2</sub>O).

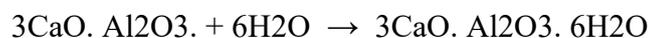
Pada suhu 30- °C.



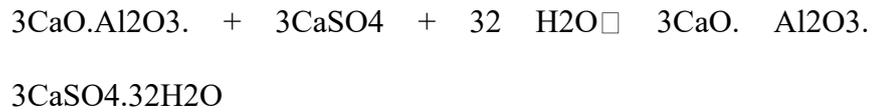
*Kalsium silikat hidrat* (CSH) adalah silikat dalam kristal yang tidak sempurna, bentuknya padatan berongga disebut tobermorite gel. Adanya *Kalsium hidroksida* (Ca(OH)<sub>2</sub>), menyebabkan pasta semen bersifat basa kuat (pH 12,5) dan menjadi sensitif terhadap asam. *Kalsium hidroksida* Ca(OH)<sub>2</sub> yang dihasilkan pada reaksi hidrasi C3S, adalah 40 %, sedangkan pada hidrasi C2S 18 %. Dalam reaksi yang sama didapat bahwa C3S memerlukan 24 % air dan C2S 21 % air (Amin dan Asri, 1991).

b. Hidrasi senyawa *Trikalsium Aluminat* (C3A)

Hidrasi *trikalsium aluminat* (C3A) yang berlebih pada suhu 30 °C akan menghasilkan kristal *kalsium alumina hidrat* (3CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 3H<sub>2</sub>O) yang berbentuk kubus yang stabil dan kurang larut. Penambahan gipsium akan menghasilkan reaksi yang berbeda. Mula-mula C3A akan bereaksi dengan gipsium membentuk sulfo aluminat yang kristalnya berbentuk jarum, namun pada akhirnya gipsium akan bereaksi seluruhnya sehingga terbentuk *Kalsium Aluminat Hidrat* (CAH).



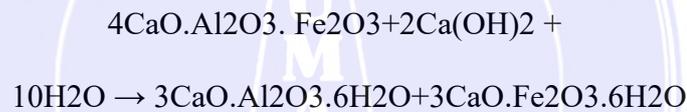
-Hidrasi C3A dengan penambahan gipsum



Penambahan gipsum pada Semen bertujuan untuk menunda pengikatan, hal ini disebabkan karena terbentuknya lapisan ettringite pada permukaan kristal C3A, sehingga menunda hidrasi C3A.

c. *Hidrasi Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF)*

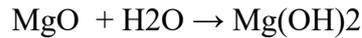
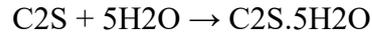
*Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF)* dengan air tidaklah secepat *trikalsium aluminat*. Hasil hidrasi yang diperoleh adalah kristal heksagonal yang dikelilingi oleh ferri oksida terhidrasi atau amorf ( $\alpha$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Kadar penghidratan akan naik bila kandungan alumina dinaikkan.



**2. Setting dan Hardening**

*Setting* dan *hardening* adalah pengikatan dan pengerasan semen yang terjadi setelah reaksi hidrasi. Semen bila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis, dan dapat dibentuk (*workable*), yang berlangsung beberapa waktu fase ini disebut *fase dorman* (periode tidur). Pada tahapan selanjutnya semen mulai mengeras, walau pun masih ada yang lemah, namun sudah tidak dapat dibentuk (*unworkable*), periode ini disebut initial set. Selanjutnya pasta semen melanjutkan kekuatannya sehingga didapat padatan yang utuh dan bias yang disebut hardened semen pasta. Kondisi ini disebut final set. Selanjutnya semen meneruskan kekuatannya proses ini disebut dengan hardening.

Reaksi pengerasan Semen:



### 3. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang dilepaskan selama semen mengalami proses hidrasi. Panasnya tergantung pada tipe semen, kehalusan semen dan perbandingan antara semen dan air. Kekerasan awal semen yang tinggi dan panas hidrasi yang besar menyebabkan timbulnya retak-retak pada beton. Hal ini karena *posfor* yang terbentuk sukar dihilangkan sehingga terjadi proses pemuaian pada proses pendinginan.

### 4. Penyusutan

Ada 3 jenis penyusutan yang terjadi dalam Semen, yaitu:

1. *Drying shrinkage* (penyusutan akibat pengeringan)
2. *Hydration shrinkage* (penyusutan akibat hidrasi)
3. *Carbonation shrinkage* (penyusutan akibat karbonasi)

Diantara ketiga penyusutan diatas yang paling berperan adalah *drying shrinkage* (penyusutan akibat pengeringan). Penyusutan ini terjadi selama proses setting dan hardening. Penyusutan ini dipengaruhi oleh kelembaban dan kadar C3A.

## 5. Kelembaban

Kelembaban ini disebabkan oleh penyerapan air dan kandungan CO<sub>2</sub> sehingga terjadi penggumpalan. Semen yang menggumpal akan menurunkan karena bertambahnya *Loss on Ignition* (LOI) dan menurunnya spesifik *gravity*, sehingga kekuatan semen menurun, pengikatan dan pengerasan makin lama dan terjadi *false set*.

## 6. Agregat

Agregat merupakan komponen utama beton. Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan komposit dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati 60% - 75% volume beton. Sifat yang paling penting dalam agregat adalah kekuatan hancur dan berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah dan limbah marmer. Diisyaratkan dalam penggunaan agregat kasar ini sesuai dengan SII 0052 – 1980 dan ASTM C 33 – 90. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

### 1. Agregat kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in.(6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya



Gambar 2. Batu split  $\frac{1}{2}$  inch (dokumentasi penelitian, 2022)

Tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Jenis agregat agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami. Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung berapi, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami. Kerikil diperoleh dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil

memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi (Nawy, E. G. 1990).

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Susunan butiran (gradasi) yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Susunan Besar Butiran Agregat Kasar (ASTM, 1991)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 – 100
19,10	35 – 70
9,52	10 – 30
4,75	0 – 5

2. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik

matahari atau hujan.

4. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
5. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
6. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin *Los Angeles* dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

## 2. Agregat halus

Agregat halus adalah pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan (Dipohusodo, 1999). Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton ataupun batako. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada batako atau produk bahan bangunan campuran semen lainnya. Adapun komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam pasir adalah: 90,30% SiO<sub>2</sub>, 0,58% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,03% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,47% K<sub>2</sub>O,

0,73% CaO, 0,27% TiO<sub>2</sub> dan 0,02% MgO (Sulistiyono. E. 2005). Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur > 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur > 5% maka pasirnya harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.



Gambar 3. Pasir binjai (dokumentasi penelitian, 2022)

Agregat dinilai dari tingkat kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatan pada pasta semen, porositas dan penyerapan air dapat mempengaruhi daya tahan beton terhadap serangan alam dari luar dan ketahanan terhadap penyusutan selama proses penyaringan agregat (Daryanto, 1994). Suprpto (2008) menyatakan bahwa masing-masing agregat

halus yang berlainan sumber mempunyai karakteristik yang berlainan dan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan yang dihasilkan. Agregat halus yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Susunan Butiran (Gradasi), Analisa saringan memperlihatkan jenis dari agregat halus. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui *Fine Modulus* ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

- Pasir Kasar :  $2.9 < FM < 3.2$
- Pasir Sedang :  $2.6 < FM < 2.9$
- Pasir Halus :  $2.2 < FM < 2.6$

Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 3.

Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Halus (SK. SNI, 15-1990)

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

2. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
3. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)
4. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder.
5. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam Beton, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinnya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaian.
6. Sifat kekal ( keawetan ) diuji dengan larutan garam sulfat :
  - a) Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
  - b) Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007) yaitu :

### 1. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci terlebih dahulu.

### 2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

### 3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain itu dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

## 3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan mortar. Air diperlukan pada pembuatan mortar untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan mortar. Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara

semen dan faktor air. Persyaratan mutu air menurut PUBI 1982, adalah sebagai berikut:

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual dan tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/l.
3. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak beton/mortar. (*George Winter, 1993*).

Air digunakan untuk membuat adukan menjadi bubur kental dan juga sebagai bahan untuk menimbulkan reaksi pada bahan lain untuk dapat mengeras. Oleh karena itu air sangat dibutuhkan dalam pelaksanaan bahan, tanpa air konstruksi bahan tidak akan terlaksana dengan sempurna.

Kemudahan pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air. Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan nisbah air dengan semennya atau biasa disebut Nisbah Air Semen (water cemen ratio). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan – bahan yang merugikan seperti : lumpur, tanah liat, bahan organik, asam organik, alakali dan gram – garam lainnya. Dalam hal ini air yang dapat dikonsumsi sebagai air minum dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi berkisar 20% dari berat semen. Namun penggunaan W/C dalam adukan harus dibatasi karena dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Perbandingan jumlah air semen akan mempengaruhi :

1. Kemudahan pekerjaan
2. Kestabilan volume (Volume stabil)
3. Kekuatan beton (*strength of coceret*)
4. Keawetan beton (*durability of conceret*)

Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya porositas (gelembung) air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang akan dihasilkan akan berkurang kekuatannya Nawy (1990).

Nilai banding berat air dan Beton untuk suatu adukan beton dinamakan *water cement ratio* (w.c.r), agar terjadi proses hidraasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai w.c.r 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai, umumnya menggunakan nilai w.c.r yang rendah, sedangkan dalam kemudahan pengerjaan (*workability* diperlukan nilai w.c.r yang lebih tinggi).

#### **2.4 Abu Boiler Kelapa Sawit**

Pembibitan kelapa sawit merupakan titik awal yang menentukan pertumbuhan kelapa sawit di lapangan. Bibit yang pertumbuhannya baik di pembibitan akan memberikan tanaman yang pertumbuhannya baik pula di lapangan. Untuk memperoleh bibit yang baik maka kebutuhan unsur hara pada media tanam harus tercukupi. Menurut Pusat Penelitian Kelapa Sawit (2005) media tanam yang biasa digunakan dalam pembibitan kelapa sawit adalah top soil dengan ketebalan 10 – 30 cm. Top soil merupakan tanah yang subur dan ketersediaannya

akhir-akhir ini semakin berkurang, sehingga perlu dicari solusi pengganti top soil tersebut sebagai media pembibitan, salah satunya adalah penggunaan abu boiler.

Abu boiler adalah limbah padat pabrik kelapa sawit hasil dari sisa pembakaran cangkang dan serat di dalam mesin boiler. Perluasan areal tanam dan peningkatan produksi kelapa sawit sejalan dengan penambahan pabrik kelapa sawit. Dampak dari pertambahan pabrik kelapa sawit ini adalah bertambahnya bobot limbah yang harus dibuang, salah satu limbah tersebut adalah abu boiler. Abu boiler pabrik kelapa sawit dihasilkan setiap proses pengolahan tandan buah segar (TBS), dimana 100 ton TBS yang diolah dapat menghasilkan abu boiler sebanyak 250 kg s/d 400 kg. Disebagian besar pabrik kelapa sawit belum memanfaatkan atau bisa dikatakan terbuang begitu saja. Menurut Astianto (2012) unsur hara yang terkandung dalam abu boiler adalah N 0.74%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.84%, K<sub>2</sub>O 2.07%, Mg 0.62%. Selain itu, abu sawit tersebut juga mengandung kation anorganik seperti kalium dan natrium (Wibowo, 2007). Pemanfaatan abu boiler dapat menjadi bahan amelioran yang ideal karena mempunyai sifat-sifat kejenuhan basa tinggi, dapat meningkatkan pH tanah, serta memiliki kandungan unsur hara yang lengkap, sehingga juga berfungsi sebagai pupuk dan mampu memperbaiki struktur tanah (Sitorus, dkk. 2014). Lebih lanjut disebutkan dalam Yin et. all. 2008, bahwa abu boiler memiliki kandungan kalium yang sangat banyak dan tidak dapat digolongkan sebagai limbah beracun (toxic waste), sehingga dapat digunakan kembali sebagai pupuk (crude fertilizer).

Melihat kandungan abu boiler dan jumlah yang dihasilkan setiap 100 ton pengolahan TBS, abu boiler dapat dimanfaatkan sebagai alternatif media tanam. Penggunaan abu boiler kelapa sawit sebagai media tanam pada pembibitan

diharapkan dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu boiler dan top soil terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan awal.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis respons pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) terhadap pemberian abu boiler pada media tanam pre nursery.

Pemberian abu boiler ini mampu membantu kebutuhan unsur kalium yang dibutuhkan tanaman. Menurut Purwowidodo (1992) bahwa unsur kalium berperan sebagai activator enzim dalam pembentukan karbohidrat yang berpengaruh terhadap berat kering tanaman, produksi berat kering tanaman merupakan proses penumpukan asimilat melalui proses fotosintesis. Fosfat dalam jumlah cukup dapat memacu pertumbuhan tajuk (shoot) tanaman karena dapat mempergiat pembelahan sel pada daerah meristematik. Sutedjo dan Kartasapoetra (1988) menyatakan unsur Fosfat berperan menggiatkan pertumbuhan jaringan tanaman pada daerah titik tumbuh seperti pada ujung batang dan ujung akar. Kalium bukan merupakan unsur pembentuk bahan secara langsung, tetapi Kalium diperlukan dalam proses pembukaan stomata daun, membantu proses pengangkutan hasil-hasil fotosintesis, pengaktifan enzim, pembentukan protein dan organik karbohidrat, mengeraskan batang tanaman, meningkatkan resistensi tanaman. Menurut Brady (1982), perbaikan sifat kimia tanah terjadi berkat penambahan pupuk organik antara lain memperbesar kapasitas tukar kation tanah, meningkatkan kelarutan unsur fosfat dalam tanah, dan menyediakan unsur hara. Pupuk organik juga memperbaiki kondisi biologi tanah selain sifat fisika, kimia bahkan secara tidak langsung kondisi

fisika dan kimia tanah dipengaruhi oleh adanya aktivitas mikroorganisme. Perlakuan berpengaruh terhadap Berat kering tanaman, dapat diartikan sebagai penambahan dalam bahan, dan menjelaskan secara kuantitatif. Sehingga dengan berat kering yang lebih tinggi menunjukkan bahwa pertumbuhan semakin baik dan merupakan suatu ukuran penyerapan unsur hara oleh tanaman lebih optimal. Lakitan (1996) menyebutkan bahwa berat kering tanaman merupakan cerminan dari kemampuan tanaman tersebut dalam menyerap unsur hara lebih tinggi, maka proses fisiologi yang terjadi dalam tanaman terutama translokasi.

Penambahan abu boiler kelapa sawit sebagai bahan *pozzolan* dalam konstruksi beton telah menjadi semakin meluas dalam beberapa tahun terakhir, dan tren ini diperkirakan akan terus berlanjut di tahun mendatang karena perkembangan teknologi, ekonomi dan keuntungan ekologisnya. Untuk mengurangi pembuangan limbah dan pemulihan energi, maka cangkang dan serat abu boiler kelapa sawit digunakan kembali sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Setelah pembakaran dalam ketel uap, akan dihasilkan 5% abu (oil palm ashes) dengan ukuran butiran yang halus. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan. Irianti, (2009) penggunaan abu ketel abu boiler kelapa sawit terbukti mampu meningkatkan kekuatan beton dengan menciptakan adukan beton yang lebih kental dan kuat. Menurut hasil penelitian Muhardi, Iskandar, dan Rinaldo (2004), bahwa penambahan abu boiler kelapa sawit terhadap mortar sebagai bahan pozzolan dapat meningkatkan kuat tekan pada campuran abu boiler kelapa sawit 15 %, dengan nilai kuat tekan (26 MPa) atau naik 21,88 % dari mortar normal yaitu 21,3 MPa. Penelitian Ahmaed et al. 2008 menunjukkan bahwa penggantian POFA dalam

campuran beton sebagai pengikatan menyebabkan nilai kekuatan awal meningkat dan menjadi lebih lambat pada usia lanjut. Hal ini karena kandungan kalsium hidroksida dari proses hidrasi berkurang melalui reaksinya dengan silika dioksida dalam pozzolan. Kuat tekan beton terbaik ditunjukkan pada penggantian beton 15% dengan POFA.



Gambar 4. Abu boiler pabrik kelapa sawit (dokumentasi penelitian, 2022)

Abdul Awal dan Warid Hussin (2010) melaporkan bahwa penambahan abu boiler kelapa (POFA) mampu mengurangi panas hidrasi beton, dan menunda terjadinya kenaikan suhu puncak. Sata, et al. (2004) beton berkekuatan tinggi yang dibuat penambahan dengan POFA menunjukkan bahwa beton yang mengandung hingga 30% abu boiler kelapa sawit memberikan kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton portland biasa pada usia lanjut. Komposisi unsur kimia dari abu cangkang Abu Boiler Kelapa Sawit yang telah dilakukan oleh Abdul Awal and Siew Kiat Nguong, 2010 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Unsur Kimia Abu Boiler Kelapa Sawit (A S M Abdul Awal and Siew Kiat Nguong, 2010)

Unsur Kimia	Persentase
SiO <sub>2</sub>	49,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,73
CaO	7,50
MgO	3,93
SO <sub>3</sub>	1,73
Na <sub>2</sub> O	0,90
K <sub>2</sub> O	5,30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,41
Hilang Pijar	13,85

## 2.5. Perawatan Beton

Tujuan dari perawatan beton adalah :

1. Melindungi permukaan dari pengaruh sinar matahari, angin, hujan lebat dan lain-lain.
2. Melindungi beton terhadap adanya benturan dan beban yang berlebihan sebelum beton tersebut benar-benar mengeras.
3. Melindungi beton selama dalam pengerasan agar suhunya selalu sesuai, dengan menambahkan air dalam jumlah yang cukup selama masih dalam proses pengerasan.

4. Menghindari kehilangan zat cair yang banyak ketika pengerasan beton pada jam-jam awal.
5. Menghindari penguapan air dari beton pada hari pertama pengerasan beton secara berlebihan.
6. Menghindari perbedaan temperature dalam beton yang mengakibatkan rengat- rengat atau retakan pada beton.

Perawatan pengerasan (curing) yang tepat dari beton menghendaki agar air dalam adukan tidak diperbolehkan menguap dari beton sampai beton telah mencapai kekuatan beton yang diinginkan. Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti, sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat pula menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Oleh karena itu, direncanakan suatu cara untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama beberapa minggu. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton juga lebih tahan terhadap aus.

## 2.6. Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil,. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awalnya tinggi, maka campuran akan dikombinasikan dengan semen khusus ataupun

penggantian agregat serta menambahkan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen PCC. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya terutama pada penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja pada tekanannya.

## 2.7. Kuat Tekan Beton

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007). Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm<sup>2</sup> atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm<sup>2</sup> sampai 500 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus dengan ukuran panjang 150 mm, tinggi 150 mm dan lebar 150 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan MPa atau kg/cm<sup>2</sup>.

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'c = P/A$$

Keterangan :

$f'c$  = kuat tekan beton ( MPa)

$p$  = beban maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

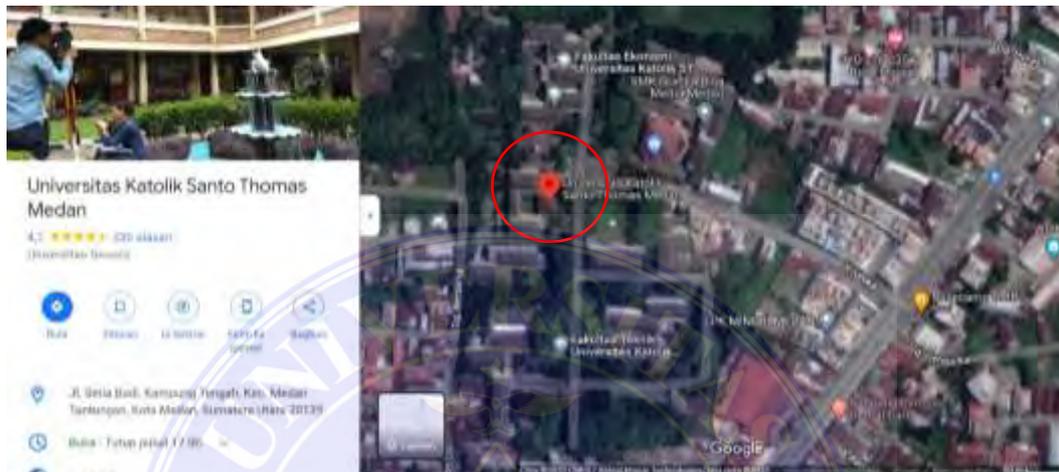
Metode penelitian adalah cara yang digunakan peneliti untuk mendapatkan data yang bertujuan untuk menentukan jawaban atas permasalahan yang diajukan. “Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu” (Sugiyono, 2008: 3).

Metode penelitian mencakup prosedur dan teknik penelitian. Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel) Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai bahan tambah dengan variasi campuran 0%, 4%, 6%, dan 6%. Sampel dalam tiap variasi dalam penelitian ini adalah 4 benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 dan tinggi 30 cm untuk menguji kuat tekan beton. Sedangkan waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

### 3.2. Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Penelitian ini dilakukan pada awal bulan april sampai akhir bulan April 2022.



Gambar 5. Denah lokasi Universitas Katolik Santo Thomas Medan (*google maps, 2022*)

### 3.3. Material

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Tahapan awal penelitian yang dilakukan Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan adalah pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

a. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*Slump test*).
- g. Uji kuat tekan beton

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*). Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-03- 2834-2000, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

### 3.4. Bahan dan Peralatan Penelitian

#### 3.4.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dengan bahan tambah abu boiler pabrik kelapa sawit
2. Semen yang digunakan adalah semen Padang kemasan 40 kg..
3. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton,

### 3.4.2. Peralatan

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain

Peralatan material :

- a. Saringan agregat halus dan kasar : Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
- b. Timbangan digital
- c. Plastik ukuran 10 kg

Peralatan pembuatan beton :

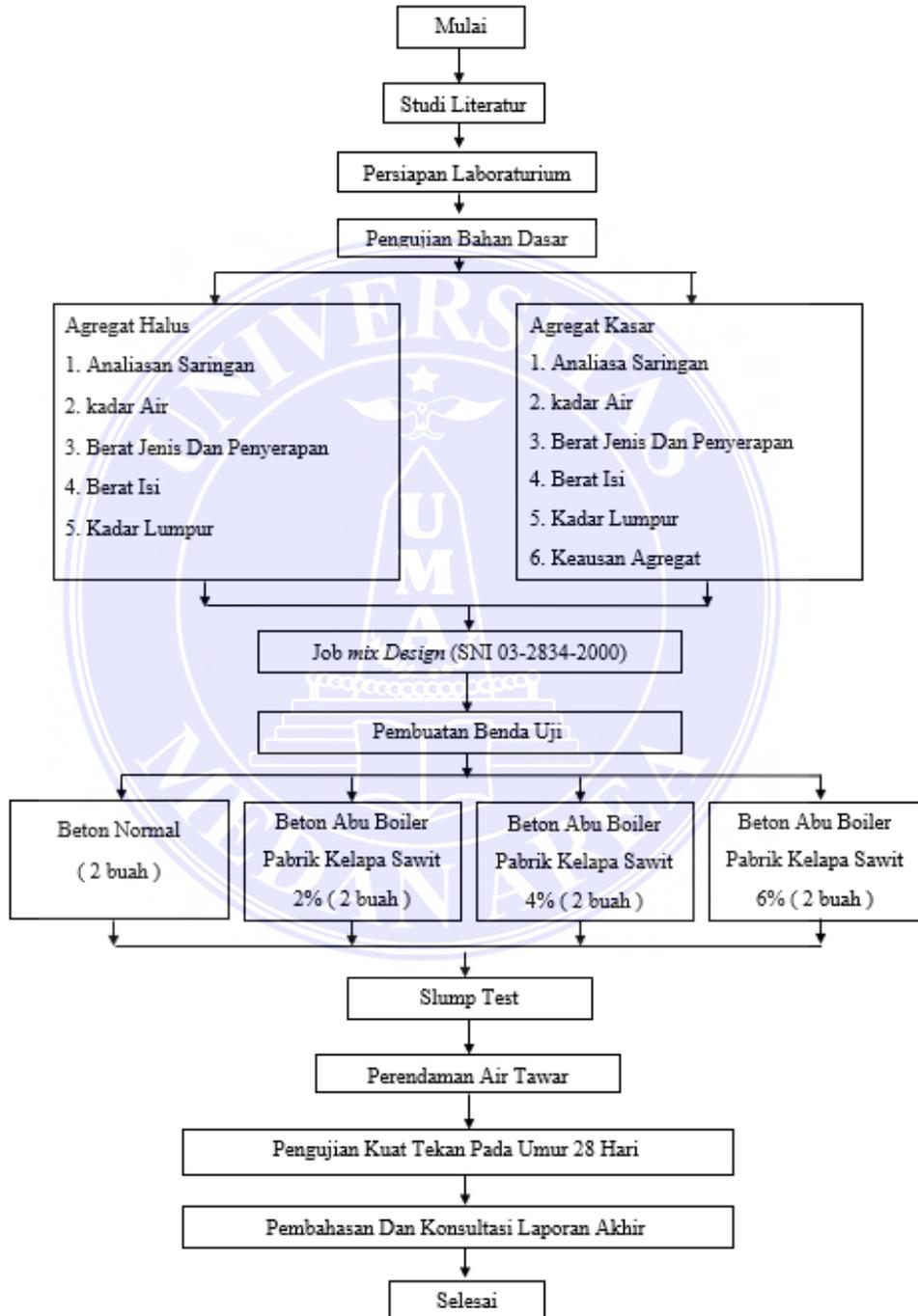
- a. Pan
- b. Ember
- c. Satu set alat *slump test* : kerucut abrams, tongkat pematik, mistar, dan plat baja.
- d. Skop tangan
- e. Skrap
- f. Tabung ukur
- g. Sarung tangan
- h. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
- i. Vaseline
- j. Kuas
- k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
- l. Bak perendam

Alat pengujian kuat tekan beton :

- a. Mesin kuat tekan (*compression test*)

### 3.5. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian (Analisis Peneliti, 2022)

### 3.6. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

### 3.7. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

#### 1. Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

#### 2. Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.

- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

### **3.8. Perencanaan Campuran Beton**

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia). Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

### **3.9. Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.9.1. Trial Mix**

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

### 3.9.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 cm x 30 cm yang berjumlah 8 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

### 3.9.3. Pengujian Slump

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat workabilitynya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target slump rencana sesuai *mix design* adalah 60-180 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-2000.

### 3.9.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 8 buah.

### 3.9.5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan tegak

berdiri di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 16 buah dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 5. Jumlah variasi sampel pengujian beton (analisis peneliti, 2022)

NO	Variasi Campuran Beton	Air Tawar
		28 hari
1.	Beton dengan campuran Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit 0%	2 buah
2.	Beton dengan campuran Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit 2%	2 buah
3.	Beton dengan campuran Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit 4%	2 buah
4.	Beton dengan campuran Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit 6%	2 buah
Total		8 buah

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton menggunakan tambahan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai berikut :
  - variasi 0% sebesar 190,11 kg/cm<sup>2</sup>
  - variasi 2% sebesar 179,09 kg/cm<sup>2</sup>
  - variasi 4% sebesar 109,15 kg/cm<sup>2</sup>
  - variasi 6% sebesar 94,95 kg/cm<sup>2</sup>
2. Penggunaan air yang berlebih pada campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat penulis berikan setelah melihat hasil dan hambatan-hambatan yang dilalui dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan abu boiler pabrik kelapa sawit sebagai substitusi pasir.

2. Pembuatan beton dengan campuran abu boiler pabrik kelapa sawit untuk faktor air semen harus lebih diperhatikan, sebab ini mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri



## DAFTAR PUSTAKA

- Akoeb, MA. 2011. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dan Beton Dengan Bahan Additive Silica Fume Antara Uji Non Destructive Dengan Uji Destructive (Suatu Penelitian Beton Dengan Faktor Air Semen 0,45 ; 0,50 Dan 0,55). *Vol. 1 No. 1, September 2011 Hal. 101-115*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala.
- Anonim. Kelapa Sawit. [https://id.wikipedia.org/wiki/Elaeis\\_\(kelapa\\_sawit\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Elaeis_(kelapa_sawit))
- ASTM Standards, C1107/C1107M. (2011). “*Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Nonshrink)*”.
- ASTM Standards, C125-10a. (2009). “*Standard Terminology Relating to Concrete and Agregates*”.
- Gusni Vitri, H. H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP P-ISSN 2354-8452*, 6, 79-87.
- PBI 1971 “Peraturan Beton Indonesia”
- Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton. *POSITRON, Vol. V, No. 1 (2015), V, 26-29*.
- Rahmadianty L, Mazaya H, Purwanto D, Adi RY. 2017. Analisa Campuran Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Pengamatan Karakteristik Beton Mutu Sedang. *Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 55-69*. Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Sinulingga, K. (2014). PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN ABU BOYLER KELAPA SAWIT TERHADAP EFISIENSI. *Jurnal Sainika Volume 14(1): 54 -63, 2014*, Universitas Negeri Medan
- SKBI.1.4.53, 1989: 4-5 “Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan” *Pustaka, 1991*
- SNI-03-2847-2002 “Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat”
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untu Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional.

Stanton, TE. (1940). *Pemuaian Beton Melalui Reaksi Antara Semen dan Agregat*. No.SP-249-1.

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



## LAMPIRAN 1

### ANALISA AYAKAN AGREGAT HALUS

Nama : Huda Bagus  
 NPM : 178110081  
 Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
 Tanggal : 05 April 2022

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Persentase (%)	
			Tertahan	Lolos
4,8	0	0	0	100
2,4	0	0	0	100
1,2	14	14	2,8	97,2
0,6	91	105	21	79
0,3	253	358	71,6	28,4
0,15	107	465	93	7
0,075	9	474	94,8	5,2
PAN	26	500	100	0
Jumlah	500		283,2	

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN DAYA SERAP AGREGAT HALUS

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Sampel
Berat Jenis Kering (Bulk) $B2 / (B3 + 500 - B1)$	2,48
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) $500 / (B3 + 500 - B1)$	2,54
Penyerapan $(500 - B2) / B2 \times 100$	2,04 %

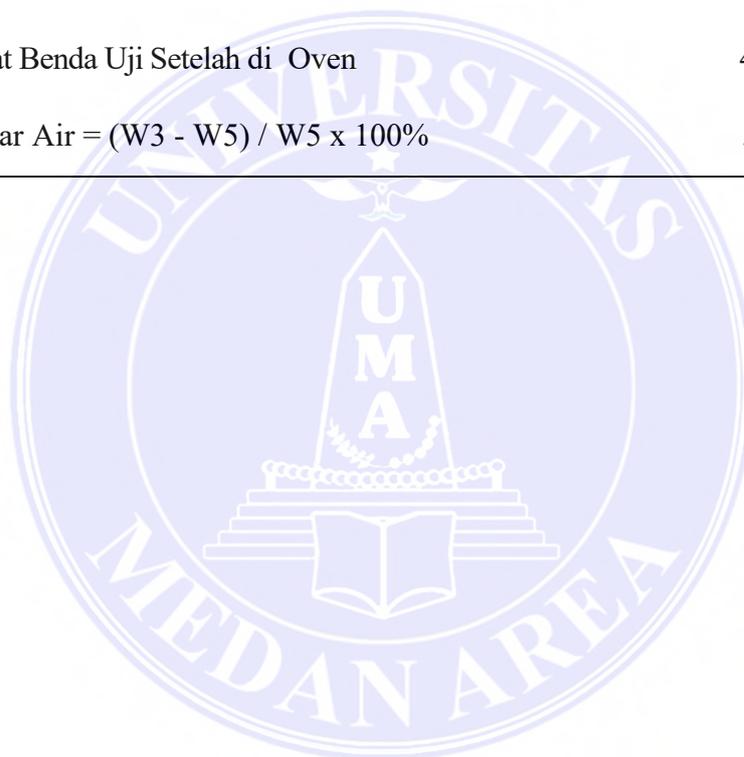
## HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

---

Uraian	Sampel
Berat Benda Uji Asli	500
Berat Benda Uji Setelah di Oven	474
Kadar Air = $(W3 - W5) / W5 \times 100\%$	5,48 %

---



## HASIL PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Sampel
Berat Benda Uji Semula (W3)	1000
Berat Benda Uji Kering Oven (W5)	966
Kadar Lumpur = $(W3 - W5) / W3 \times 100\%$	3,4 %

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Gembur (gr)	Padat (gr)
Berat Benda Uji W3	3110	4010
Berat Silinder + Pasir	5660	6560
Berat Isi Agregat	1,04 kg/l	1,34 kg/l

## ANALISA AYAKAN AGREGAT KASAR

Nama : Huda Bagus  
 NPM : 178110081  
 Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
 Tanggal : 05 April 2022

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Berat Tertahan	Persentase (%)	
			Tertahan	Lolos
31,5	0	0	0	100
19	1608	53,6	53,6	46,4
8	1284	96,4	42,8	57,2
5	108	100	3,6	96,4
2,36	0	100	0	0
1,18	0	100	0	0
0,3	0	100	0	0
0,15	0	100	0	0
Pan	0	100	0	0
Jumlah	3000	650	100	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{650}{100} = 6,5$$

## HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Sampel (gr)
Berat Benda Uji Asli (lapangan) W3	500
Berat Benda Uji setelah di oven W5	497
Kadar Air = $(W3 - W5) / W5 \times 100$	0,60 %

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN DAYA SERAP AGREGAT KASAR

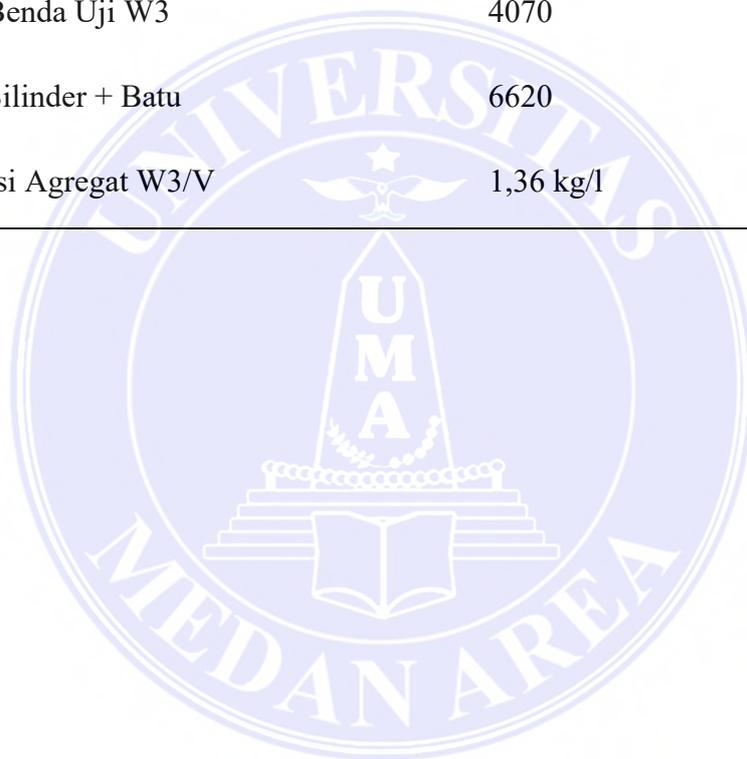
Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Sampel
Berat Jenis Kering (Bulk) $B_k / (W_2 + B_j - W_1)$	2,51
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) $B_j / (W_2 + B_j - W_1)$	2,53
Penyerapan $\{ (B_j - B_k) / B_k \} \times 100$	0,9 %

## HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Gembur (gr)	Padat (gr)
Berat Benda Uji W3	4070	4580
Berat Silinder + Batu	6620	7130
Berat Isi Agregat W3/V	1,36 kg/l	1,53 kg/l



## HASIL PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

Nama : Huda Bagus  
NPM : 178110081  
Agregat Asal : Jalan Megawati, Binjai  
Tanggal : 05 April 2022

Uraian	Berat Sampel (gr)
Berat Benda Uji Sebelum dicuci W3	1000
Berat Benda Uji Setelah dicuci W5	993,4
Kadar Lumpur = $(W3 - W5) / W3 \times 100 \%$	0.66%

## LAMPIRAN 2

### PERHITUNGAN MIX DESIGN BETON

1. Kuat tekan karakteristik

Kuat tekan rencana ialah mutu K-175, atau  $f_c' = 14,5$

2. Nilai tambah (M)

$M = 7,0$  Mpa, diketahui berdasarkan pada tabel 2.

Tabel Kuat tekan rata – rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar

Persyaratan kuat tekan $f_c$ Mpa	Kuat tekan rata - rata perlu, $f_{cr}$ Mpa
Kurang dari 21	$f_c + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f_c + 8,5$
lebih dari 35	$f_c + 10,0$

3. Kuat tekan beton rata-rata

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= f_c + M \\
 &= 14,5 + 7,0 \\
 &= 21,5 \text{ Mpa} = 219,23 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

4. Jenis semen

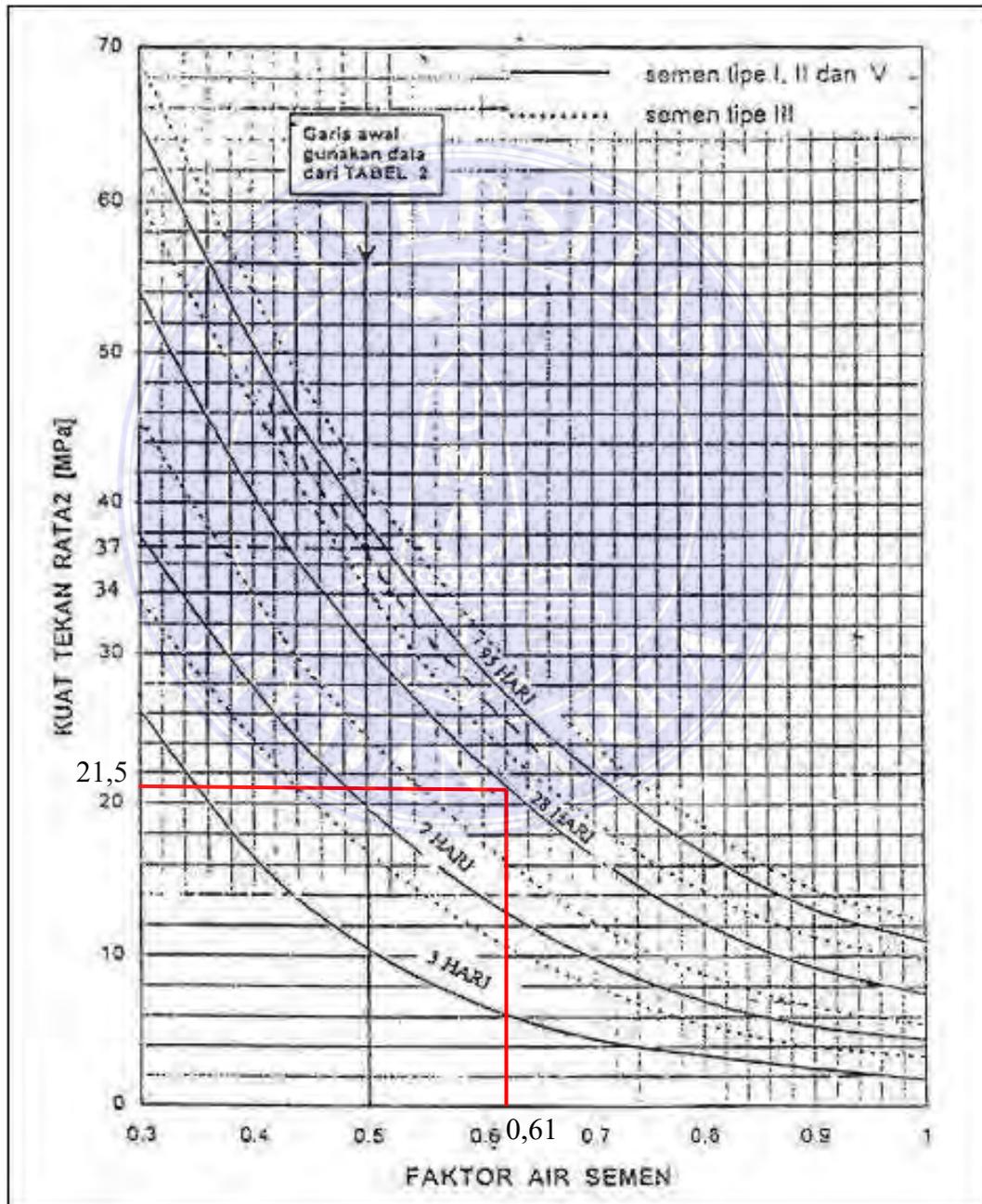
Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis semen tipe 1

5. Jenis agregat yang digunakan adalah :

- Agregat kasar : Batu pecah
- Agregat halus : Alami

## 6. Faktor air semen

Dari grafik yang dapat dilihat pada lampiran 1 yang berkaitan dengan hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan faktor air semen untuk benda uji silinder 15 x 30 cm, maka didapat nilai  $f_{as} = 0,61$



7. Menentukan fas maksimum

Dalam faktor perhitungan grafik faktor air semen didapat 0,61 sementara pada tabel didapat nilai fas maks 0,60 maka dipakai faktor air semen 0,60 dikarenakan diambil yang terkecil

8. Slump

Nilai slump yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah 75 – 150 mm

Tabel Menentukan nilai slump (SNI 03–2834-2000)

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Max (cm)	Min (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
<b>Pelat, balok, kolom, dinding</b>	<b>15,0</b>	<b>7,5</b>
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

9. Ukuran agregat maksimum

Ukuran agregat maksimum pada penelitian ini adalah 20 mm

10. Kadar air bebas

$$= \frac{2}{3} Ah + \frac{1}{3} Ak$$

$$= \frac{2}{3} (195) + \frac{1}{3} (Ak)$$

$$= 204,9 \text{ l/m}^3$$

Tabel Perkiraan kadar air bebas (kg/cm<sup>3</sup>) (SNI 03–2834-2000)

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250

20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

### 11. Kadar semen

$$\begin{aligned}
 \text{a. } W \text{ semen} &= W \text{ air} / f_{as} \\
 &= 204,9 / 0,60 \\
 &= 341,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

### 12. Kadar semen minimum

Berdasarkan tabel kadar semen minimum didapat 325 kg/m<sup>3</sup>

Tabel persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai lingkungan

lokasi	Jumlah semen Minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan :		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah :		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Tabel tersendiri	Tabel tersendiri

### 13. Gradasi agregat halus

Ditetapkan masuk daerah susunan butir zona 3 yang dapat dilihat pada lampiran berdasarkan hasil analisa ayak masing – masing pasir

Tabel Hasil Pemeriksaan Analisa Ayak Agregat Halus (huda bagus,2022)

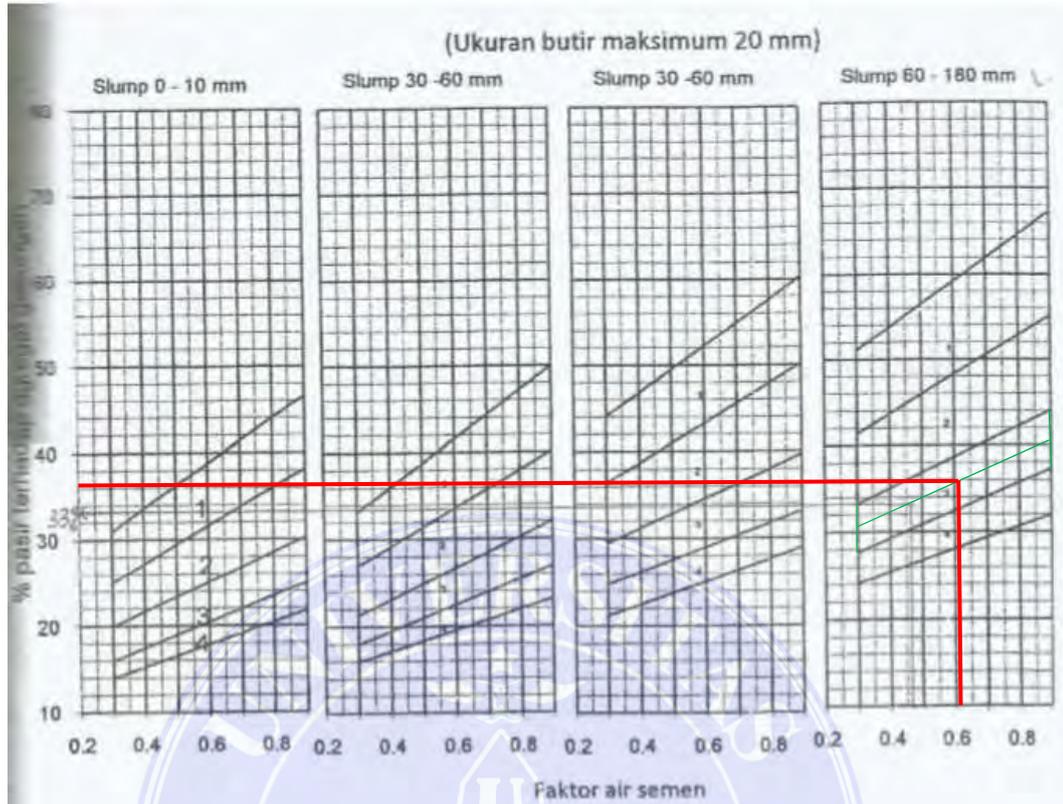
Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Persentase (%)	
			Tertahan	Lolos
4,8	0	0	0	100
2,4	0	0	0	100
1,2	14	14	2,8	97,2
0,6	91	105	21	79
0,3	253	358	71,6	28,4
0,15	107	465	93	7
0,075	9	474	94,8	5,2
PAN	26	500	100	0
Jumlah	500		283,2	

Tabel Gradasi Pasir (Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah	Daerah	Daerah	Daerah
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50

### 14. Persentase agregat halus

% Agregat halus = 36 %, dapat dilihat pada grafik dalam lampiran 2 dengan nilai slump 60 – 180 mm.



Gambar grafik persentase jumlah pasir daerah no. 1, 2, 3, 4

15. Persentase agregat kasar

= 64 % merupakan pengurangan dari 100 % terhadap nilai persen agregat halus adalah sebagai berikut =  $100 \% - 36 \% = 64 \%$

16. Berat jenis relatif

Berat jenis agregat halus (SSD) = 2,54

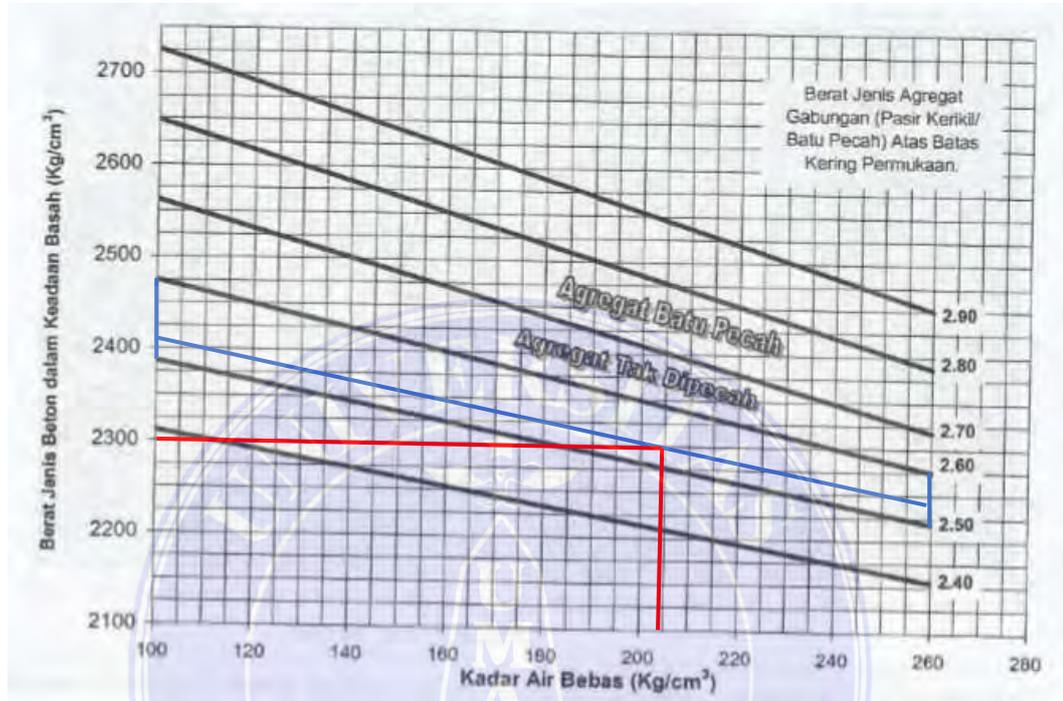
Berat jenis agregat kasar (SSD) = 2,53

17. Bj agregat gabungan

a. = 2,533 didapat dari penggabungan antara agregat halus dan agregat kasar, maka cara perhitungannya adalah sebagai berikut =  $(36 \% \times 2,54) + (64 \% \times 2,53) = 2,533$

18. Bj beton basah

Diperoleh dari grafik yang dapat dilihat pada lampiran 2, yang menunjukkan nilai BJ beton yang direncanakan pada grafik tersebut didapat  $2300 \text{ kg/cm}^3$ .



Sumber : Hasil data pengujian, 2022

#### 19. Kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned} \text{Ag campuran} &= B_j \text{ beton} - W \text{ semen} - W \text{ air} \\ &= 2300 - 341,5 - 204,9 \\ &= 1753,6 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

#### 20. Kadar agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ah} &= 35\% \times 1753,6 \\ &= 613,75 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

#### 21. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ak} &= 67\% \times 1607,243 \\ &= 1139,45 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

### LAMPIRAN 3

#### Dokumentasi

PENGUJIAN KOKOH TEKAN BETON										Alat - Mesin Compression Test - Timbangan	
No	Benda Uji	Tanggal		Berat (kg)	Umur (hari)	F'c Rencana	Beban Tekan (kN)	Kasio Ummur	Luas Benda Uji (cm <sup>2</sup> )		Jumlah Benda Uji 8 Benda
		Cetak	Uji							Koloh Tekan Beton, K (kg/cm <sup>2</sup> )	
PC - 0103 - 76 (ASTM C - 39 - 72) (ASTM C - 192 - 69) (ASTM C - 617 - 71 A)											
1	Silinder 1 0%	29/06/2022	27/07/2022	12,46	28	14,2 Mpa	338,30	1.000	176,630	187,90	187,90
2	Silinder 1 2%	29/06/2022	27/07/2022	12,21	28	14,2 Mpa	299,70	1.000	176,630	171,51	171,51
3	Silinder 1 4%	29/06/2022	27/07/2022	11,96	28	14,2 Mpa	182,80	1.000	176,630	104,61	104,61
4	Silinder 1 6%	29/06/2022	27/07/2022	11,61	28	14,2 Mpa	153,20	1.000	176,630	87,67	87,67
5	Silinder 1 8%	29/06/2022	27/07/2022	12,07	28	14,2 Mpa	333,4	1.000	176,630	191,94	191,94
6	Silinder 2 2%	29/06/2022	27/07/2022	12,14	28	14,2 Mpa	326,1	1.000	176,630	186,62	186,62
7	Silinder 2 4%	29/06/2022	27/07/2022	11,98	28	14,2 Mpa	198,6	1.000	176,630	113,65	113,65
8	Silinder 2 6%	29/06/2022	27/07/2022	11,66	28	14,2 Mpa	178,6	1.000	176,630	102,21	102,21
Pekerjaan: Penelitian Tugas Akhir											
Zakari Universitas Kawali Sampo Thomas Medan											
Di uji oleh - Josua Harunuk - Arie Surbaka											
Di ketik oleh Kipula Lakrisanur Beaul											
											
LABORATORIUM BETON FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL UNIKA SANTO THOMAS SUMATERA UTARA Jl. Sawit Blvd No.474-F, Medan 20132 Telp:02101611 Est.232											
Pemohon Perijinan: Huda Bagus (178110081)											



UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS SUMATERA UTARA  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

Jl. Setia Budi No. 479-F Tanjung Sari - Medan 20132 ☎ (061) 8210161 (4 Lines) ; Fax : (061) 8213269

SURAT KETERANGAN

Nomor : 006/Lab.Beton-UKS/A.52/2023

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ir. Martius Ginting,MTSi  
Jabatan : Kepala Laboratorium Beton & Bahan Bangunan  
Dengan ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :  
Nama : Huda Bagus  
N P M : 178110081  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul TGA : Analisis Penggunaan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Beton.

Telah selesai melaksanakan penelitian di Laboratorium Beton & Bahan Bangunan sesuai dengan surat permohonan dari Universitas Medan Area.  
Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 18 Januari 2023

Kepala Lab. Beton & Bahan Bangunan



Ir. Martius Ginting,MTSi



Abu boiler pabrik kelapa sawit



Analisa saringan agregat



Menimbang agregat kasar



Menimbang agregat halus



Proses Perendaman Agregat



Mengeringkan agregat



Pemeriksaan agregat



Pengecoran bahan



Penentuan nilai slump



Perendaman benda uji



Pengangkatan benda uji



Melapisi beda uji dengan belerang



Menimbang benda uji



Pengujian kuat tekan beton

