

**INOVASI BETON RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS
MODERATE VOLUME MENGGUNAKAN ABU AMPAS TEBU**

SKRIPSI

OLEH:

**ROMI ANDRE HASIBUAN
198110103**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 17/1/24

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

Access From (repository.uma.ac.id)17/1/24



**INOVASI BETON RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS
MODERATE VOLUME MENGGUNAKAN ABU AMPAS TEBU**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**ROMI ANDRE HASIBUAN
198110103**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Inovasi Beton Ramah Lingkungan Berbasis *Moderate*
Volume Menggunakan Abu Ampas Tebu**
Nama : **Romi Andre Hasibuan**
NPM : **198110103**
Fakultas : **Teknik**

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T
Pembimbing


Dr. Rani Sidiq Kom, M.Kom
Dekan Fakultas Teknik


Rani Wulandari, S.T., M.T
Ka. Prodi Teknik Sipil

Tanggal Lulus : 4 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, 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 di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 4 Agustus 2023

Romi Andre Hasibuan
198110103

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

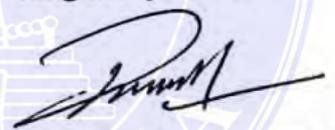
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Romi Andre Hasibuan
NPM : 198110103
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Inovasi Beton Ramah Lingkungan Berbasis *Moderate Volume* Menggunakan Abu Ampas Tebu. Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif 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: 4 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Romi Andre Hasibuan)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sigaol Pada tanggal 18 Januari 2001 dari ayah R. Hasibuan dan ibu Rauli Manurung. Penulis merupakan putra kelima dari lima bersaudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Balige dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Yodya Karya.



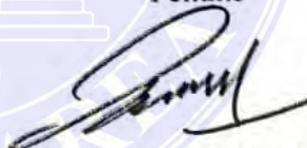
KATA PENGANTAR

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 uji kuat tekan beton dengan judul Inovasi Beton Ramah Lingkungan Berbasis *Moderate Volume* Menggunakan Abu Ampas Tebu.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 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 saya 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.

Penulis



(Romi Andre Hasibuan)

ABSTRAK

Gagasan tentang bangunan hijau (*green building*) yang ramah lingkungan atau tidak berbahaya bagi ekosistem saat ini sedang dikembangkan secara serius dalam bidang pembangunan. Perbaikan berikut ini bukan sekedar ide, namun telah dibuat peraturan dan pedoman dalam penataan, pelaksanaan dan proyek pembangunan yang benar-benar memperhatikan kondisi ekologi dan dampaknya terhadap iklim yang ditimbulkan. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton. Pembuatan campuran beton mengacu pada SNI 2834-2000 tentang cara pembuatan beton normal. Benda uji pada penelitian kuat tekan beton adalah silinder ukuran 15 x 30 cm. Variasi penambahan abu ampas tebu sebesar 2,5%, 5%, dan 7% terhadap berat semen. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa kuat tekan maksimum terdapat pada variasi campuran abu ampas tebu yaitu dengan perbandingan 2,55%, dengan nilai kuat tekan rata – rata 16,575 Mpa, apabila persentase abu ampas tebu ditambah proporsi campurannya maka kuat tekannya cenderung terjadi penurunan. Hal ini terlihat jelas dimana persentase abu ampas tebu sebesar 7% pada substitusi semen mengalami kuat tekan rata-rata penurunannya sebesar 12,115 Mpa, masalah yang mungkin terjadi dalam pemanfaatan abu ampas tebu untuk pembuatan beton yaitu besarnya nilai absorpsi air yang terjadi. Hal ini dapat menyebabkan beton menjadi keropos bisa berakibat menurunkan kuat tekannya.

Kata Kunci : Beton, Ramah Lingkungan, Abu Ampas Tebu, Kuat Tekan

ABSTRACT

The idea of green buildings that are environmentally friendly or not harmful to the ecosystem is currently being seriously developed in the field of development. The following improvements are not just ideas, but regulations and guidelines have been made in structuring, implementing and developing projects that really pay attention to ecological conditions and their impact on the climate caused. This research aims to determine the effect of the bagasse ash mixture on the compressive strength of concrete. Making concrete mixtures refers to SNI 2834-2000 regarding how to make normal concrete. The test object in the concrete compressive strength research is a cylinder measuring 15 x 30 cm. Variations in adding bagasse ash are 2.5%, 5% and 7% to weight. cement. From the results of research that has been carried out, the maximum compressive strength is found in variations of the bagasse ash mixture, namely with a ratio of 2.55%, with an average compressive strength value of 16.575 Mpa. If the percentage of bagasse ash is added to the mixture proportion, the compressive strength tends to decrease. This can be clearly seen where the percentage of bagasse ash of 7% in the cement substitution experienced an average decrease in compressive strength of 12.115 Mpa. The problem that may occur in the use of bagasse ash for making concrete is the large water absorption value that occurs. This can cause the concrete to become porous and can result in reducing its compressive strength.

Keywords: Concrete, Environmentally Friendly, Sugarcane Bagasse 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 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu	6
2.3 Pengertian Umum Beton	8
2.4 Sifat-Sifat Beton	9
2.4.1 Kemampuan Dikerjakan (<i>Workability</i>)	9
2.4.2 Sifat Ketahanan Beton	9
2.4.3 Sifat Kedap Air	10
2.4.4 Daya Kuat Tekan	10
2.4.5 Kekenyalan	11
2.4.6 Rangkak	11
2.4.7 Penyusutan	12
2.4.8 Sifat Panas	12
2.4.9 Berat Beton	12
2.5 Keunggulan dan Kelemahan Beton.....	13
2.6 Jenis Beton	14
2.7 Bahan Penyusun Beton	18
2.7.1 Semen	19
2.7.2 Agregat	20
2.4.3 Air.....	25
2.8 Abu Ampas Tebu.....	27
2.8.1 Karakteristik Abu Ampas Tebu.....	28

2.8.2	Abu Pembakaran Ampas Tebu.....	28
2.9	Perencanaan Campuran Beton Normal (<i>Mix Design</i>) Menurut SNI 03-2834-2000.....	30
2.10	<i>Slump</i>	39
2.11	Kuat Tekan Beton.....	40
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1	Metode Penelitian	43
3.2	Lokasi Penelitian	44
3.3	Bahan dan Peralatan.....	44
3.3.1	Bahan	44
3.3.2	Peralatan	45
3.4	Persiapan Penelitian	46
3.4.1	Persiapan	46
3.4.2	Pemeriksaan Agregat	46
3.5	Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	46
3.5	Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)	46
3.5	<i>Mix Design</i> Berdasarkan SNI 03-2834-2000	47
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1	Karakteristik Material	55
4.2	Perencanaan Campuran	57
4.2.1	Perencanaan Campuran Beton Normal 20 Mpa	57
4.2.2	Perencanaan Campuran Beton Substitusi abu ampas tebu	58
4.3	Pengujian Kuat Tekan	59
4.3.1	Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan Variasi Campuran Abu ampas Tebu	59
BAB IV.	SIMPULAN DAN SARAN	61
5.1	Kesimpula	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

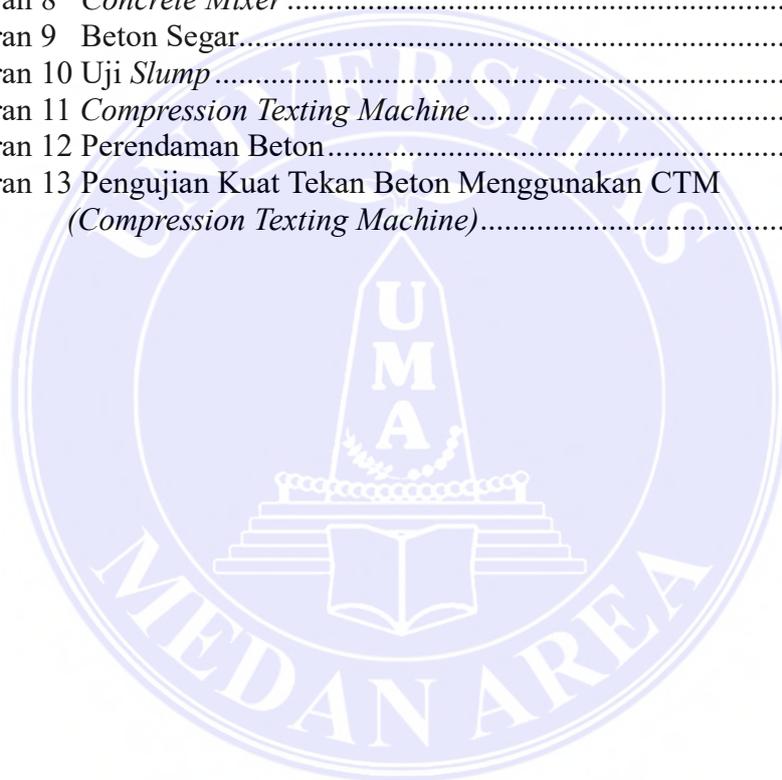
	Halaman
Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang .	8
Tabel 2. Hasil Uji Unsur Oksida Semen <i>Portland</i>	21
Tabel 3. Batas Gradasi agregat kasar	22
Tabel 4. Batas Gradasi agregat halus	24
Tabel 5. Hasil pengujian abu ampas tebu sebelum pembakaran	30
Tabel 6. Hasil pengujian abu ampas tebu setelah pembakaran	30
Tabel 7. Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia	31
Tabel 8. Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	34
Tabel 9. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	35
Tabel 10. Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah di toleransikan	41
Tabel 11. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	41
Tabel 12. Pemeriksaan agregat halus	46
Tabel 13. Pemeriksaan agregat halus	47
Tabel 14. Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	47
Tabel 15. Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia....	48
Tabel 16. Perkiraan kadar air bebas tingkat untuk kemudahan pengerjaan adukan beton	50
Tabel 17. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)	55
Tabel 18. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (kerikil)	56
Tabel 19. Data Hasil Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton Normal	57
Tabel 20. Hasil perhitungan mix design beton normal Untuk 16 benda uji	58
Tabel 21. Komposisi beton normal dan abu ampas tebu untuk satu silinder.....	58
Tabel 22. Kuat tekan beton normal dan variasi campuran abu ampas tebu	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 10 mm	23
Gambar 2. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm	23
Gambar 3. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm	24
Gambar 4. Batas gradasi agregat pasir no 1	25
Gambar 5. Batas gradasi agregat pasir no 2	25
Gambar 6. Batas gradasi agregat pasir no 3	26
Gambar 7. Batas gradasi agregat pasir no 4	26
Gambar 8. Abu ampas tebu setelah dilakukan pembakaran.....	29
Gambar 9. Abu ampas tebu setelah dilakukan pembakaran.....	31
Gambar 10. Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton	33
Gambar 11. Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.....	33
Gambar 12. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimun 10 mm	36
Gambar 13. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimun 20 mm	36
Gambar 14. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimun 40 mm	37
Gambar 15. Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	38
Gambar 16. Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 17. Lokasi Penelitian	44
Gambar 18. Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm.....	49
Gambar 19. Persentase agregat halus dan agregat kasar	51
Gambar 20. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan	53
Gambar 21. Rata-rata persen lolos agregat halus	56
Gambar 22. Kuat tekan beton normal dan variasi campuran ampas tebu...	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Semen <i>Portland</i> Tipe 1	65
Lampiran 2 Agregat Halus (Pasir).....	65
Lampiran 3 Agregat Kasar (Kerikil)	65
Lampiran 4 Abu Ampas Tebu.....	66
Lampiran 5 Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.....	66
Lampiran 6 Alat Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar	66
Lampiran 7 <i>Shieve Shaker</i> (pemisah partikel kasar hingga memperoleh partikel halus).....	67
Lampiran 8 <i>Concrete Mixer</i>	67
Lampiran 9 Beton Segar.....	67
Lampiran 10 Uji <i>Slump</i>	68
Lampiran 11 <i>Compression Texting Machine</i>	68
Lampiran 12 Perendaman Beton.....	68
Lampiran 13 Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan CTM (<i>Compression Texting Machine</i>).....	69



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gagasan tentang bangunan hijau (*green building*) yang ramah lingkungan atau tidak berbahaya bagi ekosistem saat ini sedang dikembangkan secara serius dalam bidang pembangunan. Perbaikan berikut ini bukan sekedar ide, namun telah dibuat peraturan dan pedoman dalam penataan, pelaksanaan dan proyek pembangunan yang benar-benar memperhatikan kondisi ekologi dan dampaknya terhadap iklim yang ditimbulkan. Salah satu bagian penting dari gagasan struktur hijau adalah penggunaan bahan-bahan pembangunan yang tidak berbahaya bagi ekosistem. Dimana bahan-bahan pembangunan ini diambil, diolah, dimanfaatkan dan dipelihara dengan komitmen yang dapat diabaikan terhadap kerusakan alam. Demikian pula halnya dengan material besar yang saat ini banyak digunakan di hampir semua bangunan yang sedang dibangun. Beton terbuat dari beton, pasir, batu, dan air, yang kadang-kadang juga ditambahkan bahan tambahan lainnya untuk menghasilkan tampilan besar yang sempurna (Fristly, 2020).

Beton berbasis *moderate* volume adalah jenis beton yang mempunyai kadar folio (beton), total (pasir, batu dan batu pecah) yang cukup, dan air. Luasan moderat ini dimaksudkan untuk menghasilkan bahan yang mempunyai kekuatan dan kekokohan yang cukup, serta sifat kerja yang bagus. Beton jenis ini sering digunakan dalam berbagai bangunan seperti jalan, bangunan dan desain lainnya. Tingkat dan kualitas spesifik mungkin berfluktuasi tergantung pada kebutuhan proyek tertentu.

Saat ini, dunia, termasuk Indonesia, sedang mengalami kemajuan pembangunan vertikal karena peningkatan suhu di seluruh bumi. Beton umumnya digunakan untuk konstruksi pondasi seperti pekerjaan struktur, jalan, bendungan, perancah dan lain-lain. Bahan-bahan yang dimanfaatkan dalam pembangunan terdiri dari air, bahan kasar (batu pecah, batuan), bahan halus (pasir) dan beton portland yang dalam siklus pembuatannya banyak mengeluarkan gas CO₂ (karbon dioksida) dan mengakibatkan peningkatan emisi karbon dioksida, hal ini Penting untuk segera dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi laju penciptaan gas yang mencemari iklim, tentunya hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan pozzolan sebagai bahan campurannya, salah satunya adalah pemanfaatan sisa ampas tebu yang merupakan bahan geopolimer (Epan, 2019).

Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika alumina yang praktis tidak memiliki sifat semen, namun bila berada dalam struktur butiran halus dan dalam kondisi lembab, ASTM C 125-07 (2007). Dengan ukuran butirannya yang halus dan kandungan silika yang tinggi, limbah serat ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti beton. Pemanfaatan limbah serat ampas tebu sebagai pengganti beton juga mengurangi pencemaran alam akibat berkurangnya emisi bahan perusak ozon, khususnya CO₂ akibat pembuatan beton. Serbuk ampas tebu mempunyai kandungan yang paling baik sebagai bahan utama penyusun beton Portland, antara lain digunakan sebagai bahan pozzolan. juga dapat meningkatkan kuat tekan semen (Katrina, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh substitusi abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton normal.
2. Untuk mengetahui cara pembuatan beton normal berdasarkan pedoman yang di ikuti.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai alternatif lain dalam bahan konstruksi bangunan guna memanfaatkan abu ampas tebu, atau dapat memberikan inovasi baru sebagai bahan tambah semen yang ramah lingkungan, sehingga biaya material bangunan dapat menjadi lebih ekonomis dan mudah di olah. Dan guna memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengenai pengembangan dan pemanfaatan abu ampas tebu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait inovasi untuk mensubstitusi semen dengan ampas tebu sudah dilakukan beberapa peneliti terdahulu.

1. Ely Mulyati (2022) telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Ringan” tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu dengan campuran serat kawat bendrat yang bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton ringan, mengetahui perbandingan kuat tekan dan kuat lentur beton ringan yang diberi tambahan serat kawat bendrat dan tanpa tambahan serat kawat bendrat. Penelitian ini menggunakan campuran *foaming agent* 10%, abu ampas tebu 12%, dan serat kawat bendrat 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dengan jumlah sampel yaitu 4 benda uji untuk kuat tekan dan 3 benda uji untuk kuat lentur. Hasil kuat tekan rata-rata yang diperoleh berturut-turut sebesar 98,57 kg/cm², 99,14 kg/cm², 99,71 kg/cm², dan 101,59 kg/cm². Sedangkan hasil kuat lentur rata-rata sebesar 88,3 kg/cm², 92,7 kg/cm², 128,0 kg/cm², 110,3 kg/cm². Dari nilai yang diperoleh bahwa semakin banyak jumlah serat kawat bendrat yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai kuat tekan dan kuat lentur.
2. Gerry Phillip Rompas (2013) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur

Dan Modulus Elastisitas” yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen pada beton terhadap kuat tarik lentur dan mengetahui pengaruh abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen pada beton terhadap modulus elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi persentase AAT maka semakin rendah workability beton segar. Penggunaan AAT tidak mempengaruhi peningkatan kuat tarik lentur tetapi memberi peningkatan pada modulus elastisitas dan kuat tekan. Modulus elastisitas beton dengan AAT lebih besar dari beton tanpa AAT kecuali pada prosentase 15%. Kuat tekan yang diperoleh melebihi kuat tekan yang direncanakan dan peningkatan terbesar terjadi pada Prosentase 5%. secara keseluruhan AAT dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi parsial semen dalam campuran beton dengan prosentase optimum pada persentase 5% berdasarkan kekuatan dan *workability*nya.

3. Ika Styaningsih dkk (2022) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Campuran Abu Ampas Tebu Dan *Flyash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton dengan campuran abu ampas tebu dan *flyash*. Benda uji dibuat dalam bentuk silinder 150 mm x 300 mm dengan perawatan beton akan dilakukan selama 28 hari dengan cara perendaman pada air normal. Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa berat silinder beton dengan 4 variasi memiliki rata-rata berat 12.43 kg dan rata-rata kuat tekan 20.29 MPa untuk beton normal. Beton dengan 0% abu ampas tebu + 7% *flyash*

menghasilkan kuat tekan rerata 18.51 MPa sementara beton dengan 10% abu ampas tebu + 7% flyash memiliki rata-rata kuat tekan 14.91 MPa. Selanjutnya, rata-rata kuat tekan untuk beton dengan 20% abu ampas tebu + 7% flyash adalah 13.57 MPa.

4. Ahmad Syaifullah (2021) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Serat Ampas Tebu Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kekuatan Dan Biaya” salah satu alternatif untuk menambah kualitas batako yaitu dengan mengubah campuran dari ampas tebu Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas batako menggunakan limbah serat ampas tebu untuk mengetahui nilai kuat tekan dan daya serap air batako pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini adalah nilai kuat tekan batako dengan variasi penambahan serat ampas tebu 0%, 25% sebesar 133, 185 kg/cm², 29,037 kg/cm² yang memenuhi kriteria bata beton pejal IV, dengan variasi campuran ampas tebu 50%, 75% sebesar 4,296 kg/cm², 2,222 kg/cm² tidak memenuhi kriteria bata beton pejal I, II, III, maupun IV. Nilai daya serap air batako dengan variasi penambahan serat ampas tebu 0%, 25%, 50%, 75% sebesar 5,911%, 5,004%, 4,913%, 3,436%.

2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan menemukan beberapa referensi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Studi penelitian terdahulu sangat penting sebagai bahan acuan yang membantu peneliti dalam merumuskan asumsi dasar, untuk mengembangkan penelitian berikut adalah 4 (empat) hasil

penelitian terdahulu yang bisa jadi refrensi untuk penelitian, diantaranya ditampilkan pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul	Peneliti Tedahulu	Perbedaan dengan Penelitian ini
1	Ely Mulyati (2022)	Pengaruh Pemanfaatann Abu Ampas Tebu dan Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Ringan	1. benda uji kubus Sebagian semen sebesar 12% 2. beton ringan diuji kuat tekan dan kuat lentur pada umur 14 hari.	1. benda uji Silinder substitusi campuran 2,5%, 5%, dan 7% dari berat semen 2. Diuji Kuat Tekan beton pada Umur 14 dan 28 hari
2	Gerry Phillip Rompas (2013)	Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas	1. Nilai kuat Rencana yaitu 30 MPa 2. menggunakan benda uji Balok 10 x 10 x 50 cm dan silinder 3. AAT dibakar. AAT dijadikan sebagai substitusi semen dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%	1. Mutu beton rencana 20 Mpa 2. Benda uji silinder 15 cm x 30 cm 3. AAT dibakar di sampai berubah jadi abu substitusi campuran 2,5%, 5%, dan 7%
3	Ika Styaningsih (2022)	Pengaruh Campuran Abu Ampas Tebu Dan Flyash Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal	1. Benda uji yang dibuat sebanyak 9 silinder yang terdiri dari empat variasi campuran umur 28 hari 2. Mencampur limbah abu ampas tebu dan fly ash	1. Benda uji berjumlah 16 silinder terdiri dari empat variasi campuran dengan umur 14 dan 28 hari 2. Hanya campuran abu ampas tebu saja

Lanjutan tabel 1.

No	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul	Peneliti Tedahulu	Perbedaan dengan Penelitian ini
4	Ahmad Syaifullah (2021)	Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Serat AmpasTebu Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kekuatan Dan Biaya	1. persentasi agregat halus limbah ampas tebu 25%, 50%, dan 75% 2. Persentase agregat halus limbah ampas tebu 25%, 50%, dan 75 %	1. kuat tekan beton terhadap penambahan abu ampas tebu 2,5%, 5%, dan 7%) 3. subsitusi campuran 2,5%, 5%, dan 7% dari berat semen

2.3 Pengertian Umum Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah gabungan semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, tanpa tambahan bahan apa pun (*admixture*). Seiring dengan bertambahnya umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada umur 28 hari. Beton memiliki kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak digunakan untuk berbagai jenis struktur terutama struktur bangunan gedung, jembatan dan jalan dan lain-lain. Kekuatan beton bergantung pada kesesuaian campuran, kualitas bahan dasar penyusun beton (semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah), cara menakar dan menggabungkan, kelembaban di sekitar beton, dan metode perawatan agar kekuatan beton yang dihasilkan mencapai sesuai rencana maka perlu dilakukan rencana adukan beton atau *mix design* yang bertujuan untuk memperoleh kebutuhan semen, pasir, kerikil, dan air.

2.4 Sifat-Sifat Beton

Untuk mencapai kekuatan substansial yang ideal, khususnya untuk memenuhi kekuatan desain, maka perlu diketahui sifat-sifat beton secara keseluruhan sebagai berikut:

2.4.1 Kemampuan Dikerjakan (*Workability*)

Sifat *workability* merupakan suatu proporsi dari kesederhanaan dalam menggabungkan bahan-bahan substansial menjadi satu untuk menciptakan suatu kombinasi yang bersifat sedemikian rupa sehingga perpaduan tersebut tidak sulit untuk dituangkan, dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran dan menurunkan mutu beton. Kemampuan dikerjakan dapat diukur dari kekental dengan menggunakan alat slump (*slump test*) yang berbentuk kerucut terpancung. Pengambilan nilai slump tergantung dari jenis pengerjaan beton.

2.4.2 Sifat Ketahanan Beton

Untuk mendapatkan sifat ketahanan dari beton maka hal-hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

1. Dampak iklim dan pembekuan pada musim dingin, serta perkembangan dan penarikan yang disebabkan oleh cuaca basah dan kering atau hangat dan dingin seiring dengan perubahan kondisi cuaca.
2. Perlindungan dari senyawa sintetik, dampak ini ditimbulkan oleh senyawa-senyawa seperti air laut, air rawa dan air limbah, senyawa limbah modern, limbah kota, dan lain-lain yang dapat merusak kekuatan semen.

3. Ketahanan terhadap erosi, pengaruh erosi yang dapat mengakibatkan terjadinya lubang-lubang, gugus karena adanya gesekan benda yang terbawa air.

2.4.3 Sifat Kedap Air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara pada saat pengecoran. Rongga udara ini akan membentuk saluran-saluran kapiler mengakibatkan air dapat merusak dari luar kedalam atau tembus kebeton. Jika saluran saluran kapiler itu tidak tertutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Jadi untuk membuat beton yang kedap air, beton harus dibuat sepadat mungkin dan perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin untuk keperluan hidrasi semen.

Hal-hal yang mempengaruhi sifat kedap airnya beton adalah sebagai berikut

1. Perbandingan air dan semen dalam campuran beton (kualitas dan porositas).
2. Kepadatan (hasil pemadatan/penggetaran dengan *vibrator*).
3. Selalu cukup air pada saat *curing* (4 minggu), umur beton bertambah, kedap air turun.
4. Gradasi agregat (memenuhi spesifikasi yang ditetapkan).

2.4.4 Daya Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima atau menahan beban sampai batas kehancurannya. Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara pembuatan benda uji kubus maupun silinder yang kemudian ditekan dengan menggunakan mesin *Press Srenght*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu:

- 1) Jenis semen dan mutunya
- 2) Jenis dan kondisi agregat.
- 3) Kualitas pembuatannya
- 4) Tingkat perawatan.
- 5) Pengaruh suhu.
- 6) Umur beton itu sendiri.

2.4.5 Kekenyalan

Beton sesungguhnya bukanlah suatu barang yang kenyal, dimana grafik distorsi (*Stress Strength*) signifikan yang telah mengeras sempurna akan menunjukkan garis miring yang cukup berlawanan hingga muncul pada regangan kerja terbaik. Menjamin modulus semen multiguna secara teratur diselesaikan dalam setengah gudang terbesar, pada umumnya kolosal, yang memiliki kekuatan tekan tinggi dan memiliki angka modulus serbaguna yang tinggi.

2.4.6 Rangkak

Ini adalah penyesuaian bentuk karena perluasan tumpukan atau sebaliknya jika tumpukan dihilangkan, maka akan sedikit berubah. Apabila suatu benda mengalami tegangan tetap, maka benda tersebut akan mengalami pemendekan, khususnya:

1. Perpendekan yang dapat kembali semula. Perpendekan ini erat hubungannya dengan kekenyalan.
2. Perpendekan yang terus bertambah atau kalau beban dibebaskan, akan berubah sebagian, perpendekan ini disebabkan oleh penurunan pori-

pori dalam. Aliran dari pasta semen, pergerakan Kristal dalam agregat dan terjadinya tekanan air dari gelombang semen karena adanya tekanan. Sifat rangkai ini perlu dipertimbangkan bagi konstruksi yang terus menerus mendapat beban.

2.4.7 Penyusutan

Penyusutan yang terjadi pada beton jika mengalami kekeringan pada waktu proses pengerasan. Penyusutan pada beton terjadi:

- 1) Penyusutan awal beton ketika masih dalam keadaan cair / plastis akibat reduksi dari volume air dengan semen mencapai 1 % dari volume *absolute* semen kering.
- 2) Penyusutan kering berlanjut dari beton ketika mengeras dan menjadi kering.

2.4.8 Sifat Panas

Beton Sifat panas beton diakibatkan karena *hydrasi* semen oleh air terutama pada beton yang tebal, panas terkonsentrasi dalam beton. Untuk menghindari panas yang berlebihan, maka diusahakan:

1. Penggunaan semen minimum dengan memenuhi persyaratan (kekuatan tetap terpenuhi).
2. Penggunaan semen *type V* akan mengurangi panas *hydrasi*.

2.4.9 Berat Beton

Berat beton terutama dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. Contohnya untuk beton bendungan yang memakai manfaat berat maka berat beton ini sangat penting untuk itu dipakai agregat yang menghasilkan isi beton yang besar.

2.5 Keunggulan dan Kelemahan Beton

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut:

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat,
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah,
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya,
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton jua memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam,

1. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula,
2. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

2.6 Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok dan pelat. Menurut Mulyono (2005). terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut:

1. Beton non pasir
Seperti namanya, beton non-pasir, proses pembuatannya sama sekali tidak menggunakan agregat halus (pasir). Hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga-rongga yang berisi udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tanpa pasir, persentase semen pada beton ini juga lebih sedikit. Beton non-pasir biasanya digunakan pada pembuatan struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton.
2. Beton Ringan
Beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang lebih ringan daripada beton pada umumnya. Seringkali ditambahkan zat aditif yang dapat

menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung udara di dalam adonan beton dan menggunakan agregat yang bersifat ringan seperti (*fly ash*), batu apung, untuk campuran semen biasanya menambahkan pozzolan, silika dan banyak lagi yang bersifat ringan yang cocok untuk campuran pada beton ringan yang bisa menghasilkan gelembung udara di rongga-rongga beton. Banyaknya gelembung udara yang terjadi menyebabkan volume adonan juga semakin besar sementara bobotnya lebih ringan dibandingkan beton lain dengan volume yang sama. Beton ringan biasanya digunakan untuk dinding yang tidak menopang beban atau non-struktural.

3. Beton Hampa

Beton hampa merupakan jenis beton yang spesifik. Disebut sebagai beton hampa karena memang beton ini bersifat hampa. Hal ini tidak terlepas dari proses pembuatan beton tersebut. Dalam pembuatan beton hampa, beton menjadi hampa karena dilakukan penyedotan air pengencer yang terkandung di dalam adukan beton memakai *vacum* khusus. Akibatnya beton hanya mengandung air yang sudah bereaksi dengan semen saja. Sehingga kekuatan yang dimilikinya pun sangat tinggi. Beton hampa banyak dimanfaatkan pada gedung pencakar langit.

4. Beton Serat

Beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adonan beton, seperti: asbestos, plastik, kawat baja, dan sebagainya. Tujuan penambahan sertesebut adalah untuk meningkatkan kekuatan

tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat berupa serat alam atau serat buatan.

5. Beton mortar

Mortar adalah pasta dari campuran semen, pasir, dan air yang berguna untuk mengikat, mengisi, dan menutup celah yang tidak beraturan antara rongga-rongga bangunan seperti pasangan batu, batu bata, dan beton. Nilai kuat tekan mortar paling maksimum pada umur mortar 7 hari terjadi pada komposisi campuran dengan penggunaan ASP 0% yaitu sebesar 9,

14 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan paling minimum terjadi pada komposisi campuran beton dengan ASP 10% yaitu sebesar 7,91 MPa.

6. Beton massa

Beton massa adalah volume penuangan beton yang sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Beton ini digunakan dalam pembuatan pilar-pilar bangunan, pondasi berukuran besar, dan juga bendungan. Pada bendungan biasanya dibedakan antara beton massa dalam dan beton massa luar dimana beton massa dalam tidak terpengaruh cuaca luar sedangkan beton massa luar terpengaruh cuaca luar sehingga ada persyaratan khusus yaitu nilai faktor air semen antara 0,50 sampai 0,70.

7. Beton bertulang

Beton bertulang adalah adukan beton yang memiliki tulangan dari baja. Penambahan tulangan baja ini akan meningkatkan kekuatan terhadap gaya tarik dan juga *ductility* struktur bangunan. Beton bertulang umumnya digunakan pada struktur bangunan karena sifatnya yang kuat. Oleh karena itu, beton ini sering digunakan untuk bagian pondasi, balok ikat, plat beton, kolom, balok, maupun dinding geser. Selain itu, beton bertulang juga dapat di gunakan untuk dinding penahan tanah.

8. Beton prategang

Beton prategang ialah beton bertulang dimana sudah disebabkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian yg sedemikian rupa sampai tegangan-tegangan akibat beton- beton dapat dinetralkan sampai suatu tingkat yg diinginkan. Klasifikasi beton prategang dibagi menjadi dua berdasarkan cara memberikan tegangannya, yaitu prategang pra-tarik (*pretensioned prestressed concrete*) dan prategang pasca-tarik (*Post tensioned prestressed concrete*).

9. Beton pracetak

Beton pracetak atau biasa disebut beton *precast* adalah beton yang dibuat terpisah di luar area pekerjaan. Hal ini biasanya dilakukan karena terbatasnya lahan area pekerjaan dan juga pengerjaan beton pracetak lebih praktis mutu nya bagus karena diawasi secara baik dan dibuat sesuai standart yang telah ditetapkan di pabrik pembuatan beton *precast*. Pengerjaan bangunan dapat dipersingkat sehingga lebih efektif dan efisien. Karena *precast concrete* (beton pracetak) dibuatnya di

pabrik sehingga kekuatan uji di lokasi tidak diperlukan lagi, dari segi waktu tentu *precast concrete* (beton pracetak) lebih cepat karena tinggal melakukan pemasangan di lokasi proyek dan tidak perlu untuk mendapatkan kekuatan.

10. Beton siklop

Beton jenis ini menggunakan bahan tambahan agregat yang berukuran besar (sekitar 15 sampai 20 cm) dalam adonan beton. Hal ini untuk meningkatkan daya tahan beton untuk digunakan dalam pengerjaan bangunan yang berkaitan dengan air, seperti jembatan dan bendungan dan bangunan pelabuhan. Beton *cyclop* memiliki bentuk yang persis dengan beton pada umumnya. Namun, terdapat perbedaan pada pembuatan agregat. Beton siklop umumnya difungsikan untuk struktur pondasi dalam. Maka dari itu, komposisinya berbeda dengan beton biasa. Hal ini dilakukan karena bergantung pada *workabilitas*, *durabilitas* dan waktu proses pengerasan sehingga menghasilkan karakter tertentu.

2.7 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen *portland*, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambahan, di mana setiap bahan penyusun mempunyai kegunaan dan pengaruh yang berbeda-beda. karakteristik yang utama pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat,

cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

2.7.1 Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen jika campuran yang sesuai, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi (Ikhsan Saifuddin, 2013).

Semen *Portland* dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SNI 15-2049-2004) yaitu:

1. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III yaitu semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV yaitu semen portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

Jenis V yaitu semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat. Komposisi oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 2, berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Unsur Oksida Semen *Portland* (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (K ₂ O+Na ₂ O)	0,5 – 1

2.7.2 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar mauppun kecil. Sekitar tiga perempat dari volume beton terdiri dari agregat yang terdiri dari agregat halus dan kasar, sehingga tidak dapat disangkal bahwa sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh suatu jenis beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat pembentuk nya. Salah satu kriteria penting dari pemilihan agregat adalah gradasi atau keragaman ukuran dari agregat tersebut. Khusus untuk agregat kasar pada beton untuk bangunan umum gradasi normal ialah antara 4,75 mm sampai 75 mm, dengan asumsi umum bahwa komposisi yang lebih baik untuk mendapatkan kuat tekan beton yang optimal ialah yang mendekati standar minimum (biasanya dipakai agregat kasar dengan gradasi dari 0,5 cm sampai 2,5 mm) dari standar komposisi tersebut. (Tri maryoko, 2015)

Mulyono (2004) juga menyebutkan bahwa ada 2 hal yang mempengaruhi butir-butir agregat bersifat kurang kuat, yaitu: karena bahan yang lemah atau dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan. Kedua, karena porositas yang besar yang dapat mempengaruhi ketahanan beton terhadap beban kejut.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi 2 sebagai berikut ini,

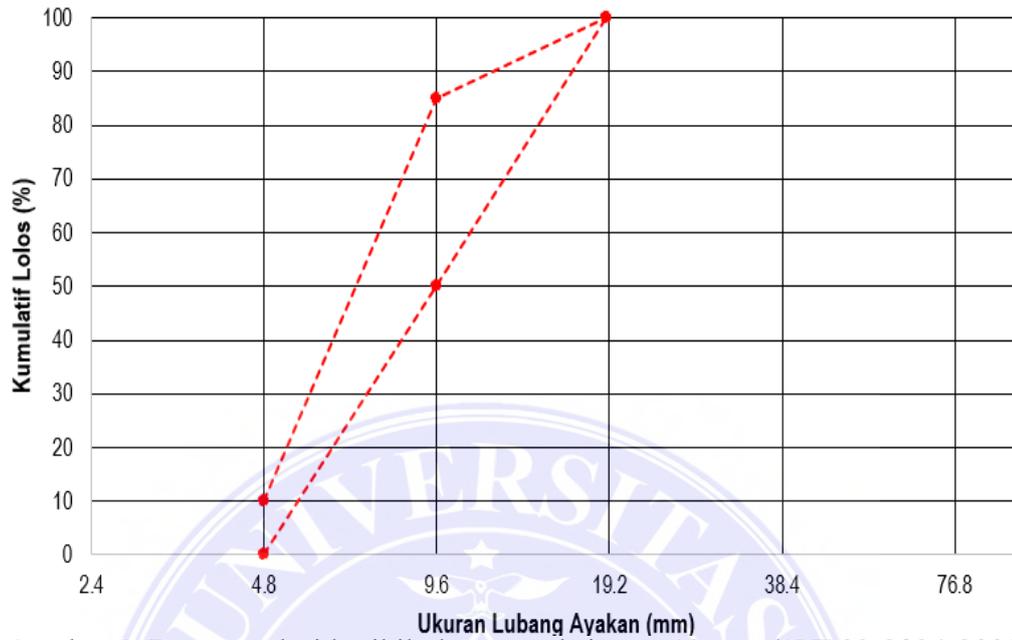
1. Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki ukuran lebih besar dari 4,80 mm yang berupa batuan, agregat dengan ukuran tersebut dibagi lagi menjadi kerikil beton (4,80-40 mm) dan kerikil kasar dengan ukuran lebih dari 40 mm, agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm (Mulyono,2004). Berikut ini disajikan dalam tabel 3 tentang gradasi agregat kasar.

Tabel 3. Batas Gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

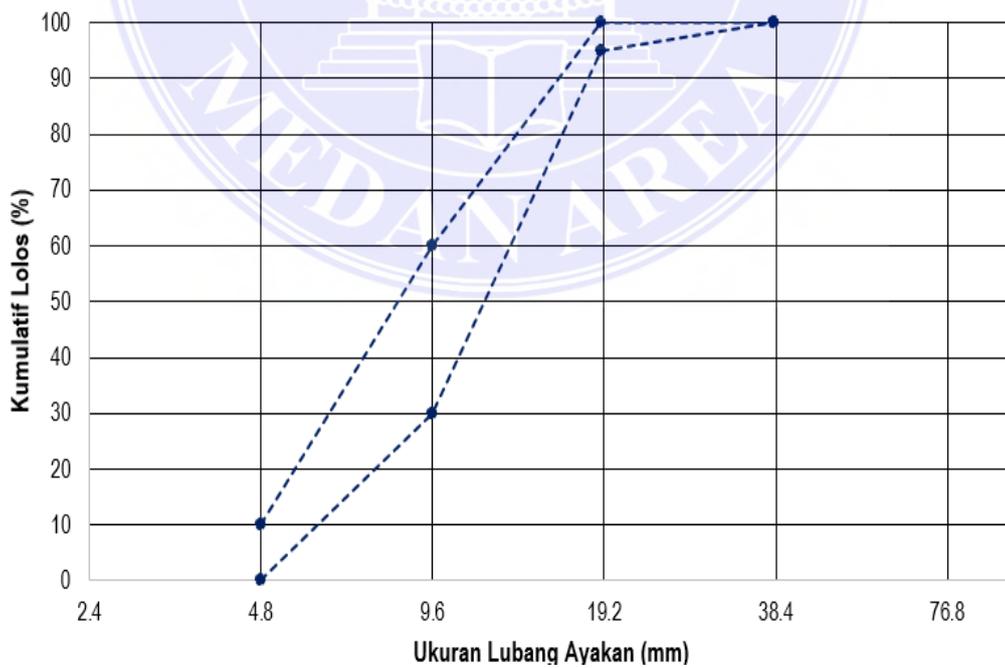
mm	Ukuran saringan (Ayakan)			Persen lolos saringan/Ayakan		
	SNI	ASTM	inch	Ukuran maks 10 mm	Ukuran maks 20 mm	Ukuran maks 40 mm
75,0	76	3 in	3,00			100 - 100
37,5	38	1½ in	1,50		100-100	95 - 100
19,0	19	¾ in	0,75	100 -100	95 - 100	35 - 70
9,5	9,6	⅜ in	0,3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4,75	4,8	No 4	1,870	0 – 10	0 - 10	0 - 5

Batas Gradasi Kerikil atau Koral Ukuran Maksimum 10 mm

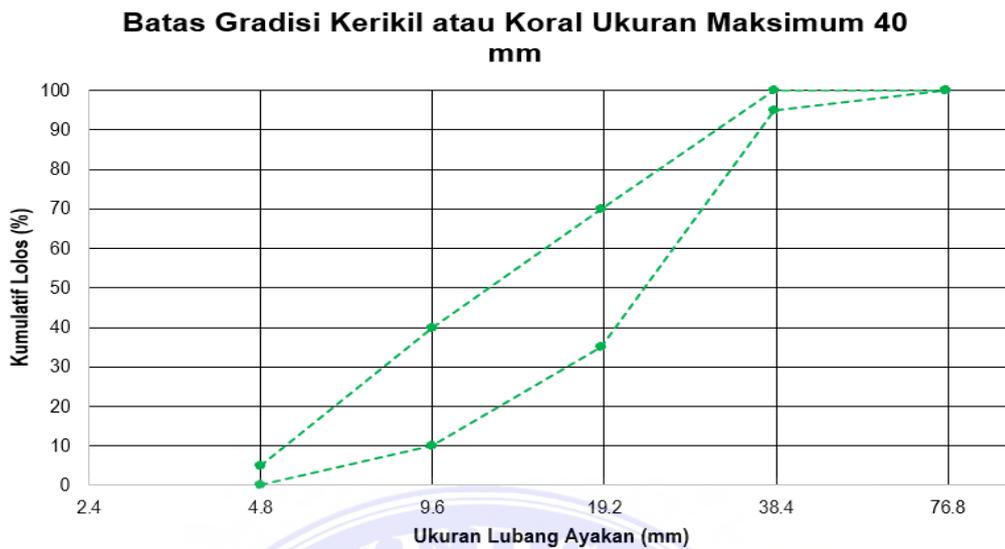


Gambar 1. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000)

Batas Gradasi Kerikil atau Koral Ukuran Maksimum 20 mm



Gambar 2. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000)



Gambar 3. Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)

2. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (BSN, 2000). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi.

Tabel 4. Batas gradasi agregat halus Sumber: Mulyono (2003)

Ukuran saringan (Ayakan)				Persen lolos saringan/Ayakan			
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi no 1	Gradasi no 2	Gradasi no 3	Gradasi no 4
9,50	9,6	3 in	0,3750	100-100	100-100	100-100	100-100
4,75	4,8	no. 4	1,1870	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60-95	75-100	85 - 100	95-100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30-70	55-90	75 - 100	90-100
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0-10	0-10	0-10	0-15

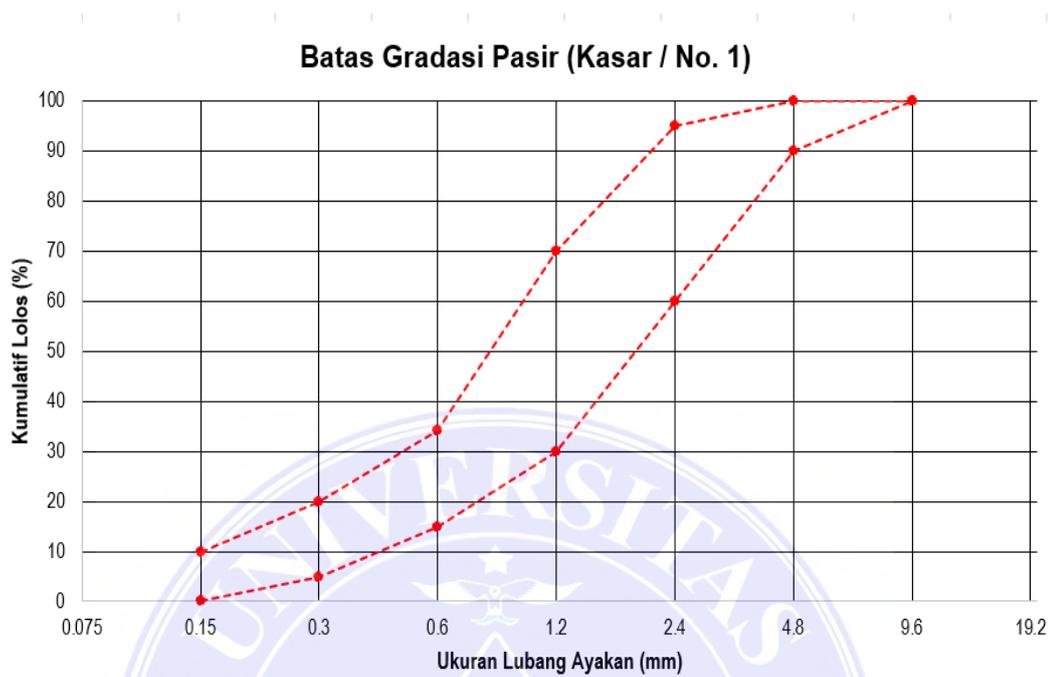
Keterangan:

Daerah Gradasi I : pasir kasar

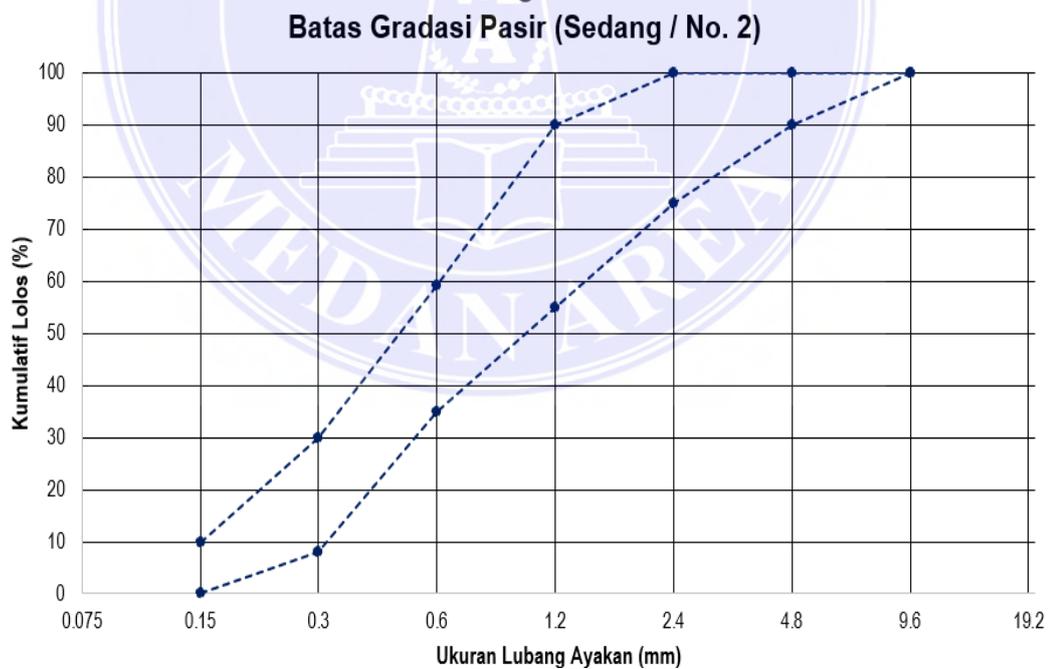
Daerah Gradasi II : pasir agak kasar atau sedang

Daerah Gradasi III : pasir agak halus

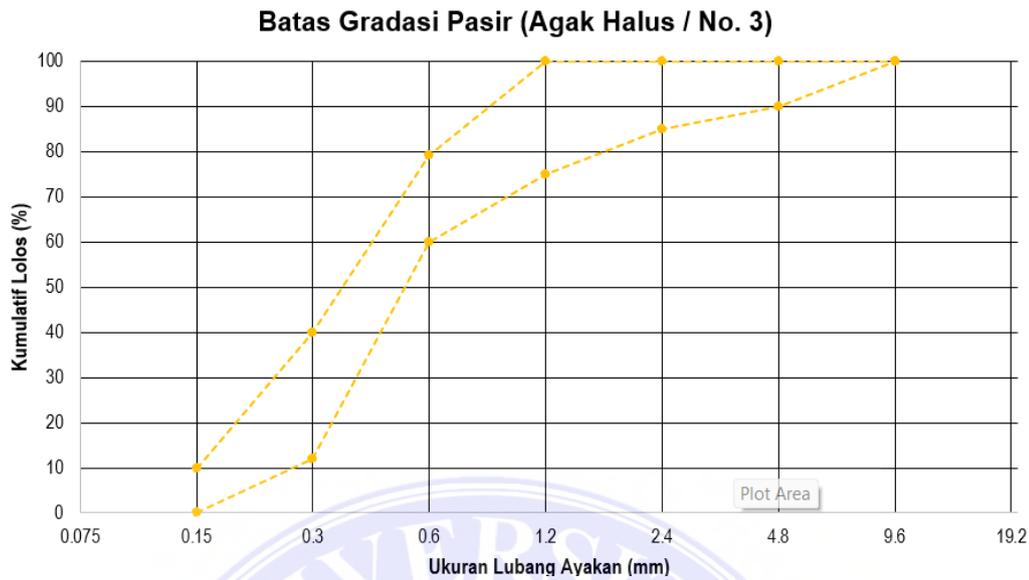
Daerah Gradasi IV : pasir halus



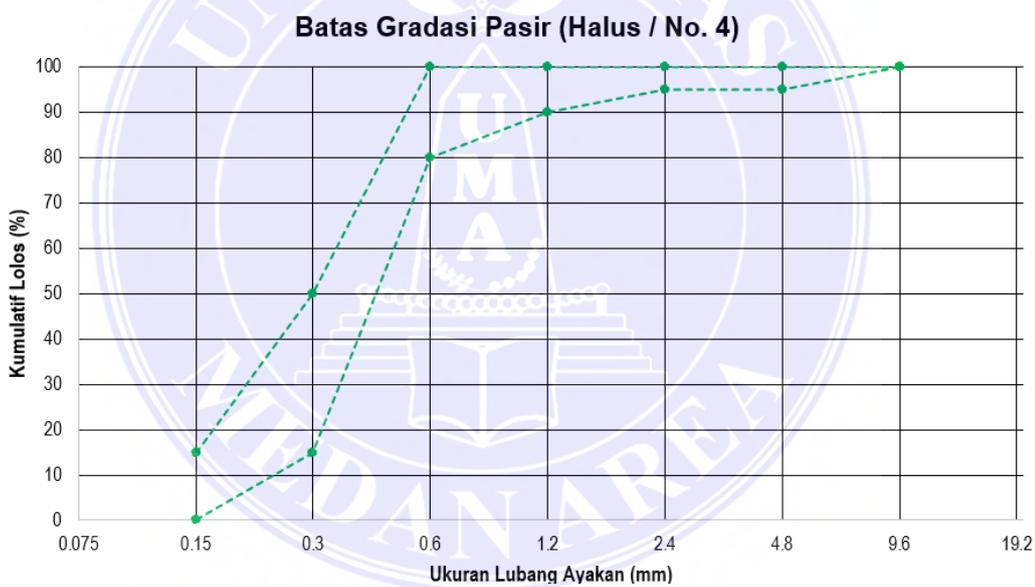
Gambar 4. Batas gradasi agregat pasir no 1 (SNI 03-2834-2000)



Gambar 5. Batas gradasi agregat pasir no 2 (SNI 03-2834-2000)



Gambar 6. Batas gradasi agregat pasir no 3 (SNI 03-2834-2000)



Gambar 7. Batas gradasi agregat pasir no 4 (SNI 03-2834-2000)

2.7.3 Air

Untuk pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan

bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling. Menurut SNI 03-6861.1-2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah:

1. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik, dan lain-lain).
4. Kandungan klorida (Cl) < 0.50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%, dan.
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida lebih dari 0.05 gram/liter.

Untuk air yang digunakan sebagai perawatan beton, dapat digunakan air yang digunakan pada saat pengadukan. Namun air tersebut adalah air yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan agar permukaan beton tetap sedap dipandang.

2.8 Ampas Tebu

Ampas tebu adalah salah satu limbah padat pabrik gula, yang mempunyai tingkat higroskopis yang tinggi, dihasilkan melalui penggilingan tebu. Ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula kurang lebih 30% dari kapasitas giling (Widodo, 2017). Ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen *portland* yaitu Silika (SiO_2) dan Ferrit (Fe_2O_3) sehingga dapat dijadikan sebagai pozolan yang selain menggantikan sebagian campuran semen juga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton (Gemelly Katrina, 2014).

Potensi ampas tebu di Indonesia menurut pusat penelitian perkebunan gula di Indonesia (P3GI) tahun 2008, cukup besar dengan komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9 persen, blotong 3,5 persen, ampas (*bagasse*) 32,0 persen, tetes 4,5 persen, dan gula 7,05 persen, serta abu 0,1 persen (Risky Kurnia.w, 2008). Suhu pembakaran abu ampas tebu mempengaruhi terhadap kuat tekan beton yang diinginkan. Semakin tinggi suhu pembakaran ampas tebu maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin menurun. Berdasarkan kandungan silika (SiO_2) dan ferrit (Fe_2O_3) yang cukup tinggi, abu ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton batako ringan dan pozzolan (bersifat semen) (Maulana Yusuf, 2014).

2.8.1 Karakteristik Ampas Tebu

Ampas tebu mempunyai rapat total (*bulk density*) sekitar 0,125 gr/cm³, kandungan kelembaban (*moisture content*) sekitar 48% menurut Hugot (*Hand Book of cane Sugar Engineering*, 1986). Nilai diatas diambil dari penelitian terhadap ampas tebu basah. Ampas tebu basah mempunyai kapasitas kalor dalam jumlah yang besar.

Ampas tebu mempunyai berbagai macam kegunaan, di beberapa negara limbah pabrik tersebut untuk keperluan diberbagai bidang industri, misalnya ampas tebu dibuat menjadi plastik, kertas serta dapat dibuat papan partisi. Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan (Wibowo, dkk. 2006).



Gambar 8. Ampas tebu yang sudah kering dan siap dibakar

2.8.2 Abu Pembakaran Ampas Tebu

Pembakaran ampas tebu atau juga disebut abu ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Proses

penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia. Abu ampas tebu dihasilkan dari pembakaran ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk boiler yang digunakan dalam proses produksi pembuatan gula di pabrik. Pengujian mengenai komposisi yang terkandung di dalam abu ampas tebu dilakukan untuk menghindari pemanfaatan abu ampas tebu yang kurang tepat. Pada Tabel 5. merupakan hasil pengujian senyawa kimia pada abu ampas tebu sebelum pembakaran.

Tabel 5. Hasil pengujian abu ampas tebu sebelum pembakaran (Penelitian skripsi Setiawan, (2006) dalam skripsi Reza Suhwandi Harahap)

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	53
Al ₂ O ₃	4,3
Fe ₂ O ₃	7,5
CaO	6,6
Lain-lain	28,6

Dari hasil pembakaran abu ampas tebu pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa kandungan silika belum memenuhi syarat ASTM yaitu sebesar 70%. Maka abu ampas tebu tersebut dilakukan pembakaran pada suhu 600 selama 2 jam (Wibowo dan Hatmoko, 2006). Pada Tabel 6 merupakan hasil pengujian abu ampas tebu sesudah pembakaran.

Tabel 6. Hasil pengujian abu ampas tebu setelah pembakaran (Sumber: Penelitian skripsi Setiawan, (2006) dalam skripsi Reza Suhwandi Harahap)

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	2,5
Fe ₂ O ₃	8,2
CaO	3,6
Lain-lain	14,7



Gambar 9. Abu ampas tebu setelah dilakukan pembakaran

2.9 Perencanaan Campuran Beton Normal (*Mix Design*) Menurut SNI 03-2834-2000

Persyaratan umum dalam perencanaan campuran menurut SNI 03-2834-2000 harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton
2. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

Tabel 7. Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Penggali Deviasi Standar
Kurang dari 15	F'c 12 Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin)

$$M = 1,64 \times S_r \quad (2.1)$$

Dengan

M = nilai tambah

1,64 = tetapan *statistic* yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

S_r = standar deviasi rencana

4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh pada pers. 2.2

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.2)$$

dengan

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)

f'_c = Kuat tekan disyaratkan

m = Nilai tambah

5. Penetapan jenis semen portland

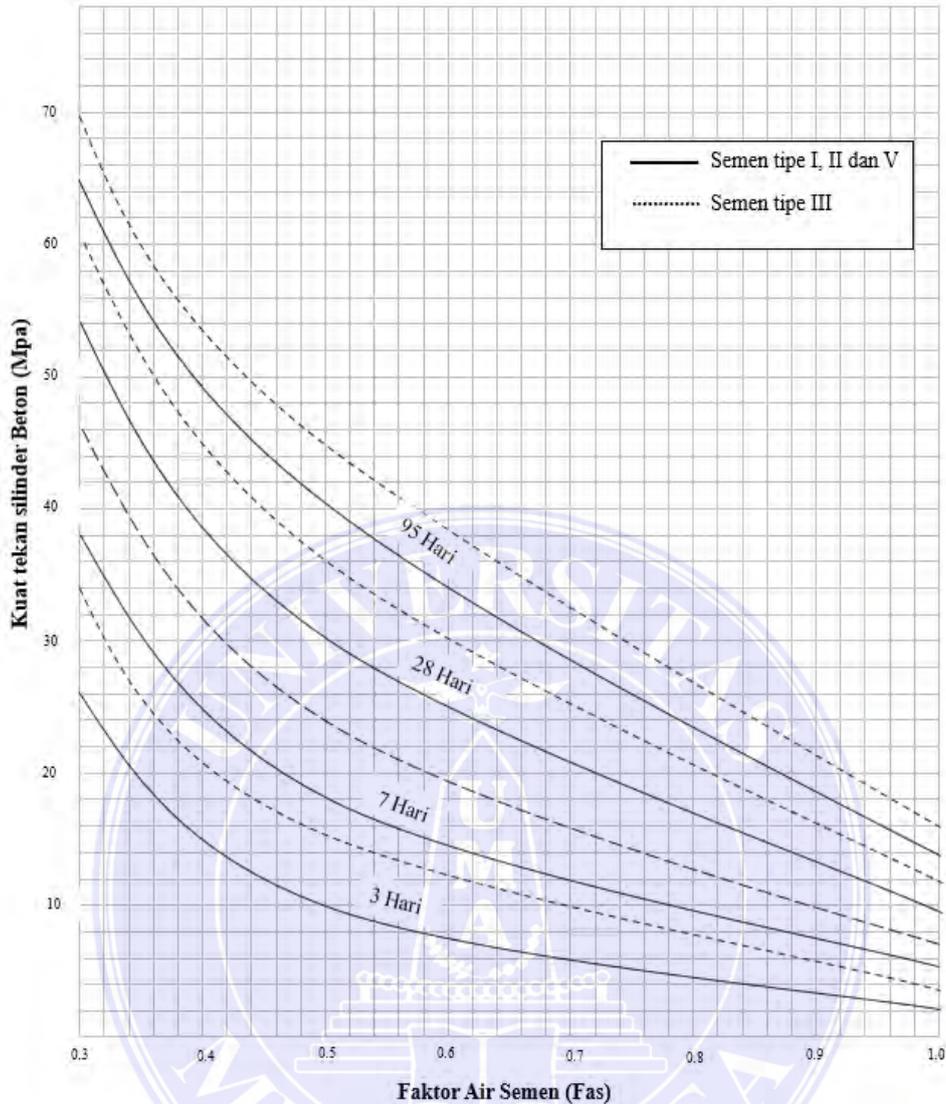
Pada cara ini digunakan semen tipe 1

6. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).

7. Penetapan faktor air semen bebas (fas)

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari Gambar 10 berikut yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder, (SK SNI 03- 2834-2000):



Gambar 10. Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton (SNI -03-2834-2000)

8. Penetapan faktor semen maksimum
9. Penetapan nilai slump
10. Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 0 - 10 mm, 10 - 30 mm, 30 - 60 mm atau 60 - 180 mm.
11. Penetapan besar butir agregat maksimum
12. Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.
13. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 2000).

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	137	160	180	195
	Batu dipecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu dipecah	155	175	190	205

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah) dihitung dengan rumus

pers.2.3

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.3)$$

Dengan

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

14. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan

Pers. 2.4

$$W_{S_{mn}} = 1/F_{as} \times W_{air} \quad (2.4)$$

15. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

16. Menentukan jumlah semen semimumum mungkin. Dapat dilihat pada

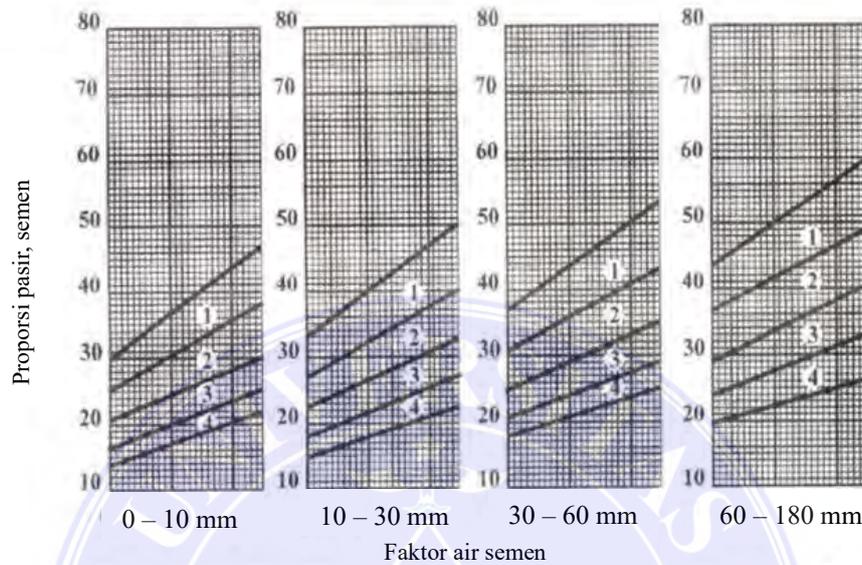
Tabel 9. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 9. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834, 2000).

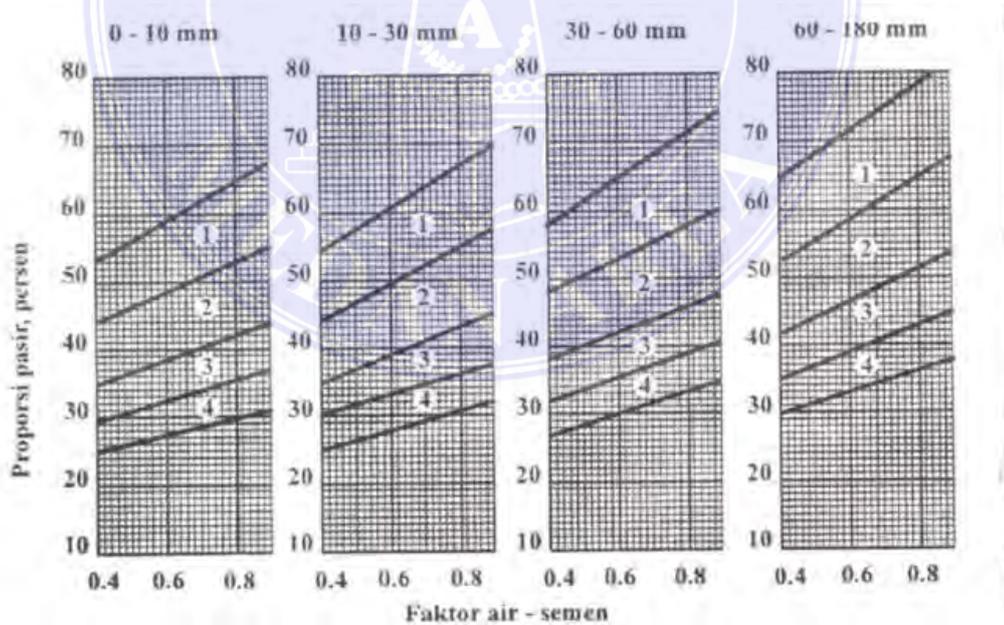
Lokasi	Jumlah semen Minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen Maksimum
Beton dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik 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		Lihat tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat tabel 5

17. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
18. Penetapan jenis agregat halus Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 4), agak kasar (Gambar 5), agak halus (Gambar 6) dan pasir halus (Gambar 7).
19. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 10
20. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran. Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat

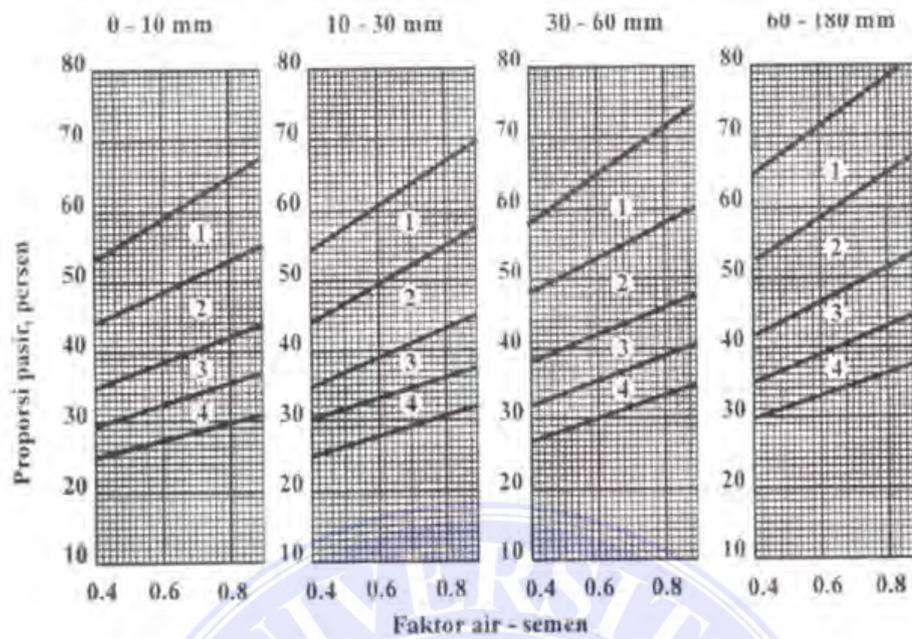
tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 11 -



Gambar 11. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 12. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 13. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

21. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan Pers. 2.5

$$b_{j \text{ camp}} = k_h/100 \times b_{jh} + k_k/100 \times b_{jk} \quad (2.5)$$

dengan:

$B_{j \text{ camp}}$ = berat jenis agregat campuran

B_{jh} = berat jenis agregat halus

B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

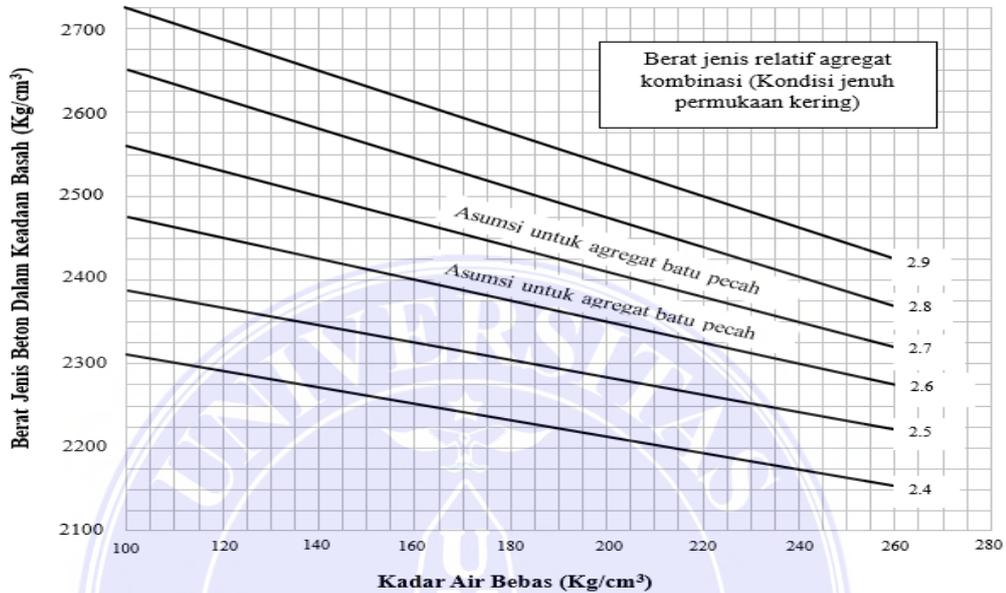
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar:

B_j = 2,60 untuk agregat tak pecah/alami

B_j = 2,70 untuk agregat pecah.

22. Perkiraan berat beton

Perkiraan berat beton disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 14. Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).

23. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan Pers. 2.6.

$$W_{agr,camp} = k_h \times W = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (2.6)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg)

24. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan Pers. 2.7.

$$W_{agr,k} = k_h \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Dengan:

k_h = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg)

25. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan Pers. 2.8.

$$W_{agr,k} = k \times W_{agr,camp} \quad (2.8)$$

Dengan:

k_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg)

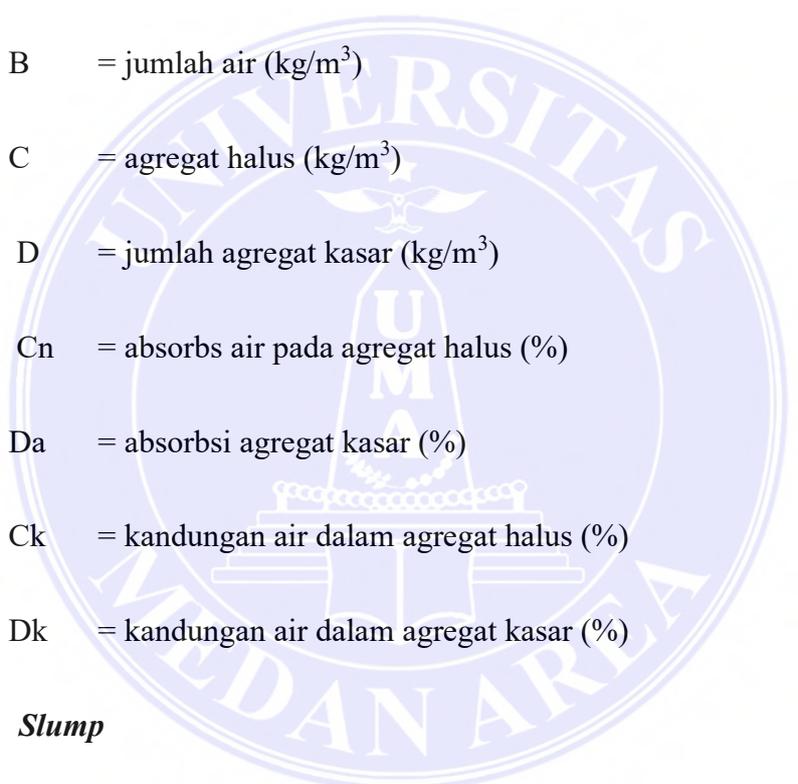
26. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.

27. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat

paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

- a. $\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$
- b. $\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$
- c. $\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$

Dengan:

- 
- B = jumlah air (kg/m^3)
 - C = agregat halus (kg/m^3)
 - D = jumlah agregat kasar (kg/m^3)
 - Cn = absorbs air pada agregat halus (%)
 - Da = absorpsi agregat kasar (%)
 - Ck = kandungan air dalam agregat halus (%)
 - Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.10 Slump

Pengambilan nilai slump dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan pengisi (*filler*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen.

Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat seperti yang dijelaskan pada SNI 1972-2008.

2.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan (*Compressive Strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan. Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata melalui titik berat sepanjang sumbu longitudinal dengan tegangan yang dihasilkan.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan pers 2.9 matematis berikut:

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

Dengan:

$f'c$ = Kuat tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang bahan (m^2)

Tekanan adalah suatu kuantitas skalar. Satuan dalam sistem internasional dari tekanan adalah Pascal, yang disingkat Pa, dimana $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan

pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan seperti yang dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 10. Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah di toleransikan (ASTM C-39, 1993).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}}$$

Dimana:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \text{kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm}^2\text{)}.$$

$$f(\text{saat pengujian}) = \text{kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}.$$

$$\text{koefisien} = \text{koefisien dari umur beton.}$$

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 11 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 11. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

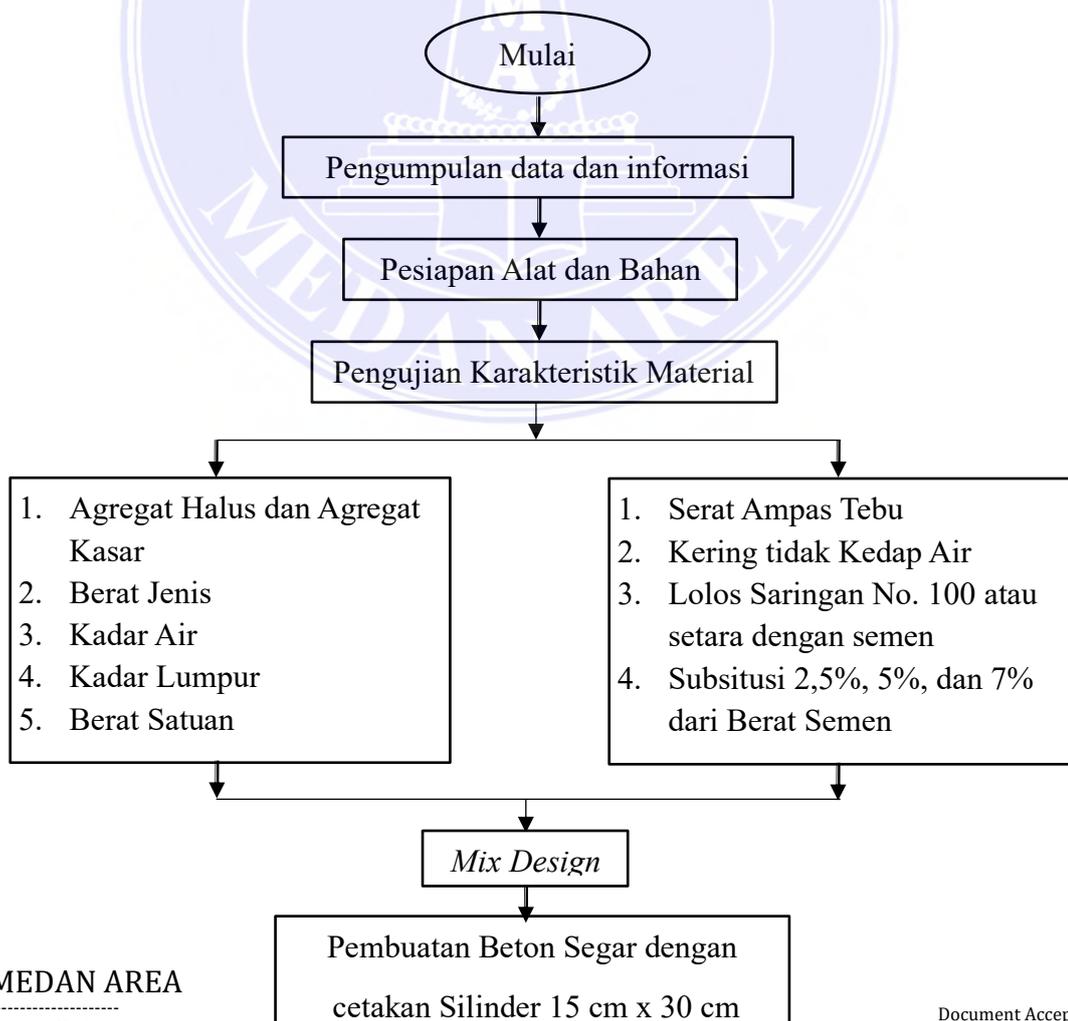
Umur (hari)	Koefisien
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1,00

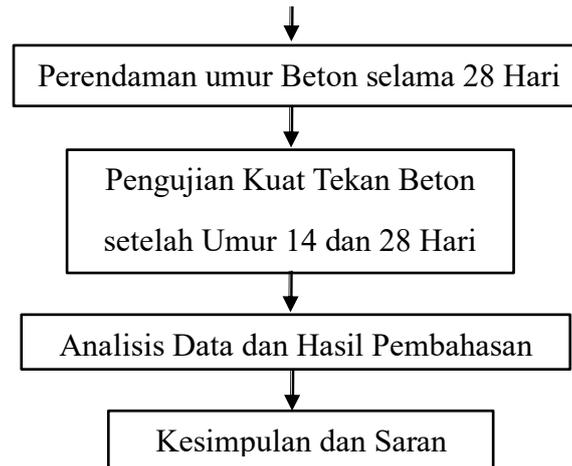


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton normal $f'c = 20$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Beton yang di substitusikan pada penelitian ini memiliki tiga variasi campuran yaitu 2,5%, 5%, dan 7%. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat dapat mengetahui pengaruh penambahan serat ampas tebu terhadap kuat tekan beton. Gambar 16 menampilkan diagram alir penelitian.

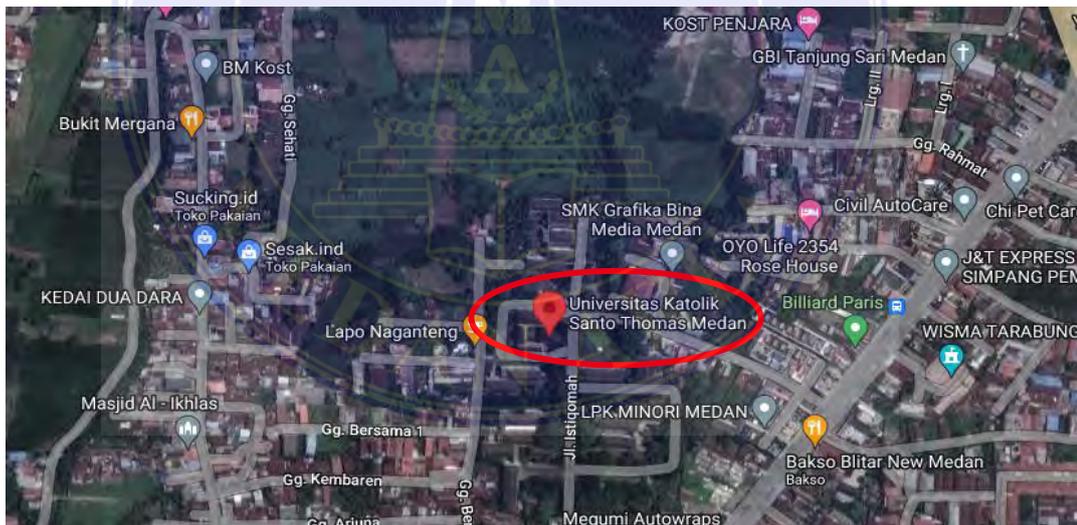




Gambar 16. Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan, yang beralamat di Jalan Setia Budi, Kampung Tengah, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan.



Gambar 17. Lokasi Penelitian Universitas Katolik Santo Thomas Medan (Sumber: *google maps*)

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini yaitu:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang tipe I PPC.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan dari laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Santo Thomas Medan

3. Agregat kasar (Kerikil)

Agregat halus yang digunakan dari laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Santo Thomas Medan

4. Air

Air yang digunakan dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Santo Thomas Medan

5. Abu ampas tebu

Serat ampas tebu yang dipakai adalah abu hasil pembakaran ampas tebu dan melakukan penyaringan setelah dibakar.

3.3.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

Agregat Halus: No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, Pan

Agregat Kasar: 1,5", ¾", 3/8", No.4

2. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.

3. Timbangan.

4. Alat pengaduk beton (*Mixer*).

5. Cetakan benda uji berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm.

6. Alat kuat tekan (*Compression*).

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Persiapan

Setelah seluruh material sudah lengkap untuk dilakukan penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga dapat mempengaruhi kualitas material.

3.4.2 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan material agregat kasar dan agregat halus di lakukan di laboratorium serta mengikuti buku panduan praktikum teknologi bahan program studi teknik sipil fakultas teknik UMA.

3.5 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan dan mengikuti pedoman percobaan diantaranya:

Tabel 12. Pemeriksaan agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan kadar lumpur	SK SNI S-04-1989-F
2	Pemeriksaan kadar air	SNI 03-4804-1998
3	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990
4	Pemeriksaan berat isi.	SNI 03-1970-1990
5	Pemeriksaan analisa saringan.	SK SNI M-08-1989-F

3.6 Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)

Tabel 13. Pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan
1	Pemeriksaan berat jenis	SNI 03 - 1969 - 1990
2	Pemeriksaan kandungan lumpur	SK SNI S-04-1989-F
3	Pemeriksaan modulus halus butiran	SNI 03-1970-1990
4	Pemeriksaan berat satuan agregat kasar	SK SNI S-04-1989-F

3.7 *Mix Design* Berdasarkan SNI 03- 2834-2000

Cara pembuatan beton normal berdasarkan SNI-2834-2000 didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

1. Rencana campuran beton normal mutu beton $f'c$ 20 Mpa kuat tekan beton didapat pada umur 28 hari untuk benda uji silinder.
2. Deviasi Standar

Deviasi standar dihitung berdasarkan volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran ini sebesar 7 Mpa yaitu tingkat pengendalian mutu pekerjaan jelek karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya.

Tabel 14. Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan (SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

3. Nilai tambah (Margin)

Nilai tambah dapat dihitung menggunakan persamaan 3.3, adapun hasilnya

sebagai berikut ini.

$$M = 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ MPa} \approx 12 \text{ MPa}$$

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$) menggunakan persamaan 3.4, maka

$$\begin{aligned}
 F'_{cr} &= f_c + m \\
 &= 20 + 12 \\
 &= 32 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

5. Jenis semen

Jenis semen yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe 1

6. Jenis Agregat

Pada penelitian ini digunakan untuk agregat halus alami dan agregat kasar batu pecah

7. Faktor semen air bebas

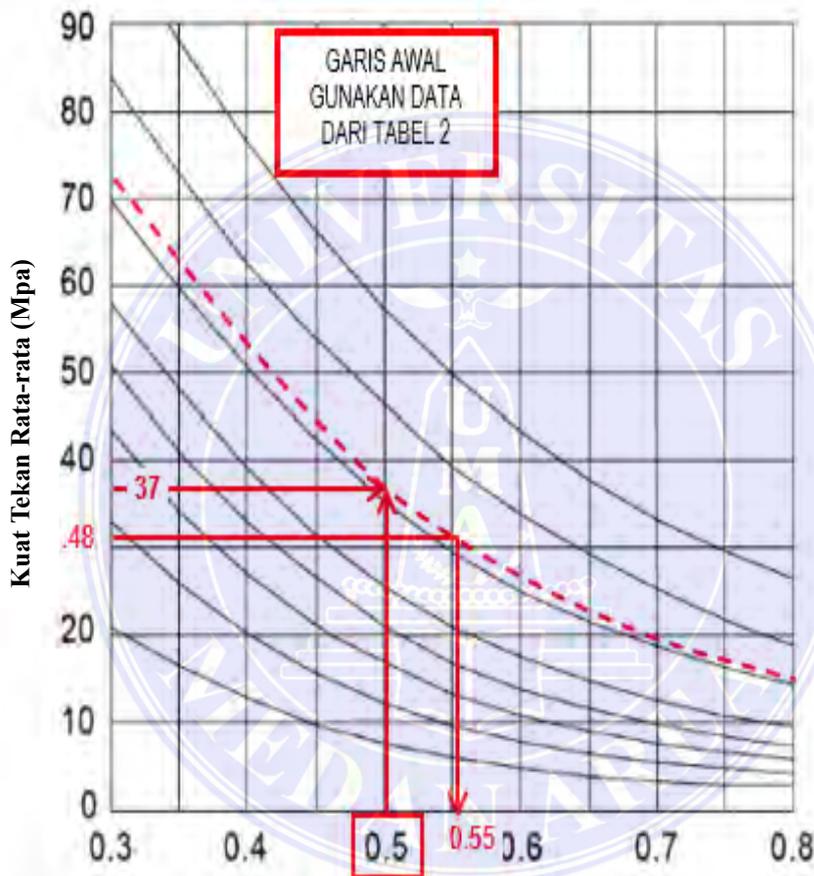
Nilai faktor air semen dengan cara menggunakan grafik “hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen” sebagai berikut ini

Tabel 15. Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia (SNI 03-2834-2000)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat tipe II,V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
Batu pecah	30	40	53	60		

Pada Gambar 18 yaitu tentang hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen dengan benda uji berbentuk silinder, dibuat garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva dengan warna merah, selanjutnya membuat garis lurus ke kanan dari angka kuat tekan 37 MPa sampai

garis tersebut menyentuh garis warna merah Lalu membuat garis lengkung melalui titik perpotongan. Kemudian garis lurus ke kanan dari angka fcr sebesar 32 MPa sampai menyentuh garis lengkung (kurva baru) yang sudah dibuat atau ditentukan dan garis lurus ke bawah melalui titik perpotongan tersebut. Dari garis tersebut didapatkan nilai fas sebesar 0,55 dan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 18. Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm (SNI 03-2834-2000)

8. Kadar air bebas

Tabel 16. Perkiraan kadar air bebas tingkat untuk kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000)

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225

Lanjutan tabel 16.

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	135	175	190	205

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

$$W = \frac{2}{3} 175 + \frac{1}{3} 205$$

$$W = 185 \text{ Kg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kadar air bebasnya adalah sebesar 185 kg/ m³

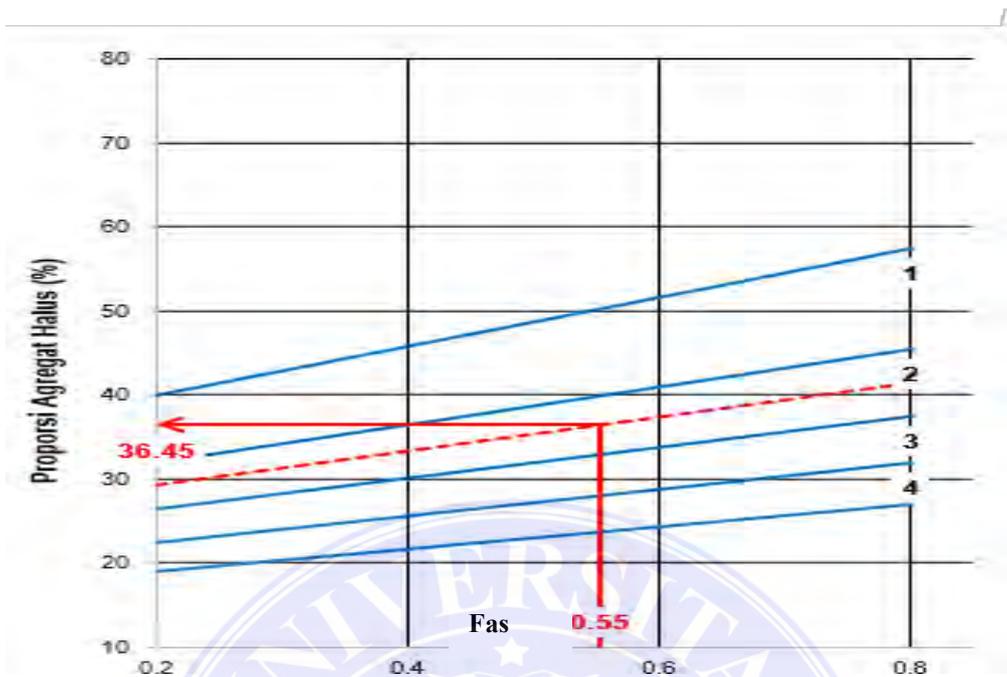
9. Kadar semen

Jumlah kebutuhan semen dihitung berdasarkan persamaan 3.7

$$\begin{aligned}
 W_{\text{semen}} &= \frac{W}{F_{as}} \\
 &= \frac{185}{0,55} \\
 &= 336,36 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

10. Persentase agregat halus dan agregat kasar

Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada gambar 19 berikut ini.



Gambar 19. Persentase agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

11. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%AH = 36,45 \%$$

$$\begin{aligned} \%AK &= 100\% - \%AH \\ &= 100\% - 36,45 \% \\ &= 63,55 \% \end{aligned}$$

12. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

Berat jenis SSD (*saturated surface dry*) agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar. Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus (BJAH) yaitu sebesar 2,56 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) yaitu sebesar 2,66. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat tersebut, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.5.

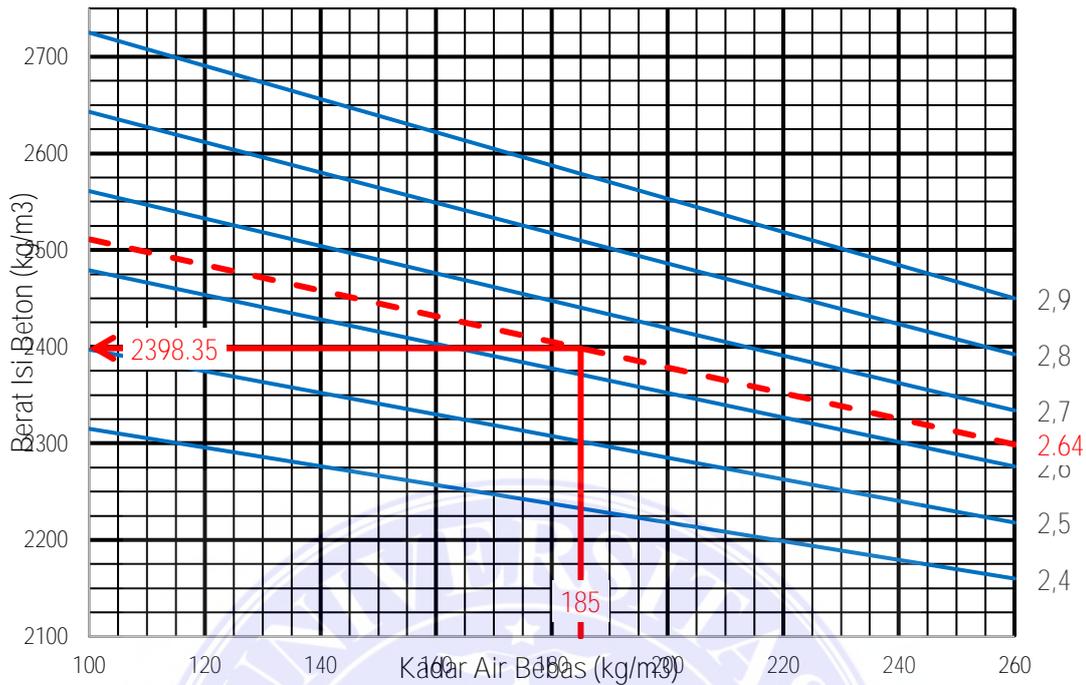
$$\begin{aligned} \text{BJgabungan} &= \%AH \times \text{BJAH} + \%AK \times \text{BJAK} \\ &= 36,45\% \times 2,56 + 63,55\% \times 2,66 \\ &= 2,623 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan berat jenis agregat gabungan (BJgabungan) yaitu sebesar 2,623.

13. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 20 dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

- a. Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
- b. Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan yaitu 185 kg/m^3 sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
- c. Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.
- d. Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat isi beton adalah sebesar 2398 kg/m^3 .



Gambar 20. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan (SNI 03-2834-2000)

14. Menghitung proporsi campuran beton

Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dapat dicari menggunakan persamaan 3.7 dan untuk menghitung proporsi agregat kasar dapat digunakan persamaan 3.8.

$$\begin{aligned} \text{WAH} &= (\text{Wisi beton basah} - \text{Wsemen} - \text{Wair}) \times \% \text{AH} \\ &= (2,398 - 336,36 - 185) \times 36,45\% \\ &= 684,035 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WAK} &= (\text{Wisi beton basah} - \text{Wsemen} - \text{Wair}) \times \% \text{AK} \\ &= (2,398 - 336,36 - 185) \times 63,55\% \\ &= 1185 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan berat agregat halus (WAH) adalah sebesar 684,035 kg/m³ dan berat agregat kasar (WAK) adalah sebesar 1185kg/m³

15. Koreksi proporsi campuran

- a. Kadar air agregat halus = 2.45 %
- b. Penyerapan agregat halus = 4.65 %
- c. Kadar air agregat kasar = 2.63 %
- d. Penyerapan agregat kasar = 2.38 %



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan telah didapat beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan hasil penelitian ini terkait abu ampas tebu yang memiliki variasi campuran yang berbeda-beda dan hasil kuat tekannya juga berbeda pada umur 28 hari, yaitu:
 - a. Pada campuran AAT 2,5% didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 16,575 Mpa.
 - b. Pada campuran AAT 5% didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 14,5 Mpa.
 - c. Pada campuran AAT 7% didapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,115 Mpa
2. Berdasarkan pembuatan beton normal dengan mengikuti pedoman dari SNI-03-2834-2000 sudah diketahui metode pengerjaan seperti contoh cara pemeriksaan saringan agregat halus berikut ini:
 - a. Memasukkan agregat halus ke dalam *oven*.
 - b. Menyusun saringan mulai dari 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100.
 - c. Memasukkan agregat halus ke dalam saringan paling atas lalu tutup
 - d. Mengguncangkan menggunakan alat *Shieve Shaker* kurang lebih 10 menit.
 - e. Menimbang agregat yang tertahan di setiap bagian saringan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat. Saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Pada saat tahap persiapan bahan eksperimen yaitu abu ampas tebu, perlu diperhatikan kondisi kering/basah apabila dalam keadaan lembab perlu dilakukan pengeringan secara maksimal agar tidak terjadi kegagalan saat merencanakan perbandingan campuran untuk cara cepat kering udara, abu ampas tebu bisa di masak melalui kompor samapi benar-benar kering.
2. Untuk mendapatkan pencampuran yang tepat perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai sifat – sifat beton agar campuran abu ampas tebu sebagai substitusi semen bisa digunakan pada konstruksi beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Riswan, Adang. 2021. Analisis Kuat Tekan Beton $F'c$ 20 Mpa Dengan Dedak Padi Sebagai Bahan Tambah Pasir. Diss. Universitas Siliwangi,
- Firstly Arnold Sihotang. 2020. Beton Bermutu Dan Ramah Lingkungan Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Ampas Tebu.
- Epan, Apridiansyah And Firdaus, Firdaus (2019) Pengaruh Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan *Fly Ash* Dengan Tambah Abu Sekam Padi. Diploma Thesis, Universitas Bina Darma.
- Gemelly Katrina, 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang sebagai Substitusi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton Mutu K-225. J. Tek. Sipil dan Lingkung. 2, 308–313.
- Mulyati, Ely, and Mery Anggriani. "Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Ringan." (2022).
- Rompas, Gerry Phillip, et al. (2013). "Pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton ditinjau terhadap kuat tarik lentur dan modulus elastisitas." Jurnal Sipil Statik 1.2.
- Ahmad Syaifullah (2021). Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Serat Ampas Tebu Pada Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kekuatan Dan Biaya
- HARAHAP, Reza Suhwandi. Analisa Kuat Tekan Beton Dan Penyerapan Air Dengan Kombinasi Filler Abu Ampas Tebu Dan Botol Kaca Substitusi Pasir. 2018. PhD Thesis.
- Sinaweni, Soni M. Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Abu Ampas Tebu Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Parsial Semen. Diss. Universitas Bosowa, 2019.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000), SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung

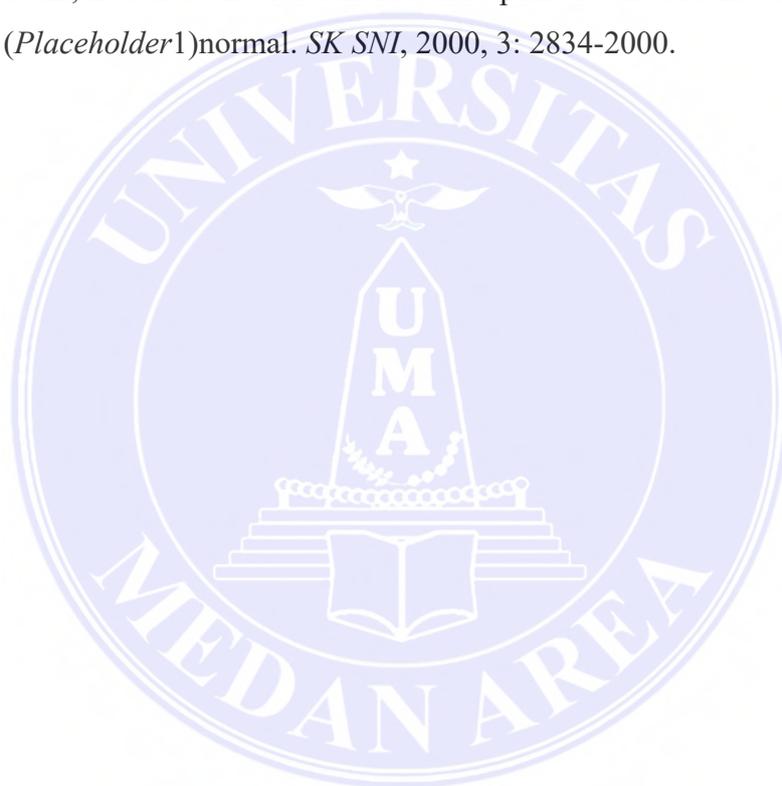
Mulyono, Tri, Ir., 2004, *Teknologi Beton*, Andi *Publishing*, Yogyakarta

Tjokrodimuljo, K., 1996. "Teknologi Beton". Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Maryoko, T. (2015). *Analisis Uji Kuat Tekan Beton*. Jakarta. Fakultas Teknik UMP.

Maulana Yusuf, 2014. *Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu
Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida*

NASIONAL, Badan Standardisasi. Tata cara pembuatan rencana campuran beton
(Placeholder1)normal. *SK SNI*, 2000, 3: 2834-2000.





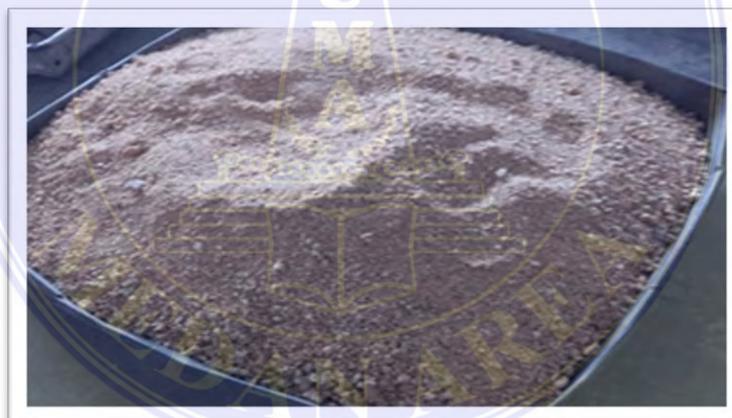


LAMPIRAN

Lampiran 1. Semen *Portland* Tipe 1



Lampiran 2. Agregat Halus (Pasir)



Lampiran 3. Agregat Kasar (Kerikil)



Lampiran 4. Abu Ampas Tebu



Lampiran 5. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar



Lampiran 6. Alat Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar



Lampiran 7. *Shieve Shaker* (pemisah partikel kasar hingga memperoleh partikel halus)



Lampiran 8. *Concrete Mixer*



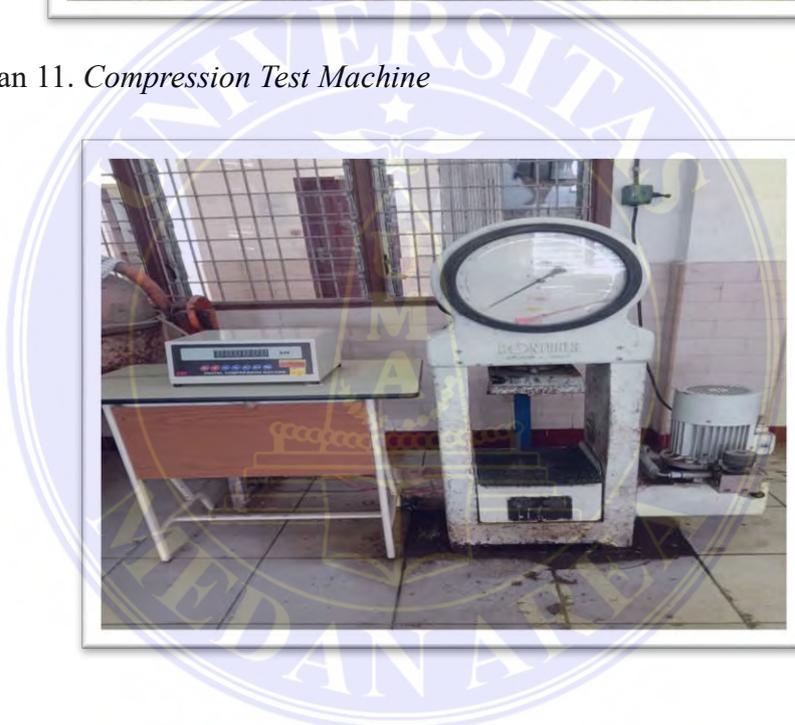
Lampiran 9. Beton Segar



Lampiran 10. Uji *Slump*



Lampiran 11. *Compression Test Machine*



Lampiran 12. Perendaman Beton



Lampiran 13. Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan CTM (*Compression Texting Machine*)

