

PENGARUH PENGGUNAAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh:

**RAHMADSYAH RAMBE
NIM : 09.811.0043**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2012**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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)28/8/23

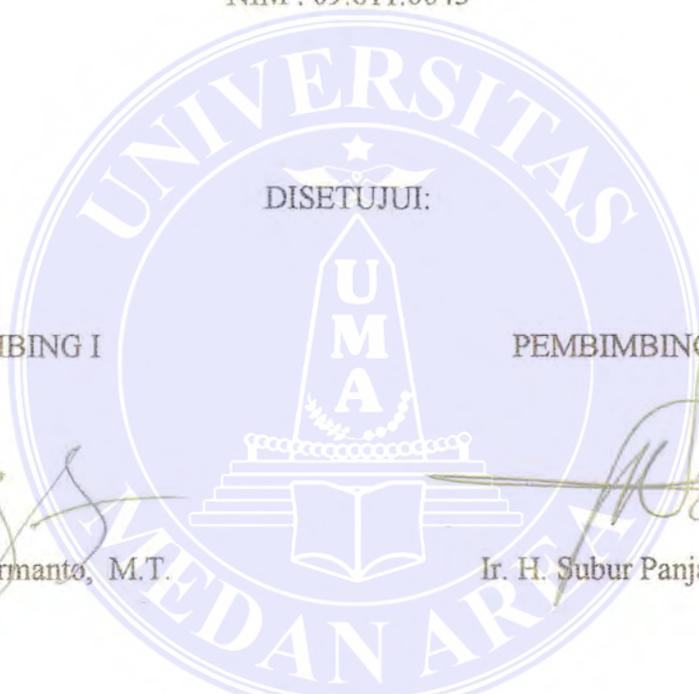
LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

OLEH :

RAHMADSYAH RAMBE

NIM : 09.811.0043



DISETUJUI:

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Ir. H. Edy Hermanto, M.T.

Ir. H. Subur Panjaitan, M.T.

MENGETAHUI:

K.a PROG.STUDI TEKNIK SIPIL



Ir. Hj. Haniza, M.T.

Ir. Kamaluddin Lubis, M.T.

Tanggal Lulus:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

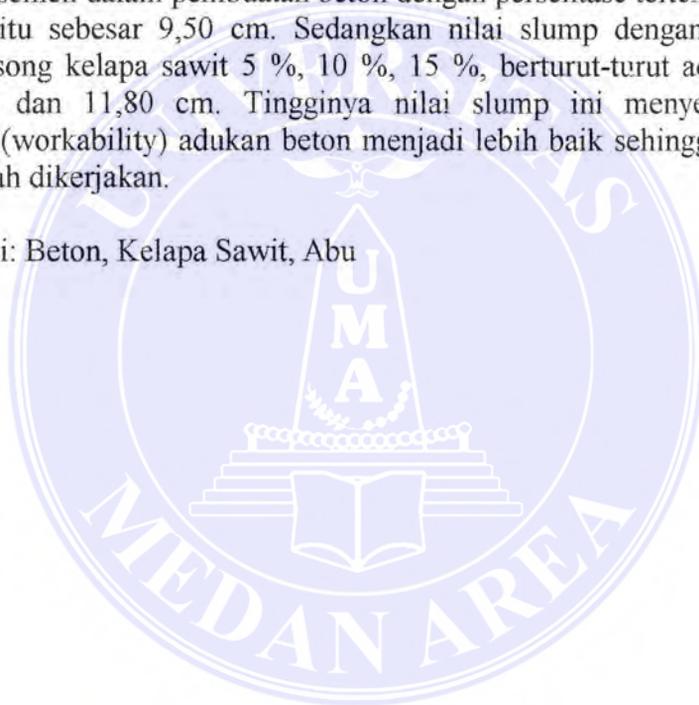
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Beton merupakan bahan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar. Penelitian ini direncanakan adalah K-300 pada umur 28 hari dengan bahan tambah abu tandan kosong kelapa sawit yang berasal dari sisa pembakaran tanda kelapa sawit di boiler PT Jaya Beton, Nilai penambahan abu adalah sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen.

Hasil penelitian diperoleh kuat tekan beton normal yaitu sebesar 310,82 kg/cm². Sedangkan tekanan beton dengan campuran abu tandan kosong kelapa sawit 5 %, 10 %, 15 %, berturut-turut adalah 321,27 kg/cm², 298,49 kg/cm² dan 286,82 kg/cm². Sehingga abu tandan kosong kelapa sawit dapat menjadi bahan campuran semen dalam pembuatan beton dengan persentase tertentu. Slump beton normal yaitu sebesar 9,50 cm. Sedangkan nilai slump dengan campuran abu tandan kosong kelapa sawit 5 %, 10 %, 15 %, berturut-turut adalah 10,10 cm, 11,30 cm dan 11,80 cm. Tingginya nilai slump ini menyebabkan tingkat kelecakan (workability) adukan beton menjadi lebih baik sehingga adukan beton lebih mudah dikerjakan.

Kata Kunci: Beton, Kelapa Sawit, Abu

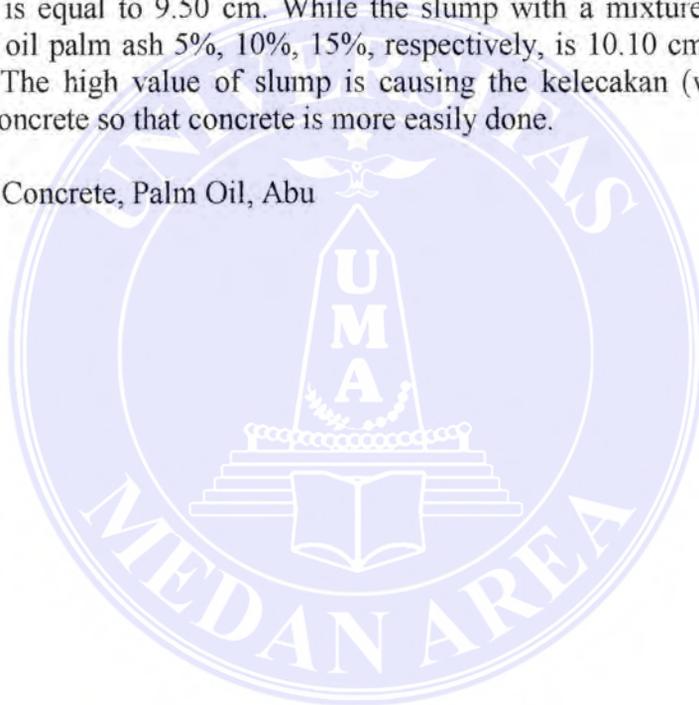


ABSTRAC

Concrete is a mixture of cement, coarse aggregate, fine aggregate, water, and with or without additives (Admixture) with a specific ratio that will form the fresh concrete. This study was planned K-300 at 28 days with added ingredients empty fruit bunches of oil palm ash derived from combustion of oil palm in sign of PT Jaya Beton boiler, ash is added value of 0%, 5%, 10% and 15% of weight of cement.

The results obtained normal concrete compressive strength is equal to 310.82 kg/cm². While the pressure of the concrete with a mix of empty fruit bunches of oil palm ash 5%, 10%, 15%, respectively kg/cm² 321.27, 298.49 and 286.82 kg/cm² kg/cm². So the empty fruit bunches of oil palm ash could be a mixture of cement in making concrete with a certain percentage. Normal concrete slump that is equal to 9.50 cm. While the slump with a mixture of empty fruit bunches of oil palm ash 5%, 10%, 15%, respectively, is 10.10 cm, 11.30 cm and 11.80 cm. The high value of slump is causing the kelecakan (workability) the better the concrete so that concrete is more easily done.

Keywords: Concrete, Palm Oil, Abu





KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH PENGGUNAAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON.”** ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa/i untuk menyelesaikan program pendidikan Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis dalam kesempatan ini hendak menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. A Ya'kub Matondang, M.A., sebagai Rektor Universitas Medan Area, Medan;
2. Ibu Ir. Hj. Haniza, M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Medan;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area;
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT. sebagai dosen pembimbing I atas bimbingan dan pengarahan selama penyusunan skripsi ini;
5. Bapak Ir. H. Subur Panjaitan, MT, sebagai dosen pembimbing II atas bimbingan dan pengarahan selama penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Medan yang telah banyak memberi masukan dan interaksi yang baik selama saya mengikuti pendidikan perkuliahan dan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini;

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

7. Seluruh Staf Pegawai Administrasi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Medan yang sangat korperatif dalam proses administrasi;
8. Ibunda dan Alm Ayahanda yang sudah banyak memberi dukungan doa, ilmu dan materil kepada saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
9. Buat Kakak, Abang dan adik – adikku yang paling saya cintai dan saya sayangi serta Buat My De ku tersayang yang telah membantu, yang tidak pernah menyerah menyemangati saya untuk menyelesainya tugas akhir ini;
10. Bapak Burhanuddin kepala Personalia PT. Jaya Beton Indonesia;
11. Seluruh Staff dan karyawan PT. Jaya Beton;
12. Untuk teman-temanku yang baik-baik khususnya buat Agus, Padlin, Aminundin, dan rekan-rekan sipil 09 Universitas Medan Area;
13. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari penulis, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat meningkatkan kemampuan menulis pada masa yang akan datang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan pengetahuan bagi yang membacanya.

Medan, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRAC	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR GRAFIK	x
ISTILAH	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Semen	5
2.1.1 Semen Portland (Portland Cement)	6
2.1.2 Jenis dan Penggunaan Semen Portland	6
2.3 Agregat	7
2.2.1 Agregat Halus	7
2.2.2 Agregat Kasar	8
2.4 Air	9
2.5 Bahan Tambah	10
2.6 Kelapa Sawit	11
2.7 Metode Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	14
2.7.1 Kinerja dan Mutu Beton	16
2.7.2 Kuat Tekan Beton	17
2.7.3 Faktor Air Semen	19
UNIVERSITAS MEDAN AREA	19

2.7.5 Kadar Semen dan Faktor Air Semen (FAS)	20
2.7.6 Perbandingan Campuran	21
2.7.7 Perawatan Beton (Curing)	22
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Lokasi Penelitian	25
3.2. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	26
3.3. Pembuatan Benda Uji Kubus	38
3.5. Pemeriksaan nilai Slump	39
3.6. Pengujian Kuat Tekan Beton (f_c') umur 28 hari	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Nilai Slump	42
4.2 Kuat Tekan Beton	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas dan Mutu Beton	16
Tabel 2.2	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji .	18
Tabel 2.3	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur	18
Tabel 2.4	Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton	20
Tabel 2.5	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus	21
Tabel 3.1	Mutu Pelaksanaan Diukur Dengan Deviasi Standart	28
Tabel 3.2	Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan FAS 0.5 Dan Jenis Semen Serta Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia	29
Tabel 3.3	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen.....	31
Tabel 3.4	Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m ³) yang dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkatan Kemudahan Pekerjaan Adukan	32
Tabel 3.5	Komposisi Adukan Beton Rencana Berdasarkan Mix Design	37
Tabel 3.6	Data Perbandingan Komposisi Benda Uji Beton Kubus untuk 20 Benda Uji	37
Table 4.1	Pemeriksaan Nilai Slump dengan Variasi Penambahan Abu TKKS	43
Tabel 4.2	Pengujian kuat tekan beton normal (Abu TKKS 0 %)	45
Tabel 4.3	Pengujian kuat tekan beton (variasi Penambahan Abu TKKS 5 %)	46
Tabel 4.4	Pengujian kuat tekan beton (variasi Penambahan Abu TKKS 10 %)	47
UNIVERSITAS MEDAN AREA.....		47

Tabel 4.5 Pengujian kuat tekan beton (variasi Penambahan Abu TKKS 15 %)
..... 48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kelapa Sawit dan Hasilnya	11
Gambar 2.2	Skema Boiler	12
Gambar 2.3	Kuat Tekan Beton	18



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini semakin pesat teknologi di bidang konstruksi, khususnya konstruksi bangunan gedung yang sebagian besar strukturnya menggunakan beton. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan teknologi di bidang beton yang menghasilkan kualitas beton yang lebih baik. Beton merupakan salah satu pilihan bahan bangunan untuk konstruksi karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, dan tidak mengalami pembusukan. Beton merupakan bahan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar.

Indonesia adalah Negara yang mempunyai lahan pertanian dan perkebunan yang sangat luas (Negara Agraris), tentunya tidak asing lagi dengan limbah-limbah buangan yang dihasilkan oleh pengelolaan hasil-hasil alam itu. Limbah-limbah tersebut seperti abu ampas tebu, cangkang sawit, atapun sabut kelapa pada umumnya tidak dimanfaatkan lagi. Dalam pembuatan beton, pemilihan akan bahan-bahan yang digunakan sangat penting terutama untuk memperoleh mutu beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis.

Industri perkebunan dan olahan terhadap produk kelapa sawit saat ini berkembang cukup pesat. Minyak sawit dan minyak inti sawit merupakan produk utama dari bidang industri ini. Pada prakteknya perkebunan kelapa sawit akan menghasilkan produk samping berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Produk samping ini merupakan sisa pengolahan dengan nilai ekonomis yang relatif rendah. TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) adalah sisa pemanfaatan pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS sebanyak 22 – 23% TKKS atau sebanyak 220 – 230 kg TKKS. Pada saat ini penggunaan TKKS sebagai bahan bakar untuk industri pengolahan minyak sawit yakni pada boiler dan pembakar lainnya. Hasil dari pembakaran TKKS ini juga menghasilkan sisa penggunaan berupa abu TKKS. Jumlah abu TKKS ini relatif juga cukup besar dan saat ini sisa pemanfaatan abu TKKS hanya disalurkan ke perkebunan dengan tujuan sebagai pupuk. Maka alternatif penggunaan abu TKKS lainnya perlu dipertimbangkan. Hal ini akan dapat bermanfaat untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan serta dapat memberi nilai tambah bagi penggunaan sisa pemanfaatan abu TKKS.

Penelitian dilakukan pada campuran beton dengan komposisi abu TKKS 0%, abu TKKS 5%, abu TKKS 10%, abu TKKS 15%, abu TKKS 20% sebagai bahan tambah dari berat semen. Untuk itu penulis mengadakan pengujian mempergunakan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) sebagai bahan tambah dalam campuran beton, untuk dapat mengetahui kuat tekan beton.

Adapun permasalahan pada penelitian ini adalah untuk menganalisa sejauh mana pengaruh penggunaan abu tandan kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai bahan tambah dalam pembuatan campuran beton K-300. terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh abu tandan kosong kelapa sawit dalam kuat tekan beton sebagai bahan tambah beton dengan variasi penambahan abu tandan kosong kelapa sawit 5%, 10% dan 15 % dari berat semen pada campuran beton. Tujuan dari penelitian ini apakah penggunaan abu tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif campuran beton.

1.4. Pembatasan Masalah

Untuk membatasi luasnya ruang lingkup masalah maka dibuat batasan-batasan masalahnya yaitu :

- a. Mutu beton yang direncanakan adalah K-300, pada umur 28 hari, Menggunakan material batu pecah (ukuran max ϕ 20mm) dan pasir (ukuran max ϕ 5mm) yang berasal dari daerah Binjai, Semen menggunakan semen Padang Portland tipe I (1 zak =50 kg).
- b. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari, masing-masing 20 buah untuk setiap variasi dengan penambahan abu tandan kosong kelapa sawit

sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen, benda uji kubus ukuran 15x15x15 cm.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, Permasalahan, Pembatasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat Penelitian Tempat penelitian dan Sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori yang mendasari penelitian.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan prosedur penyediaan bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu : agregat halus, agregat kasar, semen, air dan bahan tambah abu tandang kosong kelapa sawit. Selain itu disertai pembuatan benda uji dan proses pengujian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data dan analisa hasil pengujian beton dilaboratorium serta pembahasannya.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian akhir laporan tugas akhir ini terdapat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan dan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan.

2.2. Semen

Semen adalah perekat hidrolis yang berarti bahwa senyawa-senyawa yang terkandung di dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu : 1). Semen non-hidrolik dan 2). Semen hidrolik. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain semen portland, semen pozzolan, semen alumina, semen terak, semen alam dan lain-lain. Lain halnya dengan semen hidrolik, semen non hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non hidrolik adalah kapur

(Mulyono, 2003).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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 (repository.uma.ac.id)28/8/23

2.2.1. Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus didalam klinker yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu. Bahan mentah utama untuk membuat semen Portland adalah:

- kapur (CaO) : dari batu kapur
- silica (SiO_2) : dari lempung
- alumina (Al_2O_3) : dari lempung

Semen portland biasa ini diidentifikasi oleh *ASTM (American Society for Testing Materials)* C150 yang mana digunakan sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi menjadi beberapa jenis, sebagai berikut:

2.2.2. Jenis dan Penggunaan Semen Portland

a. Jenis I (Semen penggunaan umum)

Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Jenis II (Semen pengeras pada panas sedang)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

c. Jenis III (Semen berkekuatan tinggi awal)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

d. Jenis IV (Semen jenis rendah)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi

e. Tipe V (Semen tahan sulfat)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi biasanya komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat beton yang akan dihasilkan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau buatan. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, agregat kasar dan agregat halus. Bahan agregat terbagi dua yaitu:

2.3.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami bantuan atau pasir yang di hasilkan oleh industri pemecah batu. 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. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 – No. 100 atau dengan kata lain agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm (Standar ASTM).

Persyaratan untuk agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang di hasilkan oleh alat-alat pemecah batu
- b. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering)
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus di buktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH)
- e. Pasir laut tidak boleh di pakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya. Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.75 mm (Standar ASTM). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Jenis agregat kasar yang umum adalah :

Rahmadsyah Rambe - Pengaruh Penggunaan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton

1. *Batu pecah alami* : Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung api.
2. *Kerikil alami* : Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. *Agregat kasar buatan* : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan .

Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

Persyaratan untuk agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a. Agregat terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori
- b. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (di tentukan dari berat kering)
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali
- d. Harus bersifat kekal artinya tidak hancur atau pecah oleh pengaruh cuaca
- e. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, $\frac{1}{3}$ dari plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak besi minimum antara batang-batang tulangan.

2.4. Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam menentukan kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton, sehingga untuk mendapatkan beton yang mudah di

kerjakan harus di tentukan perbandingan antara jumlah air dan semen yang digunakan.

Air yang akan dipakai untuk membuat campuran beton dan juga untuk pemeliharaan beton yang telah mengeras harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

- a. Air tawar yang dapat diminum
- b. Air yang tidak mengandung minyak, asam alkali, bahan-bahan organis atau bahan-bahan yang dapat merusak beton dan baja tulangan
- c. Air yang bereaksi netral dengan kertas lakmus
- d. Apabila terdapat keragu-raguan terhadap pemakaian air, dianjurkan untuk mengirim contoh air itu ke lembaga pemeriksaan air untuk diselidiki sampai berapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton/baja tulangan.

2.5. Bahan Tambahan

Bahan tambahan (Admixture) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu atau untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan dari beton. Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan yang bersifat kimiawi dan bersifat mineral (additive).

2.6. Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Bagian yang paling populer dari kelapa sawit ini adalah buah. Bagian dari buah kelapa sawit ini, adalah sebagai berikut:

1. Eksoskrap, bagian kulit buah kemerahan dan licin
2. Mesoskrap, ini adalah serabut buah
3. Endoskrap, ini merupakan cangkang pelindung inti
4. Inti sawit (biji)

Dari hasil proses pembuatan Crude Palm Oil (CPO) maka akan dihasilkan limbah padat diantaranya serabut buah dan cangkang kelapa sawit itu sendiri, namun ini tidak menjadi masalah bagi Pabrik Kelapa sawit (PKS) karena limbah ini akan menjadi bahan bakar daripada boiler.



Gambar 2.1 : Kelapa Sawit dan Hasilnya

Cangkang (tempurung atau Endoskrap) kelapa sawit merupakan limbah padat sawit hasil pemisahan daripada inti sawit dengan menggunakan alat *Hydrocyclone separator* yang dapat dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau dibuat arang atau briket untuk keperluan industri. Pemanfaatan cangkang sebagai bahan bakar karena mengandung karbon aktif maka dapat langsung dipakai, oleh

karena itu pada Pabrik Kelapa Sawit limbah padat ini digunakan sebagai sumber penghasil panas pada tungku boiler.

Boiler atau dikenal sebagai ketel uap adalah sebuah bejana yang dipergunakan sebagai tempat memproduksi uap (steam), dimana bejana ini berisi bahan bakar dari limbah agrikultur ataupun pertambangan, dalam hal ini pada PT Jaya Beton menggunakan bahan bakar boiler adalah cangkang kelapa sawit. Boiler atau ketel uap adalah pembangkit uap yang terdiri atas dua bagian utama yaitu:

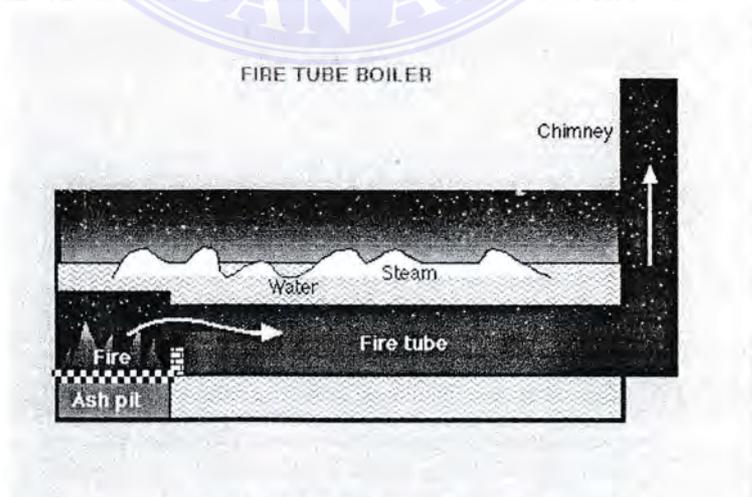
1. Furnance atau Tungku Pembakaran

Dimana berfungsi sebagai tempat bahan bakar yang akan menjadi penyedia panas.

2. Tabung Air Boiler

Yakni suatu alat dimana panas mengubah air menjadi uap. Uap atau cairan panas itu nantinya akan di sirkulasikan keluar dari boiler untuk digunakan dalam bermacam-macam proses yang memerlukan panas.

Adapun gambar daripada boiler tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 : Skema Boiler

Cangkang kelapa sawit yang akan dibakar dimasukan melalui hopper ke chain grate stoker, semacam conveyor yang kemudian masuk ke furnance (tungku pembakaran) dengan kecepatan tertentu. Emisi panas yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan untuk mengkonversi air umpan didalam pipa menjadi uap, dan uap inilah yang dipakai untuk merawat beton tiang pancang.

Cangkang yang sudah terbakar akan menghasilkan sisa-sisa pembakaran yang nantinya akan menjadi limbah daripada boiler atau furnance (tungku pembakaran) berupa:

1. Abu, yakni abu yang berada dibawah tungku tepatnya ditempat pengumpulan abu dan abu ini relatif berat.
2. Kerak Cangkang Boiler Kelapa Sawit, yakni kerak yang melekat pada dinding boiler.

Masalah yang kemudian timbul adalah sisa dari pembakaran pada ketel (boiler) berupa abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun yang sampai sekarang masih belum termanfaatkan. Ternyata limbah abu sawit banyak mengandung unsur silika (SiO_2) yang merupakan bahan pozzolanic

Abu Sawit merupakan bahan pozzolanic, yaitu material yang tidak mengikat seperti semen, namun mengandung senyawa silika oksida (SiO_2) aktif yang apabila bereaksi dengan kapur bebas atau Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan air akan membentuk material seperti semen yaitu Kalsium Silikat Hidrat. Abu sawit jika dicampur dengan semen dalam beton atau mortar, maka hasilnya akan berdaya tahan lebih besar dibandingkan jika memakai semen biasa.

Berdasarkan pengamatan secara visual, abu sawit memiliki berbagai

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 karakteristik diantaranya, bentuk partikel abu sawit tidak beraturan, ada yang

memiliki butiran bulat panjang, bulat dan bersegi dengan ukuran butiran 0 mm sampai dengan 2,3 mm serta memiliki warna abu-abu kehitaman.

2.7. Metode Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Mix Design adalah suatu cara menentukan komposisi bahan/kebutuhan bahan campuran beton berdasarkan sifat mutu, keawetan, karakteristik bahan yang digunakan serta metode pelaksanaannya. Beberapa metode perencanaan mix design adalah:

1. Berdasarkan perbandingan air semen (cw)
2. DOE / Perbandingan semen air (wc)
3. Asosiasi portland semen
4. ACI
5. SKSNI

Proses perencanaan dengan tahapan metode DOE adalah :

1. Menentukan nilai kuat tekan beton yang direncanakan pada umur tertentu
2. Menentukan nilai deviasi standar (sd) rencana.
3. Menentukan nilai tambah kekuatan ($sd \times 1,64$)
4. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang akan dicapai ($k +$ nilai tambah)
5. Menentukan jenis semen yang akan digunakan
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus
7. Menentukan faktor air semen (fas)
8. Menentukan faktor air semen maksimum
9. Menentukan nilai slump
10. Menentukan ukuran agregat maksimum

12. Menentukan kadar semen (kadar air bebas /fas)
13. Menentukan kadar semen maksimum
14. Menentukan kadar semen minimum
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan
16. Menentukan zona susunan gradasi agregat halus
17. Menentukan persentase pasir
18. Menentukan berat jenis relatif agregat
19. Menentukan berat jenis beton
20. Menentukan kadar agregat gabungan
21. Menentukan kadar agregat halus
22. Menentukan kadar agregat kasar
23. Koreksi proporsi campuran
24. Buatlah campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya.

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan secara proporsional unsur pembentuk beton, sehingga terpenuhi syarat-syarat :

- a. Mudah nya pengerjaan (*workability*) adukan beton yang dalam prakteknya ditentukan dengan tingginya slump, campuran mempunyai *workability* yang baik :
 - homogen dan gampang dicampur
 - tanpa kejadian penguraian
 - gampang dicor (plastis) dan dipadatkan.
- b. Kekuatan tekan (*compressive strength*) pada umur tertentu (biasanya 28 hari)

bagi beton yang sudah mengeras



c. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian beton.

2.7.1. Kinerja dan Mutu Beton

Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton yang dibuat. Sehingga dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan bangunan ataupun konstruksi yang akan dibangun untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan dibutuhkan. Menurut *PBI' 71* beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} kg/cm ²	σ'_{bm} dg.s=46 ² kg/cm ²	Tujuan	Pengawasan terhadap	
					mutu agregat	kekuatan tekan
I	<i>Bo</i>	-	-	non - struktural	ringan	tanpa
	<i>Bi</i>	-	-	struktural	sedang	tanpa
II	K125	125	200	struktural	ketat	tanpa
	K175	175	250	struktural	ketat	tanpa
	K225	225	300	struktural	ketat	tanpa
III	K>225	>225	>300	struktural	ketat	tanpa

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Hal. 34)

Untuk kepentingan pengendalian mutu disamping pertimbangan ekonomis, beton dengan mutu *Bo* (beton dengan 50-80 MPa), perbandingan jumlah agregat (pasir, kerikil atau batu pecah) terhadap jumlah semen tidak boleh melampaui 8:1. Untuk Beton dengan mutu *B100* MPa), dan *K125* (beton dengan *k_{cf}* minimum 125 MPa), dapat memakai perbandingan campuran unsur bahan beton dalam takaran volume 1 pc : 2 Ps : 3 kr atau 3/2 ps : 5/2 kr (*pc* = semen portland, *ps* = pasir, *kr* = kerikil). Apabila hendak menentukan perbandingan

antar-fraksi bahan beton mutu *K175* dan mutu lainnya yang lebih tinggi harus

dilakukan percobaan campuran rencana guna dapat menjamin tercapainya suatu karakteristik yang diinginkan dengan menggunakan bahan-bahan susunan yang ditentukan.

2.7.2 Kuat Tekan Beton

Faktor utama yang harus dicapai dalam perencanaan campuran beton adalah kekuatan tekan dari beton yang disyaratkan untuk mutu beton yang ditetapkan. Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor-faktor antara lain :

- Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- Jenis lekuk-lekuk bidang permukaan agregat, kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat dengan lekuk-lekuk yang baik akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih besar daripada penggunaan kerikil dari sungai.
- Perawatan (*curing*), pertahankan suhu ($20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$)
- Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur perawatan.

Penggunaan ukuran benda uji juga berpengaruh pada kekuatan tekan beton, berikut adalah nilai perbandingan kekuatan tekan beton dengan berbagai ukuran benda uji.

Tabel 2.2. Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji

<i>Benda Uji</i>	<i>Perbandingan Kekuatan Tekan</i>
Kubus 15cm x 15cm x 15cm	1,00
Kubus 20cm x 20cm x 20cm	0,95
Silinder ϕ 15cm x 30cm	0,83

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang indonesia 1971, Hal. 33)

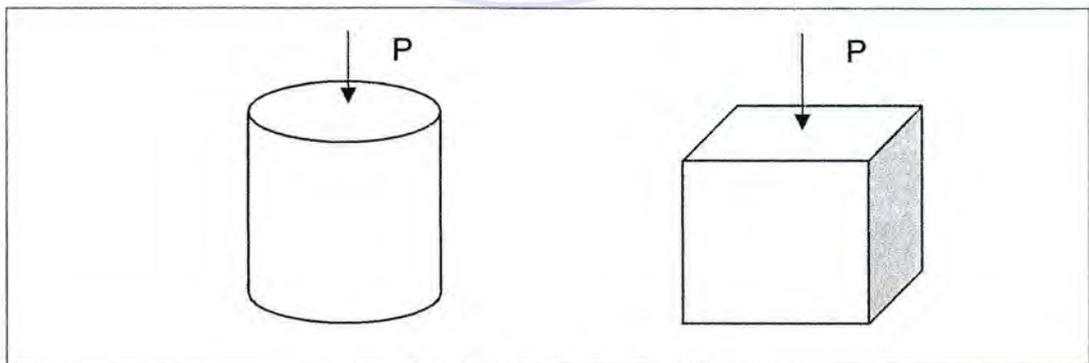
Apabila tidak ditentukan dengan percobaan-percobaan, maka untuk keperluan perhitungan kekuatan atau pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.3. Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur

<i>Umur Beton (Hari)</i>	<i>3</i>	<i>7</i>	<i>14</i>	<i>21</i>	<i>28</i>	<i>90</i>
Semen Portland	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20
Semen Kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang indonesia 1971, Hal 34)

Kuat tekan beton (σ_b) yang didapat dari masing-masing benda uji yang dapat ditentukan dengan menggunakan mesin uji tekan, dan benda uji yang digunakan dapat berupa kubus atau silinder, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3. Kuat Tekan Beton

Tetapi dalam penelitian ini digunakan cetakan kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

$$(\sigma_b) = P/A \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

f_b = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas Permukaan (cm²)

2.7.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah persentase berat air terhadap berat semen, dengan rasio faktor air semen yang telah ditentukan, kekuatan dari campuran beton dapat dinaikkan secara signifikan dengan cara sederhana mengurangi ukuran maksimum agregat kasar. Menurut Aitcin, Semakin tinggi kekuatan yang ingin dicapai maka semakin kecil ukuran agregat kasarnya. Nilai kuat tekan sampai dengan 70 Mpa dapat diproduksi dengan agregat kasar dengan kualitas bagus dengan ukuran maksimum 20mm sampai 25mm. Campuran beton mutu tinggi umumnya membutuhkan rasio faktor air semen yang rendah, dimana rasio faktor air semen berada pada rentang 0,23 sampai 0,35. faktor air semen yang rendah ini hanya dapat dicapai dengan *admixture* dalam jumlah dan dosis yang telah ditentukan.

2.7.4. Derajat Pengerjaan

Derajat pengerjaan menyangkut kemudahan pelaksanaan pembeconan dan hal itu disesuaikan terhadap kondisi pemadatan maupun penulangan, yang dicerminkan dengan pengujian slump.

Slump dapat ditentukan sebelumnya berdasarkan jenis konstruksinya setelah itu dapat diketahui derajat pengerjaannya.

Tabel 2.4. Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton.

Uraian	Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan dan konstruksi bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan missal	7,5	2,5

(Sumber : Diktat Teknologi Bahan 3. Hal. 4.27)

Untuk perencanaan adukan, berat air rencana dan persentase adanya udara yang terperangkap ditetapkan berdasarkan pada besarnya slump rencana dan ukuran maksimum agregat kasar. Untuk mendapatkan volume rencana agregat halus tiap m^3 beton, maka ditetapkan terlebih dahulu ukuran agregat kasar dan nilai modulus kehalusan agregat halus.

2.7.5. Kadar Semen dan Faktor Air Semen (FAS)

Beton harus menggunakan cukup semen untuk mencapai kekuatan tekan yang disyaratkan, disamping harus cukup pula untuk mencegah tulangnya terhadap serangan karat. Hasilnya harus diperiksa dengan menggunakan daftar semen minimum yang telah ditentukan, bilamana hasilnya jauh dibawah suatu harga minimum yang terdapat dalam daftar tersebut, maka harga minimum itu yang harus diambil dan faktor air semen yang digunakan pada umumnya adalah 50% dari berat semen minimum dalam $1m^3$ beton. Adapun pemakaian jumlah semen minimum dalam $1m^3$ beton (kg) dan Faktor Air Semen (FAS) pada suatu

lingkungan atau kondisi tertentu sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Dilindungi 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 28/8/23

Tabel 2.5. Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

Deskripsi	Jumlah Semen Minimum dalam 3 1m beton (kg)	FAS
Beton didalam ruangan 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 yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang terus-menerus berhubungan dengan air		
a. Air laut	275	0,57
b. Air laut	325	0,52

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Hal 34)

2.7.6. Perbandingan Campuran

Berdasarkan faktor air semen, derajat pengerjaan dan susunan gradasi, dapat diketahui perbandingan antara agregat halus, agregat kasar, semen dan air.

Sehingga dapat menghasilkan beton yang memenuhi kriteria :

- Kekuatan yang dikehendaki
- Mudah dikerjakan/dipadatkan
- Ekonomis
- Awet
- Kedap air

Karena perencanaan campuran dihitung berdasarkan agregat dalam keadaan jenuh permukaan kering, maka perlu penyesuaian terhadap kadar air agregat, dihitung menurut rumus sebagai berikut.

$$\text{Air} = B - (Ck - Ca) \times (C/100) - (Dk - Da) \times (D/100)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (Ck - Ca) \times (C/100)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (Dk - Da) \times (D/100)$$

dimana:

B = jumlah air (kg/m^3)

C = jumlah agregat halus (kg/m^3)

D = jumlah agregat kasar (kg/m^3)

Ca = absorsi air pada agregat halus (%)

Da = absorsi air pada agregat kasar (%)

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.7.7. Perawatan Beton (Curing)

Prosedur curing mengacu pada standar ASTM C-192-81, tujuan dari perawatan (curing) adalah mencegah penguapan air secara berlebihan dari lapisan beton yang belum mengeras, dan mencegah pengurangan kebutuhan air selama proses hidrasi semen. Peralatan yang dipakai adalah bak curing dengan air tawar. Perawatan ini dilakukan setelah beton mengalami final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, ketahanan terhadap aus dan dimensi struktur. Proses perawatan dilakukan berlangsung sampai satu hari sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton.

Jenis-jenis perawatan beton antara lain:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

1. Steam Curing

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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 (repository.uma.ac.id)28/8/23

- Menguntungkan bila menginginkan kekuatan awal.
- Panas tambahan dibutuhkan untuk menyelesaikan hidrasi (misal pada musim dingin).

2. Penyemprotan/ Fogging

- Metode yang baik untuk kondisi dengan suhu diatas suhu beku dan humiditas rendah.
- Kekurangannya yaitu biaya dan dapat menyebabkan erosi pada permukaan beton yang baru mengeras.

3. Penggenangan/Perendaman

- Ideal untuk mencegah hilangnya moisture.
- Mempertahankan suhu yang seragam.
- Kekurangannya yaitu membutuhkan tenaga kerja yang banyak, perlu pengawasan dan tidak praktis untuk proyek yang besar.

4. Lembaran Plastik

- Lapisan *Polyethylene* dengan ketebalan 4 mm.
- Kelebihannya yaitu ringan, efektif sebagai penghalang hilangnya moisture dan mudah diterapkan.
- Kekurangannya yaitu dapat menyebabkan *discoloration* permukaan, lebih terlihat bila lapisan plastik bergelombang dan diperlukan penambahan air secara periodik.

5. Penutup Basah

- Menggunakan bahan yang dapat mempertahankan *moisture*, seperti

UNIVERSITAS MEDAN AREA
burlap/karung goni yang dibasahin.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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)28/8/23

- Kelebihannya yaitu tidak terjadi *discoloration* dan tahan terhadap api.
- Kekurangannya yaitu memerlukan penambahan air secara periodik dan diperlukan lapisan plastik penutup burlap untuk mengurangi kebutuhan penambahan air.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium PT Jaya Beton Indonesia. Secara umum urutan tahap penelitian meliputi; Penyediaan bahan penyusun beton, Pemeriksaan bahan (Agregat), Perencanaan campuran beton (*Mix Design*), Pembuatan benda uji, Pemeriksaan nilai *slump*, Pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Berupa data yang diperoleh dari hasil pengujian di Laboratorium PT Jaya Beton Indonesia di Jalan Pasar Nipon, Paya Pasir Marelan Medan.

2. Data Sekunder

Berupa data yang diperoleh melalui referensi pustaka yang berhubungan dan mendukung penelitian ini.

3. Pengujian Material

Material yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah :

- Agregat halus : Pasir Binjai
- Agregat kasar : Batu pecah Binjai
- Semen portland : Semen Padang
- Air : Air Laboratorium PT Jaya Beton

Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Lolos ayakan 200 mesh
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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)28/8/23

Prosedur pengujian material tersebut mengikuti *Buku Ajar Panduan Praktikum Pengujian Bahan I Politeknik Negeri Medan.*

Hasil pengujian material adalah sebagai berikut :

- a) Agregat halus
 - Rata-rata kandungan lumpur = 0.5 %
 - Berat jenis SSD = 2.63 gram/cm³
 - Kadar air asli = 0.4 %
 - Kair SSD = 1.94 %
 - Analisa saringan = Pasir masuk pada daerah II, $FM = 2.97$ %
- b) Agregat kasar
 - Kadar lumpur = 0.66 %
 - Berat jenis SSD = 2.67 gram/cm³
 - Kadar air asli = 0.2 %
 - Kadar air SSD = 0.99 %

Hasil pengujian material dan proses perhitungannya secara lengkap ada pada bagian lampiran laporan ini.

3.2. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Langkah-langkah *mix design* metode DOE menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton yang direncanakan K-300 pada umur 28 hari.

2. Menetapkan nilai deviasi standar / nilai tambah

Nilai standar deviasi didapat dari hasil pengujian yang lalu untuk kondisi pekerjaan dan lingkungan yang saman dengan benda uji yang lebih besar dari 30 benda uji berpasangan. Jika jumlah benda uji lebih dari 30, harus dilakukan koreksi dan apabila tidak ada sama sekali maka diambil nilai tambahnya sebesar 12 MPa. Menurut rumusan:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dimana S adalah standar deviasi, x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian untuk masing-masing benda uji, \bar{x} adalah kuat tekan rata-rata dan n adalah jumlah data. Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut.

- (1) Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu, dan produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan
- (2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) yang nilainya dalam batas ± 7 MPa dari nilai f'_c yang ditentukan.
- (3) Paling sedikit terdiri 30 hasil uji yang berturutan atau dua kelompok hasil uji berurutan yang jumlahnya minimum 30 hasil uji, diambil dalam produksi

selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.

- (4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai data hasil uji yang memenuhi persyaratan, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar dikalikan dengan factor pengali dalam Tabel 8.17.
- (5) Bila data hasil uji kurang dari 15, maka kuat tekan rencana yang ditargetkan diambil sebesar $f'c + 12$ MPa.

Berbagi-bagi mutu pelaksanaan pada berbagai-bagai isi pekerjaan dicantumkan dalam table 3.1

3.1 Mutu Pelaksanaan diukur dengan deviasi standar.

Sebutan	Isi pekerjaan Jumlah beton (m ³)	Deviasi standar s (kg/cm ²)		
		Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
Sedang	1000 – 3000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
Besar	>3000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

(Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 hal 40)

Nilai Standar Deviasi diambil 70 kg/cm²

3. Nilai tambah Atau margin

Nilai tambah atau margin dihitung menurut rumus $m = k \times s$, dimana m adalah nilai tambah, k adalah tetapan statistic yang nilainya tergantung pada prosentase hasil uji yang lebih rendah dari $f'c$ (dalam hal ini diambil 1.64) dan s adalah standar deviasi. Rumus diatas dapat ditulis kembali menjadi $m = 1.64 * s$.

$$m = 1.64 \times 70 = 114.8 \text{ kg/cm}^2$$

4. jadi kuat tekan rencana yang ditargetkan:

$$f'cr = f'c + 1.64 \times s$$

$$f'cr = 300 + (1.64 \times 700) = 414.8 \text{ kg/cm}^2$$

5. Menetapkan jenis semen dan agregat

UNIVERSITAS MEDAN AREA semen tipe I

- Jenis agregat halus : Alami
- Jenis agregat halus : Batu pecah

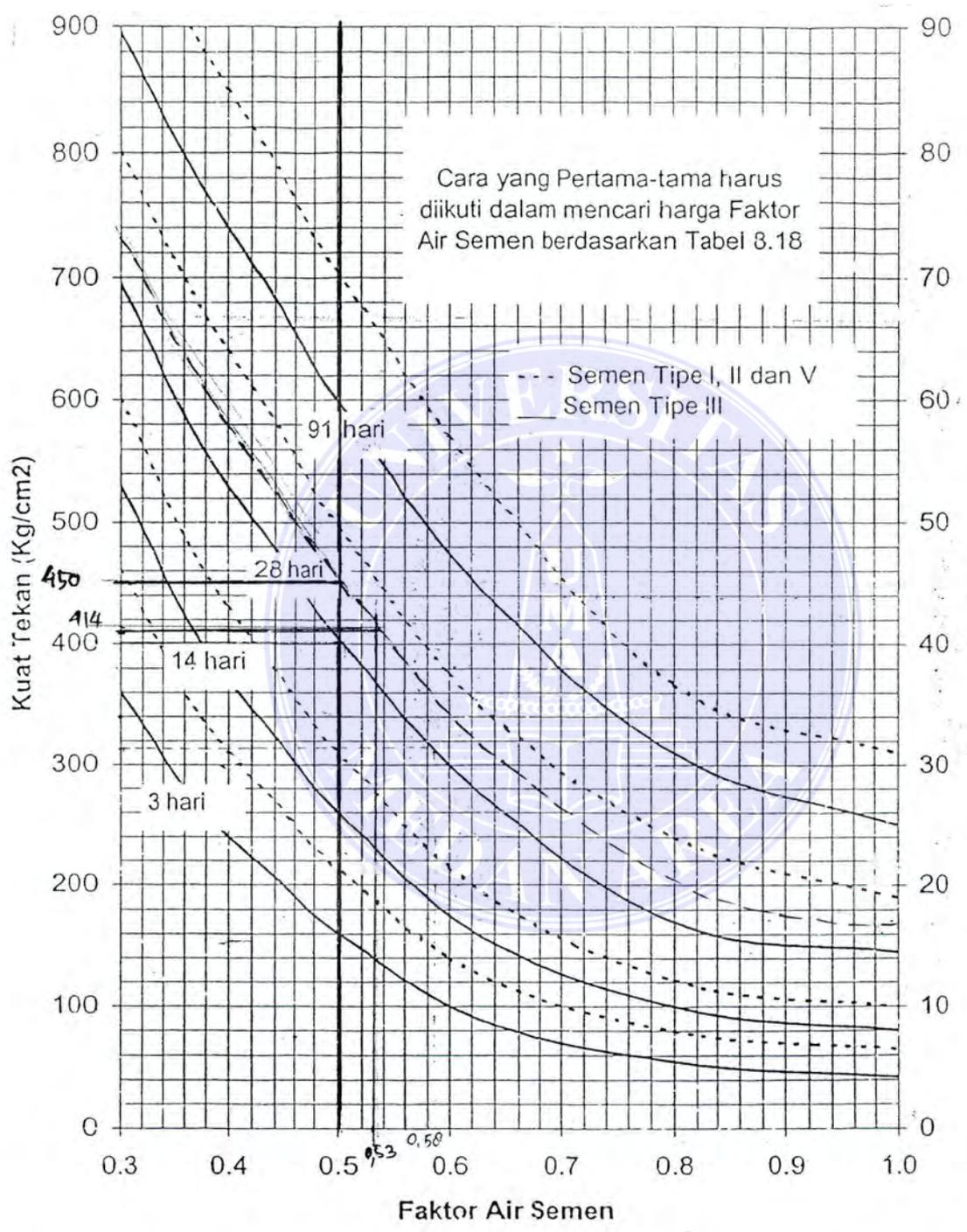
6. Pemilihan Faktor Air Semen

Faktor air semen ditentukan dengan Tabel 3.2. dan Grafik 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.2 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS 0.5 dan jenis semen serta agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

JENIS SEMEN	JENIS AGREGAT KASAR	KEKUATAN TEKAN (MPa) PADA UMUR (HARI)				BENTUK BENDA UJI
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tipe II, V	Batu tak dipecahkan (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Tipe III	Batu tak dipecahkan (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber : Teknologi Beton hal 183)



Grafik 3.1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan benda uji Kubus (Sumber : Teknologi Beton Hal 187)

6. Menentukan nilai faktor air semen maksimum

Tabel 3.3. Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen

Deskripsi	Jumlah Semen Minimum ³ dalam 1m ³ beton (kg)	FAS
Beton didalam ruangan 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 yang masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang terus-menerus berhubungan dengan air		
a. Air laut	275	0,60
b. Air laut	325	0,52

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Hal 34)

Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

Dari Tabel 3.3. diperoleh faktor air semen maksimum **0.6** dan jumlah semen minimum **325 kg/m³**.

7. Menetapkan nilai *slump*.

Nilai *slump* dalam SK SNI T – 15 – 1990 – 03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, ditetapkan sedemikian rupa sehingga diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Dalam hal ini nilai *slump* ditetapkan sebesar **60 – 180 mm**.

8. Menetapkan ukuran besar butir maksimum.

Ukuran maksimum ialah **20 mm**.

9. Menetapkan kadar air bebas.

Kadar air bebas ditetapkan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air bebas} = 2/3 Wh + 1/3 Wk$$

Dimana : Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Perkiraan jumlah air ini dapat dilihat pada

Tabel 3.4. Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa Tingkat kemudahan Pekerjaan Adukan

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
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
30 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : Teknologi Beton hal 188)

Sehingga kadar air bebas menjadi :

$$\text{Kadar air bebas} = 2/3 \times 225 + 1/3 \times 225 = 205 \text{ kg/m}^3$$

10. Menghitung kebutuhan semen

$$\text{Kebutuhan semen} = \text{Kadar air bebas} / \text{faktor air semen}$$

$$= 205 / 0.53$$

$$= 386.79 \text{ kg/m}^3$$

11. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

$$\text{Kebutuhan semen teoritis} = 386.79 \text{ kg/m}^3$$

Maka diambil jumlah semen terbesar, yaitu 386.79 kg/m³.

12. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

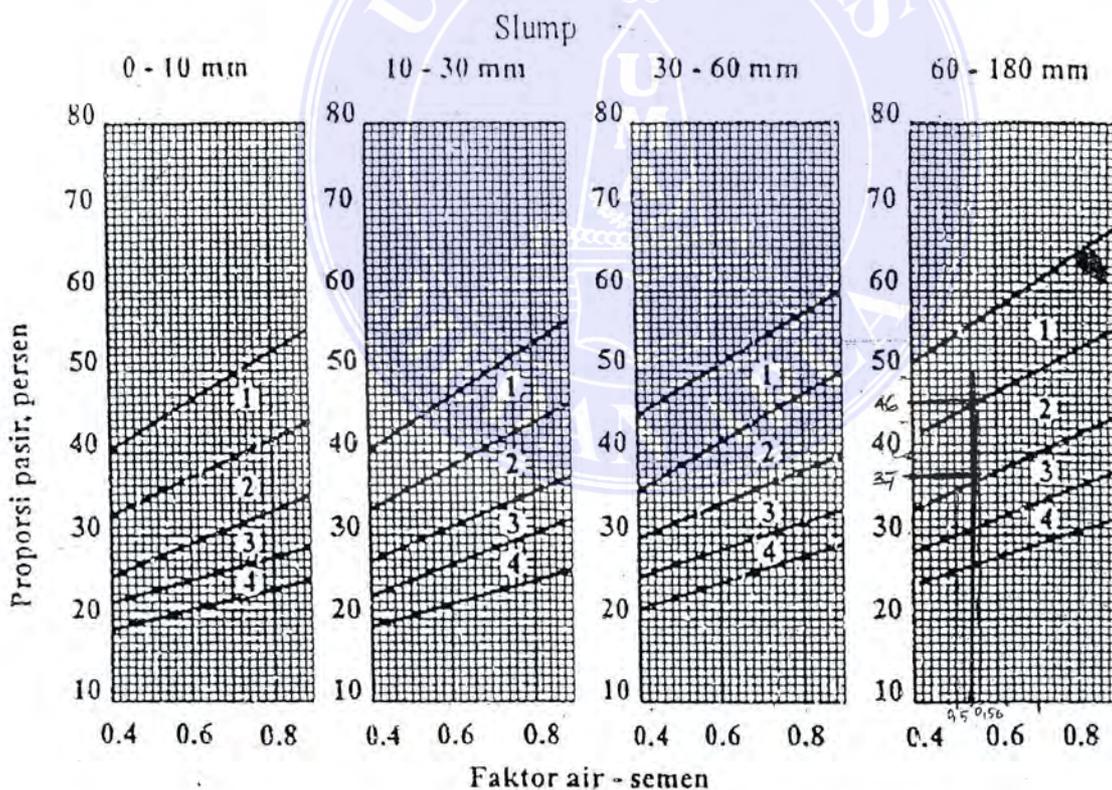
Daerah gradasi pasir : Daerah II

Faktor air semen : 0.53

Nilai *slump* : 60 – 180 mm

Ukuran agregat maksimum : 20 mm

Berdasarkan data di atas maka prosentase agregat halus dapat ditentukan dengan menggunakan Grafik 3.2. sebagai berikut :



Grafik 3.2 Prosentasi Jumlah Pasir yang Dianjurkan untuk daerah susunan butir 1,2,3 dan 4 dengan maksimum agregat 20 mm

Dari Grafik 3.2. diperoleh nilai antara 37 – 46 %

Prosentase agregat halus = $(37 + 46) / 2 = 41.5 \%$

Prosentase agregat kasar = $100 - 41.5 = 58.5 \%$

13. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

Berat jenis SSD agregat gabungan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

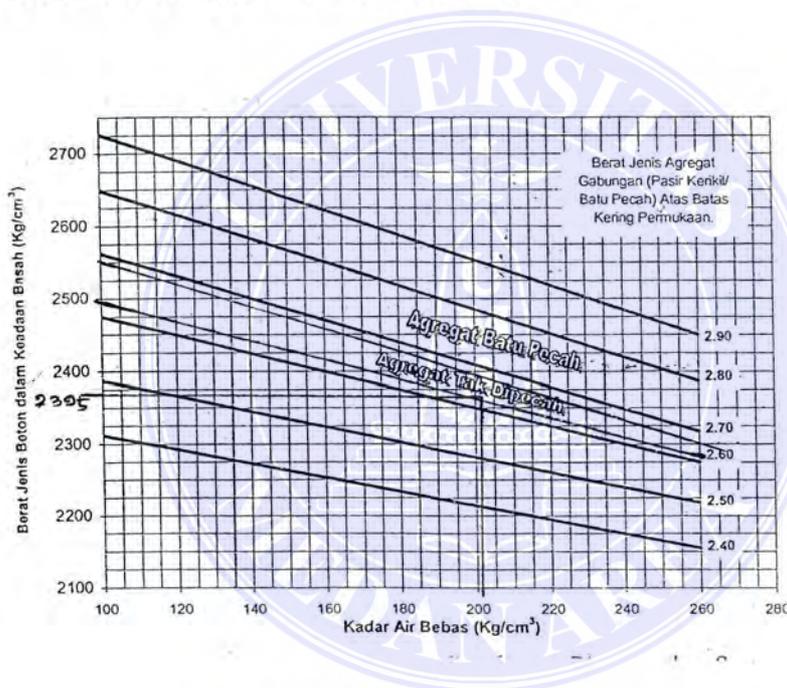
$$\text{BJ gabungan} = (\% \text{ agregat halus} \times \text{BJ SSD agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times \text{BJ SSD agregat kasar})$$

$$\text{BJ gabungan} = (0.415 \times 2.63) + (0.585 \times 2.67) = 2.653 \text{ gram/cm}^3$$

14. Menentukan berat jenis beton

Besarnya berat jenis beton diperkirakan dengan menggunakan Grafik 3.3.

Grafik 3.3. Grafik perkiraan berat jenis beton



Grafik 3.3 Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh

Dari Grafik 3.3. didapat perkiraan berat jenis beton basah sebesar 2395 kg/m³

15. Menghitung berat masing-masing agregat

$$\text{Berat agregat gabungan} = \text{Berat beton} - \text{Berat semen} - \text{Berat air}$$

$$\text{Berat agregat gabungan} = 2395 - 386,79 - 205 = 1803.21 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0.415 \times 1803.21 = 748.33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = 0.585 \times 1803.21 = 1054.88 \text{ kg/m}^3$$

16. Koreksi berat agregat dan berat air

Berat agregat halus :

$$\text{Kadar air SSD} = 1.94 \%$$

$$\text{Kadar air asli} = 0.40 \%$$

$$\text{Koreksi kadar air} = 0.40 - 1.94 = -1.54 \% \text{ (kekurangan air)}$$

$$\text{Berat pasir terkoreksi} = 748.33 + (-1.54\% \times 748.33) = 736.81 \text{ kg/m}^3$$

Berat agregat kasar :

$$\text{Kadar air SSD} = 0.99 \%$$

$$\text{Kadar air asli} = 0.20 \%$$

$$\text{Koreksi kadar air} = 0.20 - 0.99 = -0.79 \% \text{ (kekurangan air)}$$

$$\text{Berat batu terkoreksi} = 1054.88 + (-0.79\% \times 1054.88) = 1046.55 \text{ kg/m}^3$$

Berat air :

$$\begin{aligned} \text{Berat air terkoreksi} &= 205 - \{(-1.54 / 100) \times 748.33\} - \{(-0.79 / 100) \times \\ &1054.88\} \\ &= 224.85 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

17. Kebutuhan bahan (untuk 1 m³ beton)

$$\text{Air} = 224.85 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 386.79 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 736.81 \text{ kg}$$

$$\text{Krikil} = 1046.55 \text{ kg}$$

Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat ditentukan perbandingan berat dari masing-masing bahan sebagai berikut :

$$\text{Semen : Pasir : Krikil : Air} = 1 : 1.90 : 2.70 : 0.58$$

Prosedur Pembuatan Benda Uji Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan

Seluruh peralatan dan bahan disiapkan, guna memudahkan dalam pengerjaan pengadonan dan pencetakan benda uji.

2. Perencanaan campuran beton

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

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 (repository.uma.ac.id)28/8/23

Pada penelitian ini digunakan campuran beton berdasarkan tabel dibawah ini dimana telah dilakukan penelitian terhadap berapa banyaknya digunakan komposisi beton tiap yaitu:

Tabel 3.5 Komposisi Adukan Beton Rencana berdasarkan mix design

Nama Bahan	Jumlah Material (kg)	Perbandingan
Semen	386,79	1
Pasir	736,81	1,90
Kerikil	1046,55	2,70
Air	224,85	0,58

(Sumber : Data Penelitian di Laboratorium PT Jaya Beton)

Dari perbandingan komposisi adukan beton pada tabel diatas maka didapatkan perbandingan material (semen : pasir : kerikil : air : abu kerak boiler kelapa sawit) pada setiap sampel. Sampel dibuat dengan membuat tambahan variasi abu tandan kosong kelapa sawit : 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen.

Tabel 3.6 Data Perbandingan Komposisi Benda Uji Beton Kubus untuk 20 Benda uji

Persentase Abu Tadan Kosong Kelapa Sawit (%)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Semen (kg)	Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (kg)
0 % (normal)	15,18	49,73	70,64	26,11	0
5 %	15,18	49,73	70,64	26,11	1,31
10%	15,18	49,73	70,64	26,11	2,61
15 %	15,18	49,73	70,64	26,11	3,92

(Sumber : Data Penelitian di laboratorium PT Jaya Beton)

3.3. Pembuatan Benda Uji Kubus

Pengadonan dan pembuatan benda uji yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan bahan-bahan campuran beton yaitu semen, pasir, kerikil dan air sesuai kebutuhan.
2. Mempersiapkan bahan tambah abu tandan kosong kelapa sawit yang telah diayak dengan lolos ayakan 200 mesh.
3. Setelah semua bahan disediakan maka dimasukkan bahan pada tempat pengadonan (mixer) yaitu pasir, kerikil, dan semen dan diaduk sampai rata dan diberi air pada bagian tengah adonan serta dibiarkan $\pm 2 - 5$ menit agar campuran saling mengikat.
4. Kemudian diaduk dan dicampur semua pasta beton sampai campuran benar-benar homogen.
5. Setelah pengadonan selesai dilakukan pencetakan dengan cara memasukkan pasta beton ke dalam cetakan setinggi $1/3$ tinggi cetakan, kemudian dirojok dengan batang perojok besi sebanyak 25 kali, untuk menjamin kepadatan susunan campuran.
6. Dimasukkan kembali $1/3$ bagian campuran pasta beton ke dalam cetakan kemudian dirojok kembali.
7. Dimasukkan kembali pasta beton kedalam cetakan sampai penuh kemudian dirojok kembali.
8. Permukaan cetakan diratakan dengan skrap dan benda uji diletakkan pada ruangan perawatan.

9. Setelah beton berumur 24 jam cetakan dibuka dan direndam di bak perendaman selama 28 hari.
10. Untuk penambahan abu tandan kosong kelapa sawit caranya sama dengan pengecoran beton normal (tanpa abu tandan kosong kelapa sawit). Perbedaannya terletak pada penambahan abu tandan kosong kelapa sawit bersamaan dengan memasukan kerikil ke dalam tempat pengadonan.

3.4. Pemeriksaan nilai Slump

Pemeriksaan nilai slump dilakukan setelah adukan yang sudah tercampur merata, dituangkan ke atas sebuah pan besar yang tidak menyerap air, dan kemudian adukan diukur kekentalannya dengan menggunakan metode *slump test* dari kerucut *Abrams-Harder*.

1. Alat

- Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian atas 10 cm dasar diameter 20 cm dan tinggi 30 cm
- Tongkat pemadat dari baja panjang 60 cm dan diameter 16 mm
- Sendok spasid

2. Bahan

- Campuran beton segar

3. Langkah-langkah pemeriksaan slump adalah sebagai berikut:

- kerucut terpancung dan plat dibasahi dengan kain basah
- letakkan kerucut diatas plat
- Isilah kerucut terpancung dengan beton segar dalam 3 lapisan, tiap lapisan

dipadatkan dengan tongkat besi sebanyak 25 kali.

- Setelah pemadatan ratakan permukaan atas kerucut dengan tongkat besi, tunggu selama 30 detik, lalu angkat kerucut perlahan-lahan dengan tegak lurus keatas, letakan kerucut terbalik disamping beton segar.
- Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan permukaan benda uji terhadap puncak kerucut terpancung.

3.5. Pengujian Kuat Tekan Beton (f_c') umur 28 hari

Pengujian dilakukan pada umur kubus beton 28 hari, untuk tiap variasi beton sebanyak 20 buah. Sehari sebelum pengujian sesuai umur rencana, kubus beton dikeluarkan dari bak perendaman. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* berkapasitas 200 ton.

Kekuatan tekan benda uji beton dihitung dengan rumus:

$$f_c' = P/A$$

dengan : f_c' : kekuatan tekan (kg/cm^2)

P : beban tekan (kg)

A : luas permukaan benda uji (cm^2)

1. Alat

- Mesin Uji Tekan
- Timbangan

2. Bahan

- Benda uji beton

3. Perosedur pelaksanaan

- Ambil benda uji dari bak perendaman, keringkan dalam ruangan benda uji selama 1 hari dan timbang benda uji
- Letakkan benda uji kedalam mesin tekan beton secara sentries
- Jalankan mesin Tekan dengan menambah beban
- Lakukan penekana sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan beton normal yaitu sebesar 310,82 kg/cm². Sedangkan tekanan beton dengan campuran abu tandan kosong kelapa sawit 5 %, 10 %, 15 %, berturut-turut adalah 321,27 kg/cm², 298,49 kg/cm² dan 286,82 kg/cm². Sehingga abu tandan kosong kelapa sawit dapat menjadi bahan campuran semen dalam pembuatan beton dengan persentase tertentu.
2. Dari hasil pengujian diperoleh nilai slump beton normal yaitu sebesar 9,50 cm. Sedangkan nilai slump dengan campuran abu tandan kosong kelapa sawit 5 %, 10 %, 15 %, berturut-turut adalah 10,10 cm, 11,30 cm dan 11,80 cm. Tingginya nilai slump ini menyebabkan adukan beton lebih mudah dikerjakan (workability).
3. Pemakaian abu sawit sebagai bahan tambah dapat digunakan pada campuran beton normal, dengan persentasi tertentu yang meningkatkan kuat tekan beton.

5.2 Saran

1. Perlu kiranya diteliti lebih lanjut penggunaan abu tandan kosong kelapa sawit dengan persentase yang berbeda untuk mendapatkan persentase yang optimal terhadap kekuatan beton.
2. Perlu dilakukan penelitian yang mengkombinasikan pemakaian bahan abu tandan kosong kelapa sawit dengan bahan tambahan lainnya.
3. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengujian lainnya, diantaranya kuat tarik belah dan kuat lentur.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1983, *Teknologi Bahan 3*, Dirjen Perguruan Tinggi Politeknik.
- Ermiyati, 2007, *Abu Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Pada Mortar*, Fakultas Teknik Universitas Riau, *Jurnal Sains dan Teknologi*.
- Ghafur Abdul, 2009, *Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton dan Pola Retak Beton*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Kusumadi, Drs., 2009, *Panduan Praktikum Pengujian Bahan I*, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan.
- Mulyono, T., 2003, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Olivia, Monita. dkk, 2005, *Pemanfaatan Abu Sawit Sebagai Bahan Tambah Pada Beton*, Fakultas Teknik Universitas Riau, *Jurnal Sains dan Teknologi*.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.
- Sari T Dian, 2010, *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Menggunakan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Skripsi FMIPA, Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, Pordinan., 2008, *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton*, Skripsi, FMIPA, Universitas Sumatera Utara.
- Santosa, Bing, 2009, *Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa (ASK) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Bahan Tambah Sikament-LN Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton*, Fakultas Teknik Universitas Janabadra,