

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan konstruksi dan pembangunan di dunia dari hari ke hari semakin meningkat. Semakin hari semakin mudah menemukan gedung pencakar langit, pembangunan konstruksi dan gedung dunia yang sebagian besarnya masih terbuat dari beton. Dengan meningkatnya pembangunan maka kebutuhan beton juga akan semakin meningkat. Dan mungkin akibat pemakaian beton yang terus meningkat maka akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Sehingga perlu dicari solusi bagaimana mendapatkan Beton ramah lingkungan. Beton ramah lingkungan merupakan beton yang menggunakan sedikit energi alam dalam produksinya dan menghasilkan lebih sedikit CO₂ (karbondioksida) dari pada beton normal. Bahan utama dalam pembuatan beton adalah semen yang terbuat dari batu kapur. Selama pembuatan semen, bahannya dipanaskan sampai sekitar 800 °C hingga 10000 °C. Selama proses ini CO₂ (karbondioksida) akan dilepaskan. Oleh karena itu beton ramah lingkungan menjadi eksistensi dalam mengurangi emisi CO₂ dengan mengurangi penggunaan semen yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan juga beton ramah lingkungan dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam seperti kapur, serpih, tanah liat dan pasir sungai alami. Selain pemakaian beton salah satu penyebab kerusakan lingkungan adalah limbah. Sehingga limbah dapat dimanfaatkan sebagai Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan pada campuran beton pada beton ramah lingkungan .

Di Indonesia terdapat berbagai macam jenis limbah, salah satu nya limbah yang dihasilkan dari sektor perkebunan seperti perkebunan kelapa sawit. Limbah yang dapat digunakan dari perkebunan kelapa sawit yang memiliki potensi sebagai bahan tambah pada semen adalah abu cangkang kelapa sawit. Abu cangkang sawit berasal dari proses pembakaran cangkang menjadi abu.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menggunakan abu cangkang sawit sebagai bahan tambah pada campuran beton terhadap kuat tekan beton ($f'c$) untuk menghasilkan Beton Bermutu dan Ramah Lingkungan

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana kuat tekan yang terjadi pada beton yang menggunakan bahan tambah abu cangkang sawit
2. Bagaimana perbandingan proporsi campuran beton menggunakan abu cangkang sawit berdasarkan mix design

1.3.. Batasan Masalah

Penelitian ini akan diberi batasan masalah agar kerja dapat lebih terarah dan tidak meluas. Batasan masalah yang digunakan adalah :

1. Umur beton yang akan di uji berumur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
2. Mutu beton $f'c = 25$ Mpa
3. Bahan tambah yang digunakan adalah abu cangkang sawit
4. Cangkang Sawit diambil dari daerah Kisaran
5. Penambahan abu cangkang sawit sebesar 0%, 3%, 6%, dan 9% dari berat semen
6. Semen yang digunakan adalah semen Portland jenis I
7. Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan beton adalah silinder
8. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang sawit pada kuat tekan beton
9. Tidak dilakukan kontrol terhadap kondisi lingkungan, seperti suhu ruangan dan kelembapan udara

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kuat tekan yang terjadi pada beton yang menggunakan bahan tambah abu cangkang sawit
2. Untuk mengetahui kadar optimum penambahan abu cangkang sawit pada campuran beton terhadap kuat tekan beton

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi beton ramah lingkungan
2. Menambah pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan abu cangkang sawit pada beton
3. Memberikan informasi pada pengolahan limbah cangkang sawit

1.6. Sistematika Penulisan

- **Bab I Pendahuluan**

Bab ini mencakup latar belakang penelitian rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian

- **Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang landasan kajian pustaka baik dari buku-buku ilmiah, maupun sumber-sumber lain yang mendukung penelitian ini.

- **Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini membahas tentang tahapan, pengumpulan data, bahan-bahan penelitian, lokasi penelitian dan pengujian sampel.

- **Bab IV Analisis Dan Hasil**

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan menganalisa data yang diperoleh dari penelitian

- **Bab V Kesimpulan Dan Saran**

Menyimpulkan hasil-hasil yang didapat dari penelitian dan memberikan saran untuk lebih lanjut

1.7. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium beton Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton didapat dari pencampuran semen Portland, air, agregat halus dan agregat kasar (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia) pada perbandingan tertentu (*Tjokrodimuljo, 1996*).

Bahan penyusun beton dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan pasif. Kelompok bahan aktif yang disebut sebagai pengikat/perekat adalah semen dan air, sedangkan bahan yang pasif yang disebut sebagai bahan pengisi adalah pasir kerikil (disebut agregat halus dan agregat kasar) (*Tjokrodimuljo, 1996*).

Beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan material lain, diantaranya :

1. Beton termasuk bahan yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukkan dan terhadap kebakaran.
2. Harga relatif murah karena menggunakan bahan dasar dari lokal, kecuali semen Portland.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk yang sesuai keinginan
4. Kuat tekan yang tinggi apabila dikombinasikan dengan baja tulangan dapat digunakan untuk struktur berat
5. Beton segar dapat disempurnakan pada permukaan beton lama yang retak, maupun diisikan kedalam cetakan beton pada saat perbaikan, dan memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat tempat yang posisinya sulit
7. Beton termasuk tahan aus dan kebakaran, sehingga biaya perawatannya relatif rendah

Beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton segar mengalami susut pada saat pengeringan, dan beton segar mengembang jika basah
3. Beton keras mengeras dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu.

4. Beton sulit kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasukkin air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak tulangan beton
5. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

2.2. Material Penyusun

Komponen pembentuk beton adalah semen Portland, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambah lain nya

2.2.1. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982, dalam Tjokrodinuljo, 1996). Fungsi semen adalah untuk merekat butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu semen juga berfungsi mengisi rongga-rongga antar butir agregat. Material-material utama dari semen Portland adalah batu kapur yang mengandung komponen-komponen yang SiO_2 (silica), Al_2O_3 (alumina), Fe_2O_3 (oksida besi), MgO (Magnesium), SO_3 (sulfur) serta $\text{Na}+\text{K}_2\text{O}$ (soda/potash). Komposisi dari bahan utama pembuatan semen dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Bahan Utama Semen

Komposisi	Persentase (%)
-----------	----------------

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 (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo (1996))

Walaupun demikian pada dasarnya ada 4 unsur yang paling utama dari semen yaitu :

1. Dikalsium silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂

Unsur C₂S ini beraksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari. Unsur C₂S membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan mengurangi besar susutan pengeringan. Kadar C₂S yang lebih tinggi akan menghasilkan ketahanan terhadap agresi kimiawi yang relative tinggi, pengerasan yang lambat, dan panas hidrasi yang rendah.

2. Trikalsium silikat (C₃S) atau 3CaO.SiO₂

Unsur C₃S ini beraksi dengan air lebih cepat sehingga berpengaruh terhadap pengerasan semen terutama sbelum mencapai 14 hari. Kadar C₃S yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi.

3. Trikalsium aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃

Unsur ini bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. Jika kandungan unsure ini lebih besar dari 10% akan menyebabkan kurang tahan terhadap asam sulfat.

Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari.

4. Tektrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

Senyawa ini kurang berpengaruh besar terhadap kekuatan dan kekerasan semen. C_4AF hanya berfungsi untuk menyempurnakan reaksi pada dapur pembakaran pembentukan semen.

Dua unsur pertama (1 dan 2) biasanya merupakan 70-80% dan kandungan berat semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (*Tjokrodimuljo, 1996*).

Proses hidrasi pada semen Portland yang kompleks dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Hidrasi kalsium silikat (C_3S dan C_2S)

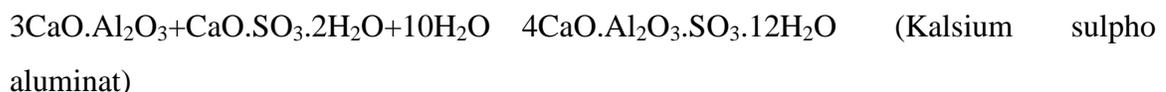
kalsium silikat akan terhidrasi menjadi kalsium hidroksida dan kalsium silikat hidrat



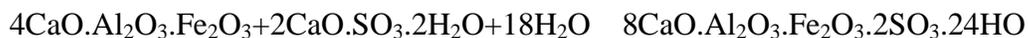
Terbentuknya kalsium hidroksida pada proses hidrasi diatas menyebabkan pasta semen bersifat basa, hal ini dapat mencegah korosi pada baja akan tetapi menyebabkan pasta semen cukup reaktif terhadap asam

2. Hidrasi Kalsium Aluminat (C_3A)

Proses hidrasi C_3A akan menghasilkan kalsium aluminat hidrat setelah semua kandungan gypsum ($CaO \cdot SO_3 \cdot 2H_2O$) habis bereaksi.



3. Hidrasi Kalsium Aluminat Ferrite (C_4AF)



Perubahan komposisi semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai jenis pemakainya. Jenis-jenis semen Portland yang sering digunakan dalam konstruksi serta penggunaannya dicantumkan dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jenis Semen Portland di Indonesia

Jenis Semen	Karakteristik Umum
Jenis I	Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti disyaratkan pada jenis jenis lain.
Jenis II	Semen Portland yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
Jenis III	Semen Portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi
Jenis IV	Semen Portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
Jenis V	Semen Portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat

(Sumber : Tjokrodilmujo (1996))

2.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang paling penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai bahan pengikat (bahan penghidrasi semen) dan bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*). Penggunaan air yang terlalu banyak dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan beton. Selain sebagai bahan campuran beton, air digunakan pula untuk merawat beton dengan cara pembasahan setelah beton dicor.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. kandungan lumpur (benda melayang lainnya) maksimum 2 gram/liter.
- b. Kandungan garam-garam yang merusak beton (asam, Zat organik, dll) maksimum 15 gram/liter
- c. Kandungan klorida (Cl) maksimum 0,5 gram/liter .
- d. Kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter

2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat akan sangat mempengaruhi kualitas beton, tetapi sifat sifat ini lebih bergantung pada faktor-faktor, seperti bentuk, dan ukuran butiran pada jenis batuananya. Berdasarkan butiran, agregat dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat berbutir kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm (*Tjokrodimuljo, 1996*) dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk mortar bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat.

Syarat-syarat agregat halus (pasir) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C33 adalah :

- 1) Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
- 2) Butiran tajam, keras, awet, (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
- 3) Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet
- 4) Gradasi sesuai spesifikasi dan hindari gap graded aggregate karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga

- 5) Bentuk yang baik adalah bulat karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.
- 6) Kadar lumpur agregat tidak lebih dari 5% terhadap berat kering karena akan berpengaruh pada kuat tekan beton

Pasir didalam campuran beton sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), keawetan (*durability*), dan kekuatan (*strength*) dari beton yang dihasilkan. Untuk memperoleh hasil beton yang seragam, mutu pasir harus dikendalikan. Oleh karena itu, pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang ditentukan. Batasan susunan butiran agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Batasan Susunan Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo (1996))

Keterangan :

- Daerah I : Pasir kasar
- Daerah II : Pasir agak kasar
- Daerah III : Pasir agak halus
- Daerah IV : Pasir Halus

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm dan 40 mm). sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya

tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen (*Tjokrodimuljo, 1996*)

Tabel 2.4. Batasan Susunan Butiran Agregat Kasar

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo (1996))

2.2.4 Bahan Tambah (Admixture)

2.2.4.1 Defenisi Bahan Tambah

Bahan tambah (*Admixture*) ialah bahan selain unsur pokokbeton (air, semen, dan agregat halus) yang ditambahkan kedalam campuran saat atau selama pencampuran berlangsung. Penggunaan bahan tambah biasanya didasarkan pada alasan yang tepat, diantaranya perbaikan kelecakan dan dapat mengurangi penggunaan semen (*Tjokrodimuljo, 1996*). Tujuan penambahan admixture ini adalah untuk mengubah satu atau sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras.

2.2.4.2. Tujuan Menggunakan Bahan Tambah

Tujuan penggunaan bahan tambah menurut manual of concrete practice dalam admixture and concrete adalah sebagai berikut:

A. Memodifikasi beton segar, mortar dan grouting

- Menambah sifat mudah pengerjaan tanpa menambah kandungan air
- Menghambat atau mempercepat waktu pengikatan awal campuran beton
- Mengurangi atau mencegah penurunan atau perubahan volume
- Mengurangi segregasi

- Mengembangkan dan meningkatkan sifat penetrasi dan pemompaan beton segar
- Mengurangi kehilangan nilai slump

B. Memodifikasi beton keras, mortar dan grouting

- Menghambat dan mengurangi panas selama proses pengerasan awal (beton muda)
- Mempercepat laju pengembangan kekuatan beton pada umur muda
- Menambah kekuatan beton
- Menambah sifat keawetan beton, ketahanan dari gangguan luar termasuk serangan garam-garam sulfat.
- Mengurangi kapilaritas air
- Mengurangi sifat permeabilitas
- Mengontrol pengembangan yang disebabkan oleh reaksi alkali dari alkali termasuk alkali dalam agregat
- Menghasilkan struktur beton yang baik
- Menghasilkan warna tertentu pada beton atau mortar.

2.2.4.3 Hal Yang Perlu Diperhatikan Ketika Menggunakan Bahan Tambah

Penggunaan bahan tambah harus dikonfirmasi dengan standar yang berlaku, seperti SIN, ASTM atau ACI. Selain itu yang terpenting adalah memperhatikan petunjuk penggunaan bahan tambah tersebut, yang biasanya tertuang dalam manual bahannya.

Beberapa evaluasi yang perlu dilakukan jika menggunakan bahan tambah :

- Penggunaan semen dengan tipe khusus.

Penggantian tipe semen atau sumber dari semen atau jumlah dari semen yang digunakan atau memodifikasi gradasi agregat, atau proporsi campuran yang diharapkan.

- Penggunaan satu atau lebih bahan tambah

Banyak bahan tambah mengubah lebih dari sifat beton, sehingga justru merugikan.

- Efek bahan tambah sangat nyata untuk mengubah karakteristik beton misalnya FAS, tipe dan gradasi agregat, tipe dan lama pengadukan.

2.2.4.4 Jenis-Jenis Bahan Tambah untuk Beton

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Admixture ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sehingga lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Sedangkan *additive* bersifat mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan, lebih bersifat penyemenan lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatannya.

1. Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

Menurut ASTM C.494 dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.53.1989, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah. Pada dasarnya suatu bahan tambah harus mampu memperlihatkan komposisi dan unjuk kerja yang sama sepanjang waktu pengerjaan selama bahan tersebut digunakan dalam campuran beton sesuai dengan pemilihan proporsi betonnya (PB,1989 :12).

A. Tipe A “*Water-Reducing Admixtures*”

Water – Reducing Admixture adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. *Water – Reducing Admixture* digunakan antara lain dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau ratio factor air semen (fas) yang rendah. Atau dengan tidak merubah kadar semen yang digunakan dengan factor air semen yang tetap maka nilai slump yang dihasilkan dapat lebih tinggi. Hal ini dimaksudkan dengan mengubah kadar semen tetapi tidak merubah fas dan slump. Pada kasus pertama dengan mengurangi fas secara tidak langsung akan meningkatkan kekuatan tekannya, karena dalam banyak kasus fas yang rendah meningkatkan kuat tekan beton. Pada kasus kedua, tingginya nilai slump yang didapat akan memudahkan penuangan adukan (*placing*) atau waktu penuangan adukan dapat diperlambat. Pada kasus ketiga dimaksudkan untuk mengurangi biaya karena penggunaan semen yang kecil (Marther, Bryant,1994)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan tambah ini adalah air yang dibutuhkan, kandungan air,konsistensi, bleding dan kehilangan air pada saat beton segar, laju pengerasan, kuat tekan dan lentur, perubahan volume, susut pada saat pengeringan. Berdasarkan

hal tersebut penting untuk melakukan pengujian sebelum pelaksanaan pencampuran terhadap bahan tambah tersebut.

B. Tipe B “Retarding Admixture”

Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton, misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau untuk memperpanjang waktu untuk pemadatan, untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar saat pelaksanaan pengecoran.

C. Tipe C “Accelerating Admixture”

Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton. *Accelerating Admixture* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Dosis maksimum adalah 2% dari berat semen yang digunakan. Secara umum, kelompok bahan tambah ini dibagi tiga kelompok yaitu : Larutan garam organik, Larutan campuran organik dan Material *miscellaneous*.

D. Tipe D “Water Reducing and Retarding Admixtures”

Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

Water Reducing and Retarding Admixtures yaitu pengurang air dan pengontrol pengeringan. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air. Bahan ini hampir semuanya berwujud cair. Air yang terkandung dalam bahan akan menjadi bagian air campuran beton. Dalam perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu diingat, perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah. Perubahan kandungan air, atau udara atau semen, harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah.

E. Tipe E “Water Reducing and Accelerating Admixtures”

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

F. Tipe F “Water Reducing, High Range Admixtures”

Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

G. Tipe G “Water Reducing, High Range Retarding Admixtures”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton disebabkan keterbatasan ruang kerja.

2. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pada saat ini, bahan tambah mineral lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kuat tekan beton. Beberapa bahan tambah mineral adalah *pozzollan*, *fly Ash*, *slag* dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral (Cain, 1994) :

- Memperbaiki kinerja workability
- Mengurangi panas hidrasi
- Mengurangi biaya pekerjaan beton
- Mengurangi daya tahan terhadap serangan sulfat
- Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika
- Mempertinggi usia beton
- Mempertinggi kuat tekan beton

- Mempertinggi keawetan beton
- Mengurangi penyusutan
- Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

A. Abu Terbang Batu Bara (*Fly Ash*)

Menurut ASTM C.168, abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. Abu terbang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batu bara antrasit atau batu bara bitomius dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batu bara kelas lignite atau subbitomeus. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung kapur (lime) lebih dari 10% beratnya. Kandungan kimia abu terbang tercantum dalam table 3.3 (ASTM C.618-95).

B. Slag

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag Menurut ASTM C.989 “*standard specification for ground granulated Blast Furnance slag for use in concrete and mortar*” adalah produk non metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya ke dalam air.

Keuntungan penggunaan slag dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Levis, 1982) :

- Mempertinggi kekuatan beton, karena kecenderungan lambatnya kenaikan kuat tekan
- Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan
- Mengurangi variasi kuat tekan
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut
- Mengurangi serangan alkali silika
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton
- Memperbaiki keawetan karena pengaruh perubahan volume
- Mengurangi porositas dan serangan klorida

C. Silika Fume

Menurut ASTM C.1240-95 “*specification for silica Fume for Use in Hydraulic Cement concrete and Mortar*” *silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika

lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silicon atau alloy besi silicon (dikenal dengan gabungan antara microsilika dengan silica fume).

Penggunaan silica fume dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan, beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Misalnya untuk Kolom struktur, dinding geser, pre-cast atau beton pra tegang dan beberapa keperluan lainnya. Kriteria beton berkekuatan tinggi sekitar 50 – 70 Mpa pada umur 28 hari. Penggunaan silica fume berkisar 0-30%, untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan keawetan beton dengan factor air semen sebesar 0.34 dan 0.28 dengan atau tanpa *superplasticizer* dan nilai slump 50 mm (Yogendran, et al, 1987)

D. Penghalus Gradasi (*Finely devided mineral admixtures*)

Bahan ini merupakan mineral yang dipakai untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat, selain itu juga dapat dipergunakan untuk menaikkan mutu beton yang akan dibuat. Kegunaan lainnya adalah mengurangi permeabilitas atau ekspansi dan juga mengurangi biaya produksi beton. Contoh bahan ini adalah kapur hidrolis, semen slag, fly ash pozzollan alam yang sudah menjadi kapur atau mentah.

3. Bahan Tambah Lainnya

A. Air Entraining

Bahan tambah ini membentuk gelembung udara berdiameter 1 mm atau lebih kecil, selama pencampuran beton atau mortar, dengan maksud mempermudah pengecoran beton pada saat pengecoran dan menambahkan ketahanan awal pada beton.

Hampir semua bahan air entraining admixture berbentuk cair, tetapi ada juga yang berbentuk serbuk, lapisan-lapisan dan gumpalan. Banyaknya bahan tambah yang digunakan tergantung pada gradasi agregat yang digunakan . Semakin halus ukuran agregat semakin besar prosentase bahan tambah yang digunakan.

B. Beton Tanpa Slump

Beton tanpa slump didefenisikan sebagai beton yang mempunyai slump sebesar 1 inchi (25,4) atau kurang, sesaat setelah pencampuran. Pemilihan bahan tambah tergantung sifat-sifat beton

yang diinginkan, seperti sifat plastisnya, waktu pengikatan dan pencapaian kekuatan, efek beku cair, kekuatan dan harga dari beton tersebut.

C. Polimer

Merupakan produk bahan tambah baru, yang dapat menghasilkan kuat tekan beton tinggi sekitar 15.000 Psi (1.000 psi = 6.9 Mpa) atau lebih, dan kekuatan belah tariknya sekitar 15.000 Psi atau lebih. Beton dengan kekuatan tinggi ini biasanya diproduksi dengan menggunakan polimer dengan cara :

- Memodifikasi Sifat beton dengan mengurangi air di lapangan.
- Menjenuhkan dan memancarkannya pada temperature yang sangat tinggi di laboratorium.

Beton dengan modifikasi polimer (PMC = Polimer Modified Concrete) adalah beton yang ditambah resin dan pengeras Sebagai bahan tambahan. Prinsipnya menggantikan air pencampur dengan polimer sehingga dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi dan mempunyai mutu yang baik. Faktor polimer beton yang optimum adalah berkisar 0.3 sampai 0.45 dalam perbandingan berat, untuk mencapai kekuatan tinggi tersebut.

D. Bahan Pembantu Untuk Mengeraskan Permukaan Semen (Hardener Concrete)

Permukaan beton yang selalu menanggung bebam hidup yang berat serta selalu dalam keadaan berputar dan berpindah-pindah, seperti lantai untuk bengkel-bengkel alat berat (*heavy equipment*) dan lainnya. Pembebanan ini akan mengakibatkan keausan pada permukaan beton. Untuk Menghindari pengausan tersebut digunakan dua jenis bahan untuk mengeraskan permukaan beton :

- Agregat beton terbuat dari bahan kimia
- Agregat metalik, terdiri dari butiran-butiran halus.

Untuk memperkeras permukaan beton, dipilih salah satu campuran beton saat pengerjaan beton berlangsung.

E. Bahan Pembantu Kedap Air (Water Proofing)

Jika beton terletak dalam air atau dekat permukaan air tanah (misalnya untuk tunnel) , maka beton tersebut tidak boleh mengalami rembesan dan diusahakan kedap air. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah partikel-partikel halus atau gradasi yang menerus dalam campuran beton. Bahan-bahan semacam itu akan mengurangi permeabilitas pada beton.

F. Bahan Tambah Pemberi Warna

Beton yang diekspos permukaannya biasanya memerlukan keindahan. Bahan yang digunakan untuk pemberi warna pada permukaan beton ini cat (*coating*) yang dilapisi setelah pengerjaan beton. Cara lainnya adalah dengan menambahkan bahan warna, misalnya oker atau pewarna coklat, kedalam permukaan beton, selagi beton masih segar. Bahan-bahan ini biasanya dicampur dalam suatu adukan yang mutunya terjamin baik. Selain itu dapat pula dengan menaburkan pasir silika atau agregat metalik selagi permukaan beton masih dalam keadaan segar.

2.3. Abu cangkang sawit

A. Penejelasan

Abu cangkang sawit memiliki potensi sebagai bahan pozzolan pada semen. Abu cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai kandungan silica yang sangat tinggi (*PT Semen Padang,1990*). Pembakaran cangkang menjadi abu membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silica yang cukup banyak (*Dedi,2004*). Komposisi kimia abu cangkang kelapa sawit lolos saringan no 100 dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5. Komposisi Senyawa Kimia Penyusun Semen

Komposisi	Persentase (%)
Chemical analisis	

SiO ₂	58,02
Al ₂ O ₃	8,70
Fe ₂ O ₃	2,60
CaO	12,65
MgO	4,23
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,72
H ₂ O	1,97
Specific gravity	2,01
Sisa ayakan	47
Hilang pijar	8,59

(Sumber : PT. semen padang, 1990 dalam rinaldo, 2003)

Menurut Graile dalam Sentosa (2005) abu cangkang kelapa sawit secara visual memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. bentuk partikelnya tidak beraturan ada butiran bulat panjang, bulat, dan bersegi
2. kehalusan abu cangkang kelapa sawit berkisar 0 - 2,3 mm
3. warna abu abu kehitaman

B. Kandungan Senyawa kimia semen yang terdapat pada Abu Cangkang Sawit

Kandungan senyawa kimia semen yang terdapat pada abu cangkang sawit dapat dilihat dari tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Tabel Senyawa Kimia Semen Yang Terdapat Pada Abu Cangkang Sawit

Kandungan Kimia	Semen	Abu cangkang sawit	Sifat Unsur Kimia
Kapur (CaO)	✓	✓	Berungsi dalam proses Perekatan/Pengikatan

Silika (SiO_2)	✓	✓	Berfungsi sebagai bahan Pengisi (filler)
Alumina (Al_2O_3)	✓	✓	Berfungsi Mempercepat proses pengerasan
Besi (Fe_2O_3)	✓	✓	Berfungsi sebagai bahan penyempurna pada reaksi pembakaran pembentukan semen
Magnesia (MgO)	✓	✓	Berfungsi sebagai bahan pengisi (filler)
Sulfur (SO_3)	✓		
Potash ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	✓		

(Sumber: Hasil Penelitian)

b. Proses Pembuatan Abu Cangkang Sawit

Proses pembuatan abu cangkang sawit dilakukan melalui beberapa tahap dalam pembuatannya, adapun tahapan pembuatan abu cangkang sawit adalah :

- 1) pengambilan/pengumpulan cangkang sawit di pabrik kelapa sawit yang berada di daerah kisanan Sumatra utara
- 2) penjemuran cangkang sawit sebelum cangkang dibakar



(Gambar 2.1 Penjemuran cangkang sawit)

- 3) pembakaran cangkang sawit dilakukan di atas seng dan juga dilakukan didalam baja silinder



(Gambar 2.2 Pembakaran cangkang sawit)

- 4) pembakaran kelapa sawit dilakukan dengan cara menyiram cangkang sawit dengan bahan bakar bensin agar cangkang sawit dapat terbakar
- 5) setelah selesai pembakaran cangkang sawit yang sudah dibakar kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk didalam wadah baja silinder hal ini dilakukan karena setelah dibakar cangkang sawit berubah menjadi arang dan harus dihaluskan agar dapat menjadi abu



(Gambar 2.3 Proses Penghalusan abu cangkang sawit)

- 6) setelah ditumbuk cangkang sawit berubah menjadi abu kemudian abu cangkang sawit di saringan menggunakan saringan no 100 dan 200
- 7) setelah itu dilakukan pengujian kehalusan abu cangkang sawit

- 8) setelah dilakukan pengujian abu yang digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton adalah abu cangkang sawit yang lolos saringan no 100



(Gambar 2.4 Abu Cangkang Sawit)

2.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satu satuan luas permukaan beton. Secara teoritis, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya yaitu;

- a) pasta semen,
- b) volume rongga,
- c) agregat, dan
- d) interface (hubungan antar muka) antara pasta semen dengan agregat.

Dalam pelaksanaannya di lapangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah:

- Nilai faktor air semen. Untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan, diperlukan faktor air semen minimal 0,35. Jika terlalu banyak air yang digunakan, maka akan berakibat kualitas beton menjadi buruk. Jika nilai faktor air semen lebih dari 0,60, maka akan berakibat kualitas beton yang dihasilkan menjadi kurang baik.
- Rasio agregat-semen. Pasta semen berfungsi sebagai perekat butir-butir agregat, sehingga semakin besar rasio agregat-semen semakin buruk kualitas beton yang dihasilkan, karena kuantitas pasta semen yang menyelimuti agregat menjadi berkurang.
- Derajat kepadatan. Semakin baik cara pemadatan beton segar, semakin baik pula kualitas yang dihasilkan. Pemadatan di lapangan biasa dilakukan dengan potongan besi tulangan $\varnothing 16$ yang ditumpulkan, atau dengan alat bantu vibrator.

- Umur beton. Semakin bertambah umur beton, semakin meningkat pula kuat tekan beton. Pada umumnya, pelaksanaan di lapangan, bekisting dapat dilepas setelah berumur 14 hari, dan dianggap mencapai kuat tekan 100% pada umur 28 hari.
- Cara perawatan. Beton dirawat di laboratorium dengan cara perendaman, sedangkan di lapangan dilakukan dengan cara perawatan lembab (menutup beton dengan karung basah) selama 7- 14 hari.
- Jenis semen. Semen tipe I cenderung bereaksi lebih cepat daripada PPC. Semen tipe I akan mencapai kekuatan 100% pada umur 28 hari, sedangkan PPC diasumsikan mencapai kekuatan 100% pada umur 90 hari.
- Jumlah semen. Semakin banyak jumlah semen yang digunakan, semakin baik kualitas beton yang dihasilkan, karena pasta semen yang berfungsi sebagai matriks pengikat jumlahnya cukup untuk menyelimuti luasan permukaan agregat yang digunakan.

Kualitas agregat yang meliputi : gradasi, teksture permukaan, bentuk, kekuatan, kekakuan, dan ukuran maksimum agregat.

Prosedur pengujian kuat tekan beton di Indonesia dapat dilakukan dengan mengacu SNI : 03-1974-1990. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton meliputi : kondisi ujung benda uji, ukuran benda uji, rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, rasio panjang terhadap diameter benda uji, kondisi kelembaban, suhu benda uji, arah pembebanan terhadap arah pengecoran, laju penambahan beban pada compression testing machine, dan bentuk geometri benda uji.

Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut persamaan berikut :

$$f'c = P/A.....(3.1)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

A = luas penampang benda uji (mm²)

P = Beban tekan (N)

2.5 Penelitian Yang telah dilakukan sebelumnya

Penelitian dan pembahasan mengenai Beton normal yang dicampur dengan abu cangkang sawit telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain :

1. Hasil penelitian Martin Lerry yang berjudul “ Perilaku Kuat tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen” adalah Kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan. Penurunan terbesar kuat tekan beton dengan pasir gunung terjadi pada beton yang menggunakan 20% abu cangkang sawit yaitu sebesar 21,78 MPa atau 40% dari kuat tekan beton normal. Penurunan terbesar pada beton dengan pasir laut juga terjadi pada penggunaan 20% abu cangkang kelapa sawit, yaitu sebesar 16,06 MPa atau 45,19% dari beton normal

2. Hasil Penelitian Andi Yusral Yang berjudul “Pengaruh Zat Tambah Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi” didapat hasil pengujian kuat tekan terbesar diperoleh dari beton dengan penambahan abu cangkang sawit sebesar 15% dengan kuat tekan rata-rata 69,23 MPa pada pengujian umur 56 hari. Penggunaan bahan tambah abu cangkang sawit meningkatkan kuat tekan beton pada umur pengujian 56 hari, hal ini menunjukkan bahwa bahan tambah tersebut bisa dipakai sebagai pengganti *Silica Fume*, sebagai bahan pengganti alternatif dalam pembuatan beton mutu tinggi. Terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 13,98% pada beton umur 56 hari dengan persentase penambahan abu cangkang sawit 15% dari berat semen.

3. Hasil Penelitian Arifal Hidayat yang Berjudul “Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan $f'c$ 25 MPa didapat Hasil Penambahan cangkang sawit pada campuran beton dapat memberikan peningkatan pada kuat tekan beton dengan persentase 10% dari berat agregat kasar. Sedangkan pada penambahan cangkang sawit dengan persentase 20% dan 30 % dapat menurunkan kuat tekan beton. Hasil dari perhitungan analisis statistik dengan uji F Hitung Anova, diperoleh nilai $F_{Hitung} = 0,53$, bila dibandingkan dengan nilai F_{Tabel} untuk $F_{0.01}$ $Tabel = 7,59$ dan $F_{0.05}$ $Tabel = 4,07$, maka $F_{Hitung} < F_{Tabel}$, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Umum

Metode penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah metode eksperimental laboratrium, yaitu mengadakan suatu percobaan untuk mendapatkan data-data sebagai hasil

penelitian. Penelitian ini dilakukan di dalam Laboratrium bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

Pengujian terhadap Beton yang menggunakan bahan tambah Limbah Abu Cangkang Sawit dilakukan dengan cara mengamati perubahan nilai kuat tekan beton pada benda uji berbentuk Silinder.

Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari 21 hari dan 28 hari. Data yang diperoleh berupa perbandingan kehalusan antara semen dan abu cangkang sawit, perbandingan nilai slump dan nilai kuat tekan beton yang menggunakan limbah abu cangkang sawit. Dari data tersebut dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan oleh limbah abu cangkang sawit terhadap nilai kuat tekan beton. Selanjutnya dibuat grafik perbandingan antara variasi penambahan limbah abu cangkang sawit terhadap nilai kuat tekan beton yang diperoleh sehingga dapat diketahui seberapa besar kontribusi penggunaan variasi persentase penambahan abu cangkang sawit terhadap nilai kuat tekan beton.

3.2 Benda Uji

Benda uji pada penelitian ini berupa silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan menggunakan mix design SK.SNI.T-15-1990-03. Bahan tambah yang digunakan adalah limbah abu cangkang sawit dengan kadar 0%, 3%, 6%, dan 9% dari berat semen yang digunakan. Jumlah benda uji keseluruhan sebanyak 48 buah. Perincian benda uji dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Perincian Benda Uji

Persentase penambahan Abu cangkang sawit terhadap berat semen (% volume)	Kode benda uji	Umur benda uji (hari)	Jumlah (sampel)
0%	BU	7	3
		14	3
		21	3
		28	3

3%	ACS 3%	7	3
		14	3
		21	3
		28	3
6%	ACS 6%	7	3
		14	3
		21	3
		28	3
9%	ACS 9%	7	3
		14	3
		21	3
		28	3
Jumlah			48

(Sumber : Hasil Penelitian)

3.3 Alat dan Bahan

Alat alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- Timbangan dengan kapasitas 3 kg dan 60 kg yang digunakan untuk mengukur berat bahan campuran beton
- Ayakan dengan ukuran diameter saringan 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; PAN dan mesin penggetar ayakan (vibrator) yang digunakan untuk pengujian gradasi agregat.
- Oven dengan temperature 220 C dan daya listrik 1500 W yang digunakan untuk mengeringkan gradasi agregat
- Conical mould dengan ukuran diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 8,9 cm, tinggi 7,6 cm, lengkap dengan alat penumbuk. Alat ini digunakan untuk mengukur SSD agregat halus
- Kerucut Abrams yang terbuat dari baja dengan ukuran diameter atas 10cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm, lengkap dengan tongkat baja penusuk yang ujungnya ditumpulkan dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm. alat ini digunakan untuk mengukur nilai slump adukan beton.

- f. Cetakan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- g. Mesin adukan beton (molen) berkapasitas 0,25 m³ yang digunakan untuk mengaduk bahan-bahan pembentuk beton
- h. Alat kuat tekan beton yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton
- i. Alat bantu lain;
 - 1) Gelas ukur 250 ml untuk pengujian kadar lumpur dan kandungan zat organik dalam pasir
 - 2) Gelas ukur 2000 ml untuk menakar air
 - 3) Cetok semen
 - 4) Ember
 - 5) Alat tulis
 - 6) Penggaris
 - 7) Buku tulis
 - 8) Kamera
 - 9) Stopwatch
- j. Agregat halus (pasir)
- k. Agregat kasar (batu pecah)
- l. Semen
- m. Abu cangkang Sawit

3.4 Tahap Penelitian

Tahap-tahapan pelaksanaan penelitian selengkapnya adalah sebagai berikut :

- a. Tahap I, persiapan

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Pengadaan atau pembuatan abu cangkang sawit juga dilakukan pada tahap ini.

- b. Tahap II, Pemeriksaan Bahan

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan. Dari pemeriksaan-pemeriksaan tersebut dapat diketahui apakah bahan yang akan digunakan

untuk penelitian tersebut memenuhi syarat atau tidak bila digunakan sebagai data rancangan campuran adukan beton. Tahap ini dilakukan pengujian terhadap :

1. Semen
2. Agregat halus (pasir)
3. Agregat kasar (batu pecah)
4. Abu cangkang sawit

c. Tahap III, pembuatan Mix design

Pada tahap ini dilakukan pembuatan mix design dengan kuat tekan rencana 250 mpa. Hasil mix design tersebut dipakai untuk pembuatan benda uji silinder beton.

d. Tahap IV, Pembuatan benda uji

Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut

1. pembuatan benda uji
2. pengujian slump
3. perawatan benda uji

e. Tahap V, pengujian kuat tekan beton

pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan cara mengamati perbandingan nilai kuat tekan beton dengan variasi penambahan abu cangkang sawit kedalam campuran adukan beton. Pengujian ini dilakukan di laboratrium bahan program studi teknik sipil fakultas teknik universitas HKBP Nommensen Medan

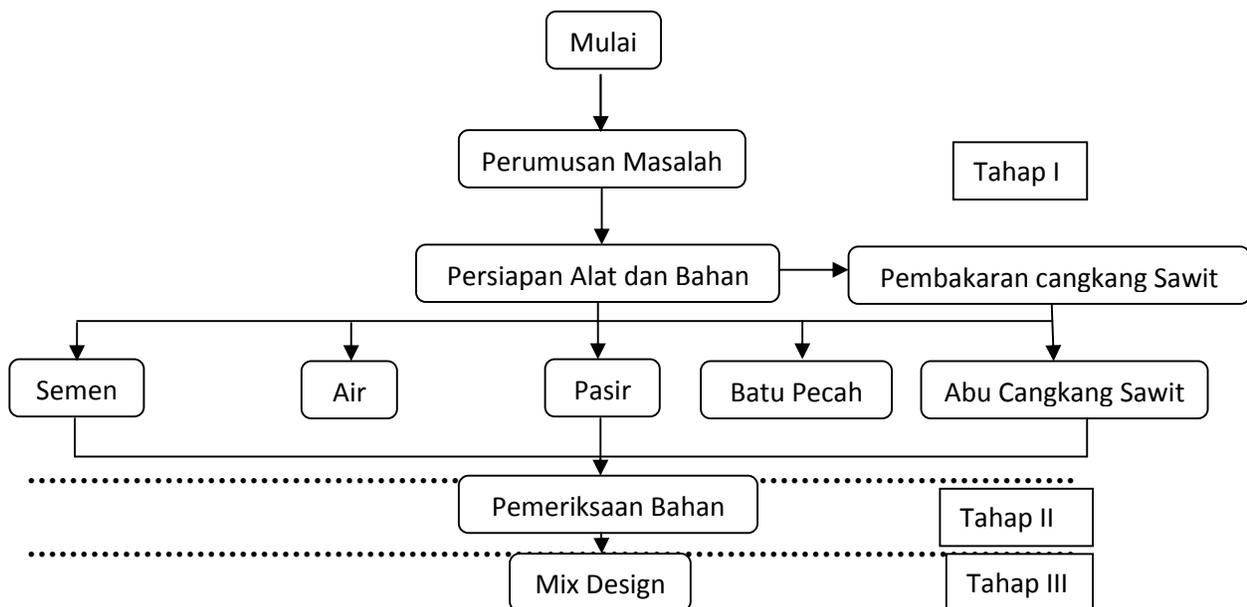
f. Tahap VI, Analisi data

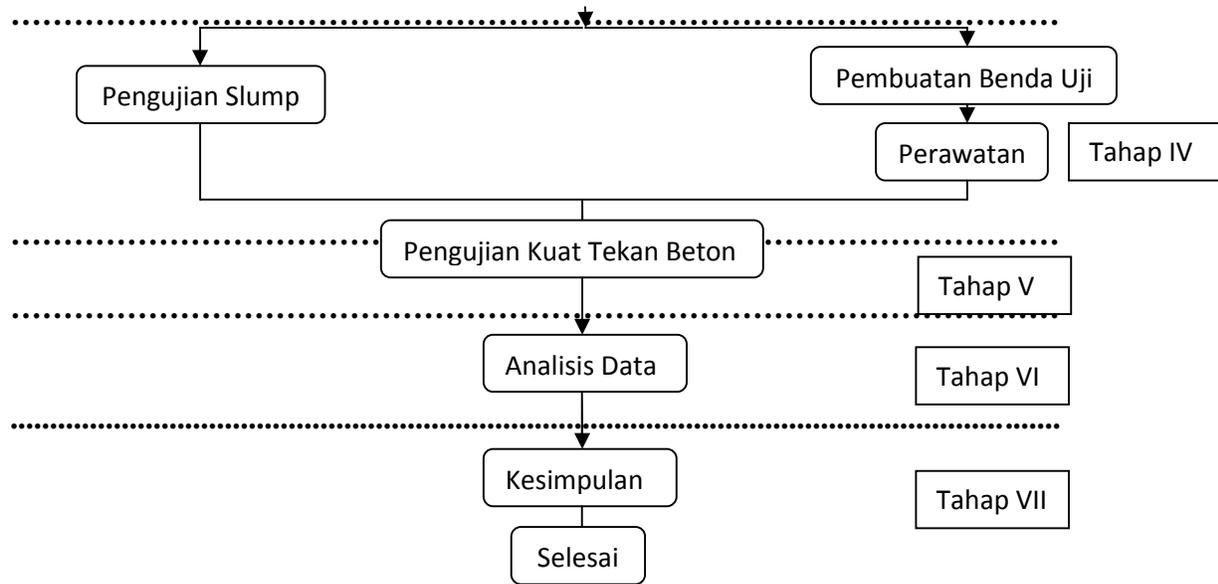
Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian

g. Tahap VII, kesimpulan

pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian yang dilaksanakan dilaboratrium dapat dilihat pada bagan berikut ini:





Gambar 3.1 Bagan Alir Tahap-Tahap Penelitian

3.5 Pengujian Bahan Dasar Beton

Pengujian bahan dasar beton sangat penting, hal ini untuk mengetahui kelayakan karakteristik bahan penyusun beton yang nantinya dipakai sebagai mix design dalam penentuan mutu beton. Pengujian bahan dasar beton dilakukan terhadap semen, agregat halus, agregat kasar, dan abu cangkang sawit.

3.5.1 Pengujian kehalusan semen

Kehalusan semen Portland adalah merupakan suatu faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air. Dengan semakin halus butiran semen Portland, maka reaksi hidrasi semen akan semakin cepat, karena hidrasi dimulai dari permukaan butir.

Untuk menentukan kehalusan semen maka dilakukan langkah langkah berikut

- a) Siapkan alat yang dipakai, timbang benda uji yang akan diperiksa
- b) Susun PAN yang paling bawah, diatas saringan No. 200 kemudian saringan No. 100 kemudian diletakkan diatas mesin penggetar dan dikunci lalu dihidupkan mesin penggetar dan dihidupkan selama 5 menit
- c) Setelah itu dikeluarkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan dengan kuas lalu di timbang dan dihitung

Perhitungan :

$$\text{Kehalusan (F)} = (A/B) \times 100\%$$

Dimana :

- | | | |
|---|---|---|
| F | = | Kehalusan Semen Portland |
| A | = | Berat Benda uji yang tertahan di atas masing-masing Saringan No 100 dan saringan No 200 |
| B | = | Berat Benda uji semula. |

3.5.2 Pengujian kehalusan abu cangkang sawit

Untuk menentukan kehalusan Abu Cangkang Sawit maka dilakukan langkah langkah berikut

- a) Siapkan alat yang dipakai, timbang benda uji yang akan diperiksa
- b) Susun PAN yang paling bawah, diatas saringan No. 200 kemudian saringan No. 100 kemudian diletakkan diatas mesin penggetar dan dikunci lalu dihidupkan mesin penggetar dan dihidupkan selama 5 menit
- c) Setelah itu dikeluarkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan dengan kuas lalu di timbang dan dihitung

Perhitungan

$$\text{Kehalusan (F)} = (A/B) \times 100\%$$

Dimana :

- | | | |
|---|---|---|
| F | = | Kehalusan Abu Cangkang Sawit |
| A | = | Berat Benda uji yang tertahan di atas masing-masing Saringan No 100 dan saringan No 200 |
| B | = | Berat Benda uji semula. |

3.6 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton yang tepat dan sesuai dengan proporsi campuran adukan beton diperlukan untuk mendapatkan kualitas beton yang baik. Dalam penelitian ini digunakan rancangan campuran beton yang mengacu pada peraturan SK.SNI.T-15-1990-03. Kuat tekan ($f'c$) yang terjadi diharapkan memenuhi target 250 mpa

Tabel 3.2 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

No	Uraian	Tabel Grafik/ Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang direncanakan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 Mpa pada 28 hari bagian tak memenuhi syarat 5% ($k=1,64$)
2	Deviasi Standar	Diketahui	5,6 (cukup)
3	Nilai tambah (margin)		$1,64 \times 5,6 = 9,184$
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	$1 + 3$	$25 + 9,184 = 34,184$
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland tipe 1
6	Jenis agregat : - kasar	Ditetapkan	Batu pecah
	- halus	Ditetapkan	Alami
7	Faktor air semen :	Tabel 2, grafik 1	0,60 (ambil nilai yang terkecil)
8	- Cara 1	Ditetapkan	0,43
	- Cara 2	Ditetapkan	0,52
9	Faktor air semen dipakai		0,43
10	Slump	Ditetapkan	30 – 60 mm
11	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
12	Kadar air bebas	Tabel 3	170 kg/m ³

13	Kadar semen	Ditetapkan	$170 : 0,60 = 395,35$			
14	Kadar semen maksimum	Ditetapkan	-			
15	Kadar semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³			
16	Faktor air semen yang disesuaikan	Tetap	0,43			
17	Susunan besar butiran agregat halus	Ditetapkan	Daerah gradasi 2			
18	Susunan agregat kasar atau gabungan	Table 7				
19	Persen agregat halus	Grafik 13 sd 15	35 %			
20	Berat jenis relatif SSD		2,59 diketahui			
21	Berat isi beton	Grafik 16	2380 kg/m ³			
22	Kadar agregat gabungan	21-13-12	$2380 - 395,35 - 170 = 1814,65$ kg/m ³			
23	Kadar agregat halus	19 x 22	$1814,65 \times 35\% = 635,1275$			
24	Kadar agregat kasar	22 - 23	$1814,65 - 635,1275 =$ $1179,5225$			
25	Proporsi Campuran					
	Jumlah Bahan (Teoritis)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi SSD		Berat isi beton (kg)
				Halus (kg)	Kasar (kg)	
	- Tiap m ³	395,35	170	635,1275	1179,5225	2380
	- Tiap benda uji 0,12 m ³	47,442	20,4	76,2153	141,5427	

(Sumber :
Hasil
Penelitian)

Didapat
proporsi
campuran
dengan
perbandin
gan :

**S :
A :
A H :
AK
1
0,4299
1,366
2,984**

**Penentuan
Proporsi
Campuran (Mix
Design)**

Menurut metode SNI 03-2834-1993

Pengecoran Silinder

Perhitungan Volume Pengecoran

$$\begin{aligned} 1. \text{ Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \pi (d)^2 h \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \\ \text{Untuk 12 buah silinder} &= 12 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\ &= 0,0636 \\ \text{Berat Isi Beton} &= 2380 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat 1 Silinder} &= 2380 \times 0,0053 \\ &= 12,614 \text{ kg} \\ \text{SF} = 1,05 \times 12,614 &= 13,2447 \end{aligned}$$

Maka jumlah masing - masing berat material penyusun beton untuk 1 silinder :

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \frac{1}{(1+0,4299+1,366+2,984)} \times 13,2447 = 2,2915 \text{ kg} \\ \text{Air} &= \frac{0,4229}{(1+0,4299+1,366+2,984)} \times 13,2447 = 0,9851 \text{ kg} \\ \text{Agregat Halus} &= \frac{1,366}{(1+0,4299+1,366+2,984)} \times 13,2447 = 3,13 \text{ kg} \\ \text{Agregat Kasar} &= \frac{2,984}{(1+0,4299+1,366+2,984)} \times 13,2447 = 6,8381 \text{ kg} + \\ &= 13,2447 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi jumlah masing - masing berat material penyusun beton untuk 12 silinder :

Semen	= 2,2915 x 12 kg	= 27,498	kg
Air	= 0,9851 x 12 kg	= 11,8212	kg
Agregat Halus	= 3,13 x 12 kg	= 37,56	kg
Agregat Kasar	= 6,8381 x 12 kg	= 82,0572	kg +
		<hr/>	
		= 158,9364	kg

3.7 Perhitungan Jumlah Abu Cangkang Sawit Yang Dibutuhkan :

Berat Semen 1 Silinder = 2,2915

Jumlah Benda Uji pada Masing – masing Variasi penambahan abu = 12 buah

Jumlah Abu Cangkang Sawit yang dibutuhkan untuk campuran beton Dengan Variasi penambahan 0%, 3%, 6%, Dan 9% dari Berat Semen

0%	= 12 x 2,2915 x 0	= 0	kg
3%	= 12 x 2,2915 x 0,03	= 0,82494	kg
6%	= 12 x 2,2915 x 0,06	= 1,64988	kg
9%	= 12 x 2,2915 x 0,09	= 2,47482	kg +
		<hr/>	
Total		= 4,94964	kg

3.8 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- menyiapkan dan menimbang bahan-bahan campuran adukan beton sesuai dengan rancangan campuran adukan beton (mix design)

- b) mencampur dan mengaduk bahan-bahan campuran beton tersebut sampai benar benar homogen.
- c) Memasukkan adukan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm hingga penuh sambil diadatkan
- d) Setelah cetakan penuh dan padat, permukaannya diratakan dan diberi kode benda uji di atasnya, kemudian didiamkan selama 24 jam
- e) Bekisting atau cetakan dapat dibuka apabila benda uji telah berumur satu hari

Tabel 3.3 Pembuatan Benda Uji 12 Silinder

No.	Semen (Kg)	Air (Kg)	Pasir (Kg)	Batu (Kg)	Abu Cangkang Sawit (Kg)				Berat Total (Kg/m ³)
					0%	3%	6%	9%	
1	27,498	11,8212	37,56	82,0572	0				158,9364
2						0,8249			159,7613
3							1,6498		160,5862
4								2,4748	161,4112

(Sumber : Hasil Penelitian)

3.9 Pengujian Nilai Slump

Slump beton adalah kekentalan (viscosity) plastisitas dan kohesif dari beton segar. Menurut SK-SNI M-12-1989-F, cara pengujian nilai slump adalah sebagai berikut

- a) Membasahi cetakan dan pelat
- b) Meletakkan cetakan diatas pelat dengan kokoh.

- c) Mengisi cetakan sampai penuh dengan 3 lapisan, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan, kemudian setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata
- d) Setelah selesai penusukan, meratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan menyingkirkan semua sisa benda uji yang ada disekitar cetakan.
- e) Mengangkat cetakan perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- f) Mengukur slump yang terjadi

3.10 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh alat uji tekan. Peralatan yang diperlukan dalam pelaksanaan uji kuat tekan beton menurut SNI 03-1974-1990

- a) Cetakan silinder dengan diameter 152 mm dan tinggi 305 mm,
- b) Tongkat pemadat terbuat dari baja yang bersih dan bebas karat, berdiameter 16 mm, panjang 600 mm,
- c) dan ujungnya dibulatkan,
- d) Mesin pengaduk (mixer),
- e) Timbangan,
- f) Mesin uji tekan (compression testing machine),
- g) Sendok cekung,
- h) Sarung tangan.

Untuk keperluan uji kuat tekan beton, perlu dipersiapkan adukan beton dengan volume 10% lebih banyak daripada volume yang dibutuhkan. Pengadukan campuran beton dapat dilakukan dengan mesin (mixer) ataupun secara manual dengan tangan. Perlu dicatat bahwa pengadukan dengan tangan akan menyebabkan hasil pekerjaan kurang baik. Menurut SNI 03-2493-1991, pengadukan secara manual hanya diperbolehkan maksimal 7 liter adukan setiap kali dilakukan pengadukan.

Untuk membuat benda uji kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan perlakuan beton segar sebagai berikut:

- a) Mengisi cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, yang setiap lapisnya dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata.
- b) Meratakan permukaan beton.
- c) Menutup permukaan benda uji dengan bahan kedap air dan biarkan selama 24 jam.
- d) Membuka cetakan dan keluarkan benda uji.
- e) Merendam dalam bak perendam berisi air pada temperatur ± 25 oC.

Pada tahapan persiapan pengujian, benda uji harus diperlakukan sebagai berikut:

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



Gambar 3.2 Pelaksanaan Uji Kuat Tekan Beton

Pelaksanaan Uji Tekan Beton Setelah benda uji siap, prosedur pengujian dapat mulai dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- 2) Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² per-detik.
Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
- 3) Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
Menggambar/mendokumentasikan bentuk kerusakan benda uji.
- 4) Mencatat keadaan benda uji.
- 5) Menghitung kuat tekan beton, yaitu besarnya beban persatuan luas.