

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Saat ini, baik digunakan untuk konstruksi, jalan, bangunan pemeliharaan air atau rumah, proyek konstruksi sedang berkembang pesat. Sebagian besar bangunan menggunakan konstruksi beton. Karena meningkatnya minat pada bangunan beton, bahan campuran yang digunakan untuk membuat beton menjadi semakin tipis atau semakin sulit, terutama kerikil kasar (gravel). Untuk mengantisipasi kekurangan bahan campuran beton maka perlu digunakan bahan yang dapat menggantikan agregat kasar (batu pecah) pada campuran beton.

Beton merupakan salah satu komponen terpenting dalam suatu bangunan karena beton merupakan salah satu elemen penyusun struktur, hal ini dikarenakan sistem struktur beton mempunyai banyak keunggulan, salah satunya adalah tahan terhadap tegangan tekan dan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Pada dasarnya beton dibuat dengan mencampurkan semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat kasar, agregat halus (pasir) dan air menjadi satu kesatuan, kemudian mengeras dalam jangka waktu tertentu. Sifat beton yang umum diamati adalah kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Kinerjanya sangat bergantung pada beberapa faktor, antara lain kualitas bahan dasar yang digunakan untuk membuat beton, komposisi campuran, umur dan kondisi cuaca atau faktor lingkungan.

Terkadang pada daerah tertentu sangat sulit untuk mendapatkan agregat, khususnya agregat kasar sebagai bahan utama dalam pembuatan beton. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dibuat penelitian dengan menggunakan tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat kasar dalam pembuatan beton. Selain itu, jika pemanfaatan tempurung kelapa dapat dibuktikan secara teknis sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk campuran, maka diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomi bagi masyarakat.

Tujuan dan Manfaat penelitian

- 1) Tujuan penelitian yakni:

- Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai agregat kasar pada beton normal.
 - Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan campuran limbah tempurung kelapa dan campuran agregat kasar batu biasa.
- 2) Manfaat Penelitian antara lain:
- Dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam hal pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton normal.
 - Untuk meningkatkan kualitas beton, sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai campuran khususnya agregat kasar pada pembuatan beton normal.

Rumusan Masalah

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan agregat kasar menggunakan limbah tempurung kelapa pada beton normal.
2. Seberapa besar kuat tekan beton menggunakan campuran agregat kasar dari limbah tempurung kelapa.

Batasan penelitian

Batasan masalah dari penelitian ini diambil sebagai berikut ini.

1. Semen yang digunakan tipe 1
2. Pasir diambil dari daerah Binjai.
3. Agregat kasar yang digunakan dari daerah Binjai (Agregat kasar biasa).
4. Limbah tempurung kelapa yang digunakan berasal dari daerah sekitar Medan.
5. Air berasal dari Laboratorium Mekanika Bahan Universitas HKBP Nommensen Medan.
6. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
7. Pengujian kuat tekan benda uji pada umur : 7 , 14, 21 dan 28 hari.
8. Persentase limbah tempurung kelapa: 0%, 2,5%, 5% dan 7,5%
9. Benda uji yang dihasilkan 48 buah
10. Mutu beton ($f'c$) 25 Mpa

Maksud Penelitian

Maksud penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal.

Metode Penulisan

Urutan pokok permasalahannya maupun pembahasannya yang akan diuraikan dalam penelitian ini adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini peneliti menguraikan latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, rumusan masalah, metode penelitian, metode penulisan, time schedule (waktu pelaksanaan), rencana anggaran biaya dan daftar pustaka.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB ini menjelaskan tentang pengertian beton dan campuran-campuran pembentukan beton, dan limbah tempurung kelapa.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang penggunaan bahan dan serta tahan penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan lanjutan dari bab sebelumnya, yaitu pelaksanaan pengolahan data yang telah diperoleh.

BAB V : PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir atau bab penutup dari skripsi yang berisi kesimpulan dan saran-saran dengan tujuan yang baik untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum

Beton merupakan komponen yang sangat penting pada dunia konstruksi yang paling sering digunakan pada pembuatan segala jenis bangunan seperti gedung bertingkat, jalan, jembatan dan bangunan lainnya.

“Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*)”. (SNI 2847:2002).

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan pembentuknya (Samekto, 2001).

“Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Kadang-kadang ditambahkan bahan lain (*Admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton”. (Asroni, 2010:2).

Dengan demikian dari beberapa pendapat para ahli diatas bisa disimpulkan bahwa beton adalah campuran yang terbentuk dari semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dengan perbandingan yang sesuai dan jika dibutuhkan beton dapat ditambahkan dengan bahan tambah (*Admixture* atau *Additive*) untuk menambah kualitas dari beton tersebut.

Beton

Beton terbuat dari campuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton

mencapai jumlah $\pm 70\% - 75\%$ dari seluruh beton. Nilai kekuatan dan daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik.

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan beton :

a. Kelebihan beton

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

b. Kekurangan beton

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

Selain itu, beton juga memiliki beberapa sifat-sifat yang hanya terdapat pada beton. Berikut sifat-sifat beton :

- a. Keawetan (*Durability*)
- b. Kuat tekan
- c. Kuat Tarik
- d. Modulus Elastisitas
- e. Rangkak (*Creep*)
- f. Susut (*Shrinkage*)
- g. Kelecakan (*Workability*)

Bahan-bahan Penyusun Beton

Semen Portland

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan mengiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut past semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut dengan beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi. Pada umumnya semen berfungsi untuk :

1. Mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Komponen semen portland terdiri dari :

- a. Trikalsium Silikat (C_3S)
- b. Dikalsium Silikat (C_2S)
- c. Trikalsium Aluminat (C, A)
- d. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF)

Komposisi oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Table2.1 Komposisi Oksida Semen Portland

No.	Oksida	Komposisi (%)
1.	CaO	60 – 65
2.	SiO ₂	17 – 25
3.	Al ₂ O ₃	3 – 8
4.	Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
5.	MgO	0,5 – 4
6.	SO ₃	1 – 2

7.	K_2O, Na_2O	0,5 – 1
----	---------------	---------

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

Semen portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SK SNI S-04-1989-F) yaitu :

1. Jenis I

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

2. Jenis II

Semen portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

3. Jenis III

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

5. Jenis V

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis – lapis beton.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu

4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik
Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% -75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil.

Agregat Halus (Pasir)

Agregat Halus merupakan bahan pengisi diantara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat yang mempunyai B_j 1400 kg/m. Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih besar 5 % dari berat, tidak mengandung bahan organik lebih banyak, terdiri dari butiran yang tajam dan keras, dan bervariasi.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

Untuk pasir lubang ayakan 4,76 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan utama dalam adukan beton berfungsi :

1. Menghemat penggunaan semen portland
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya
3. Mengurangi susut pengerasan
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik
5. Mengontrol workability adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,76 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,76 mm. Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antara agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.2. berikut ini.

Table 2.2 Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,76	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	90 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar Daerah IV : Pasir halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,76 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Pasir galian

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

2. Pasir sungai

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

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan

korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai. Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan.

Agregat kasar (Batu Pecah)

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu :

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radas.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain :

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.

- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Menurut PBI 1971, ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat, antara lain :

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Harus 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 melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 T, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
 - Atau dengan mesin pengaus los angeles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut :

- Sisa diatas ayakan 3,15 mm, harus 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
7. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli.

Untuk mendapatkan ukuran butir maksimum agregat kasar yang digunakan pada campuran beton dapat lihat pada tabel 2.3, sehingga akan memberikan tingkat yang optimal pada campuran beton.

Table 2.3 Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan		
	Berat butir maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
40	95 – 100	100	
20	30 – 70	95 – 100	100
10	10 – 35	25 – 55	50-85
4,8	0 – 5	0 – 10	0-10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tempurung kelapa

Tempurung Kelapa merupakan bagian buah kelapa yang bersifat keras yang diselimuti sabut kelapa, yaitu sekitar 15-19% persen dari bobot buah kelapa. Juga memiliki potensi yang sangat bagus dan praktis dalam pemanfaatannya. Secara tradisional dimanfaatkan untuk perabotan rumah tangga seperti sendok, asbak rokok dan alat-alat rumah tangga lainnya. Kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami Tempurung Kelapa juga dapat dibuat berbagai macam aksesoris seperti kalung, miniatur kendaraan.

Tempurung kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama. Merupakan suatu tantangan untuk memanfaatkan tempurung kelapa secara optimal, apabila batok kelapa dapat dibuktikan secara teknis sebagai bahan/agregat untuk campuran beton, maka diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomi bagi masyarakat.

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang masih belum banyak dimanfaatkan dibandingkan dengan bagian buah kelapa lainnya, meskipun sebagian kecilnya sudah diolah menjadi tepung kelapa dan arang. Berat dan tebal tempurung kelapa ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Berat tempurung sekitar 15-19% bobot total buah kelapa dengan ketebalan 3-5 mm.

Karakteristik Tempurung Kelapa

karakteristik khas material tempurung kelapa muda. Beberapa karakteristik tersebut adalah sebagai berikut.

2. Bersifat keras dan tidak fleksibel Tempurung kelapa memiliki sifat dasar yang keras karena tidak memiliki serat pada strukturnya. Hal ini juga mengakibatkan tempurung agak sulit untuk dipotong secara manual tanpa menggunakan bantuan alat masinal. Pada tempurung kelapa muda, perendaman dengan larutan NaOH dan perebusan berhasil melunakkan kulit tempurung sehingga saat masih basah dapat dilakukan pembentukan. Namun setelah kering, tempurung kelapa muda akan kembali mengeras. Dalam pembentukan tempurung kelapa muda yang telah dilunakkan, tetap tidak dapat mencapai bentuk-bentuk yang signifikan. Hal ini dikarenakan bentuk asli buah kelapa yang membulat, sehingga pada pembentukan akan tetap mempertahankan sifat lengkungnya.
3. Ketebalan permukaan yang tidak merata Tempurung kelapa memiliki ketebalan permukaan yang tidak merata sehingga dalam proses pembentukan, akan sangat mempengaruhi bentuk yang dihasilkan.
4. Motif permukaan yang khas Tempurung kelapa memiliki motif pada permukaannya yang dibentuk dari garis urat serabut. Motif yang khas ini dapat

memberikan nilai estetika tersendiri bagi produk dengan material tempurung kelapa.

5. Kuat Tempurung kelapa memiliki kekuatan yang sangat baik sehingga tidak mudah pecah apabila terjatuh.
6. Tahan air Tempurung kelapa memiliki pori-pori dengan tingkat kerapatan yang tinggi. Sifat ini mengakibatkan tempurung kelapa dapat menahan/ menampung air.

Tabel 2.4. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

No.	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1.	Sellulosa	26,60
2.	Pentosan	27
3.	Lignin	29,40
4.	Kadar Abu	0,60
5.	Nitrogen	0,11
6.	Air	8,00

Sumber :Suhardiyono, 1998



Gambar 2. 1 Pecahan Tempurung Kelapa

Perencanaan Proporsi Campuran

Syarat Perencanaan

Kuat Tekan Rencana

Beton yang akan dirancang harus memenuhi syarat kuat tekan rata – rata dan memenuhi syarat standar deviasi berdasarkan hasil uji kuat tekan pada umur 28 hari untuk kondisi dan jenis kostruksi yang sama. Persyaratan hasil uji kuat tekan didasarkan pada hasil benda uji silinder.

Data kuat tekan sebagai dasar perancangan, dapat menggunakan hasil uji yang kuran dari 28 hari berdasarkan hasil rekaman yang lalu untuk kondisi pekerjaan yang sama dengan karakteristik lingkungan dan kondisi yang sama. Jika menggu nakan hal ini maka dalam perencanaan harus disebutkan (dalam gambar atau uraian lainnya), dan hasilnya dapat dikonversi untuk umur 28 hari berdasarkan Tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2.5 Perkembangan Kuat Tekan Berdasarkan Faktor Umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28
Semen Portland type 1	0.46	0.70	0.88	0.96	1.00

Pemilihan Proporsi Campuran

Rencana kekuatan beton didasarkan pada hubungan antara kuat tekan dengan factor air semen. Pemilihan proporsi campuran beton harus memenuhi syarat dan ketentuan – ketentuan sebagai berikut :

- (1) Untuk beton dengan kuat tekan $f'c$ lebih dari 25 MPa, proporsi campuran percobaan harus didasarkan pada campuran berat (*weight batching*).
- (2) Untuk beton dengan kuat tekan $f'c$ hingga 25 MPa, proporsi campuran percobaan boleh didasarkan pada campuran volume (*volume batching*). Penakaran volume harus didasarkan pada proporsi campuran dalam berat

yang dikonversi kedalam volume berdasarkan berat satuan volume (*bulking*) dari masing – masing bahan.

- (3) Khusus beton yang direncanakan mempunyai kekuatan 10 MPa, bila praktis dan kondisi setempat tidak memungkinkan maka pelaksanaan beton dapat mengikuti perancangan proporsi campuran dengan perbandingan 1 : 2 : 3 dengan nilai *slump* tidak melebihi 100 mm

Bahan Campuran

Bahan yang harus digunakan dalam campuran beton harus memenuhi ketentuan standar yaitu :

- (1) Air harus memenuhi standar yang berlaku, dalam hal ini tertuang pada SK.SNLS-04-1989-F tentang spesifikasi air. Air yang dapat diminum dapat langsung digunakan.
- (2) Semen standar yang memenuhi syarat dan lolos pada pengujian semen.
- (3) Agregat harus lolos uji material.

Perhitungan Proporsi Campuran

Kuat Tekan Rata-rata yang Direncanakan

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - x)^2}{n-1}}$$

Dimana :

S = Standar deviasi.

Xi = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian untuk masing – masing benda uji.

x = Kuat tekan rata – rata.

n = Jumlah data.

Data hasil uji yang 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 dari 30 benda uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan yang jumlahnya minimum 30 benda uji dalam waktu kurang dari 45 hari.
- (4) Bila suatu produksi tidak memiliki data hasil uji yang memenuhi persyaratan, maka nilai standar devisi akan dikalikan dengan factor pengali pada Tabel 2.6.
- (5) Bila data hasil uji kurang dari 15, maka kuat tekan rencana yang ditargetkan diambil sebesar $f'c + 12$ MPa.

Table 2.6 Faktor Pengali untuk Standar Deviasi

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang Dari 15	Lihat butir 1.5.4.1 (1)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 atau lebih	1.00

Nilai Tambah atau Margin

Nilai tambah atau margin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$m = k \times s$$

Dimana : m = Nilai tambah

k = Tetapan statistik (1.64)

s = Standar deviasi

Rumus diatas dapat kembali ditulis menjadi $m = 1.64s$. Jadi kuat tekan rencana yang di targetkan adalah :

$$f'_{cr} = f'_c + 1.64s$$

Pemilihan Faktor Air Semen

Factor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata – rata yang ditargetkan didasarkan pada :

- (1) Hubungan kuat tekan dengan factor air semen yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan sesuai dengan bahna dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia maka dapat di ambil data dari Tabel 2.7.
- (2) Untuk lingkungan khusus, factor air semen maksimum harus memenuhi ketentuan untuk beton tahan sulfat dan kedap air seperti yang tercantum pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0.5 dan Jenis Semen serta Agregat Kasar yang ada di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa) Pada Umur (Hari)				Bentu Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak pecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe III	Batu tak pecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak pecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak pecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber : Try mulyono, *Teknologi Beton*, 2003)

Tabel 2.8 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Percobaan dalam Lingkungan Khusus

Deskripsi	Jumlah Semen Min.dalam 1 m3 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 ruangan bangunan a. Tidak terlindungan dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0.60 0.60
Beton yang masuk kedalam tanah a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	325	0.55
Beton yang terus menerus berhubungan dengan air a. Air tawar b. Air asin	-	-

(Sumber : Try mulyono, Teknologi Beton, 2003)

Tabel 2.9 Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar gangguan Sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum berdasarkan ukuran agregat maksimum (kg/m ³)			Nilai FAS Maks
	Dalam Tanah		Sulfat (SO ₂) dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO ₂ (%)	SO ₂ dalam campuran Air : Tanah = 2:1 g/l						
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2.	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I	290	330	350	0,50
				Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe IV	250	290	340	0,55
3.	0,5-1,0	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50

4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V dengan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

(Sumber : Try mulyono, *Teknologi Beton*, 2003)

Tabel 2.10 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Keadap Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m ²)	
				Agregat maks.	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Semua Tipe I-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15%-40%) atau PPC	340	380
	Air laut	0,50	Tipe II atau V	290	330
		0,45	Tipe II atau V	330	370

(Sumber : Try mulyono, *Teknologi Beton*, 2003)

Slump

Slump beton merupakan tingkat kekentalan adonan beton yang mempengaruhi permeabilitas, workabilitas dan proses pengerjaan. Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui tentang slump beton, nilai, dan pengujian slump beton.

Slump beton adalah salah satu istilah penting dalam konstruksi. Penggunaan beton untuk konstruksi sebuah bangunan sendiri harus memiliki beberapa kriteria yang dipersyaratkan. Hal ini penting agar bangunan yang dibangun memiliki

kekuatan dan daya tahan dengan jangka waktu lama serta tidak mudah mengalami roboh. Salah satunya ialah nilai slump beton.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dandidapatkan atau dapat memenuhi syarat *workability*. Pengujian slump ini sangat penting dilakukan karena terdapat dua tujuan utama yaitu :

- (1) Slump test beton adalah pengujian kekentalan beton segar agar beton yang diproduksi dapat mencapai kekuatan mutu beton dan mendapatkan nilai slump beton yang baik.
- (2) Agar beton yang diproduksi *batching plant* akan sesuai dengan rencana kerja dari sebuah bangunan yang dibangun.

Besar Butir Agregat Maksimum

Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan – ketentuan berikut :

- (1) Seperlima jarak terkecil antara bidang – bidang samping cetakan
- (2) Sepertiga dari tebal plat
- (3) Tiga permpat dari jarak bersih minimum diantara batang – batang tulangan.

Kadar Air Bebas

Kadar air bebas dapat ditentukan sebagai berikut. Agregat yang dipecah atau agregat yang tak dipecah (alami) menggunakan Tabel 2.17 dan agregat campuran dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana : W_h = Perkiraan jumlah air agegat halus.

W_k = Perkiraan jumlah air agregat kasar.

Tabel 2.11 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3)

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
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000)

Catatan :

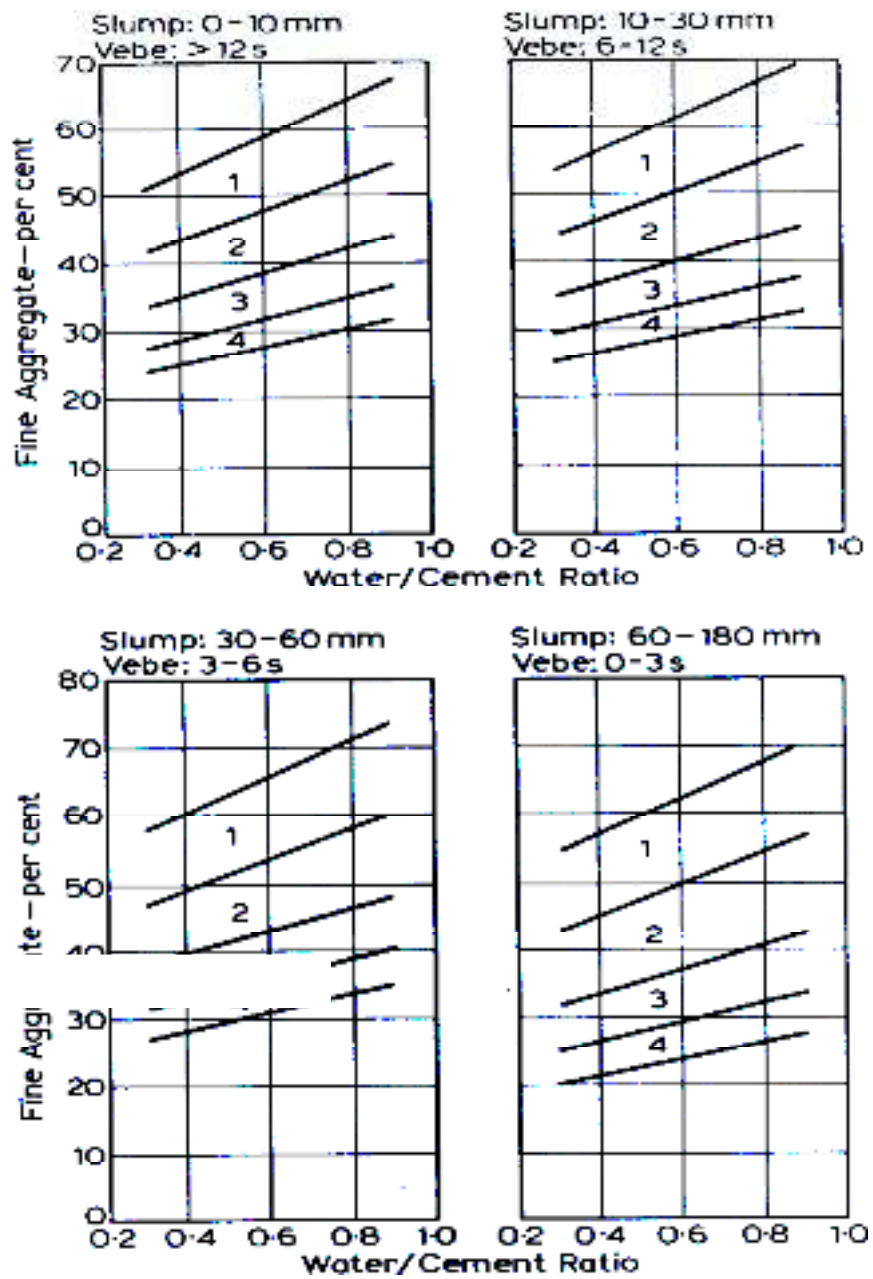
- (1) Untuk suhu diatas 20°C. setiap kenaikan 5°C harus ditambahkan air sebanyak 5 liter per meter kubik adukan beton.
- (2) Untuk permukaan agregat yang kasar, harus ditambahkan air kira – kira 10 liter per meter kubik adukan.

Susunan Gradasi Agregat Halus

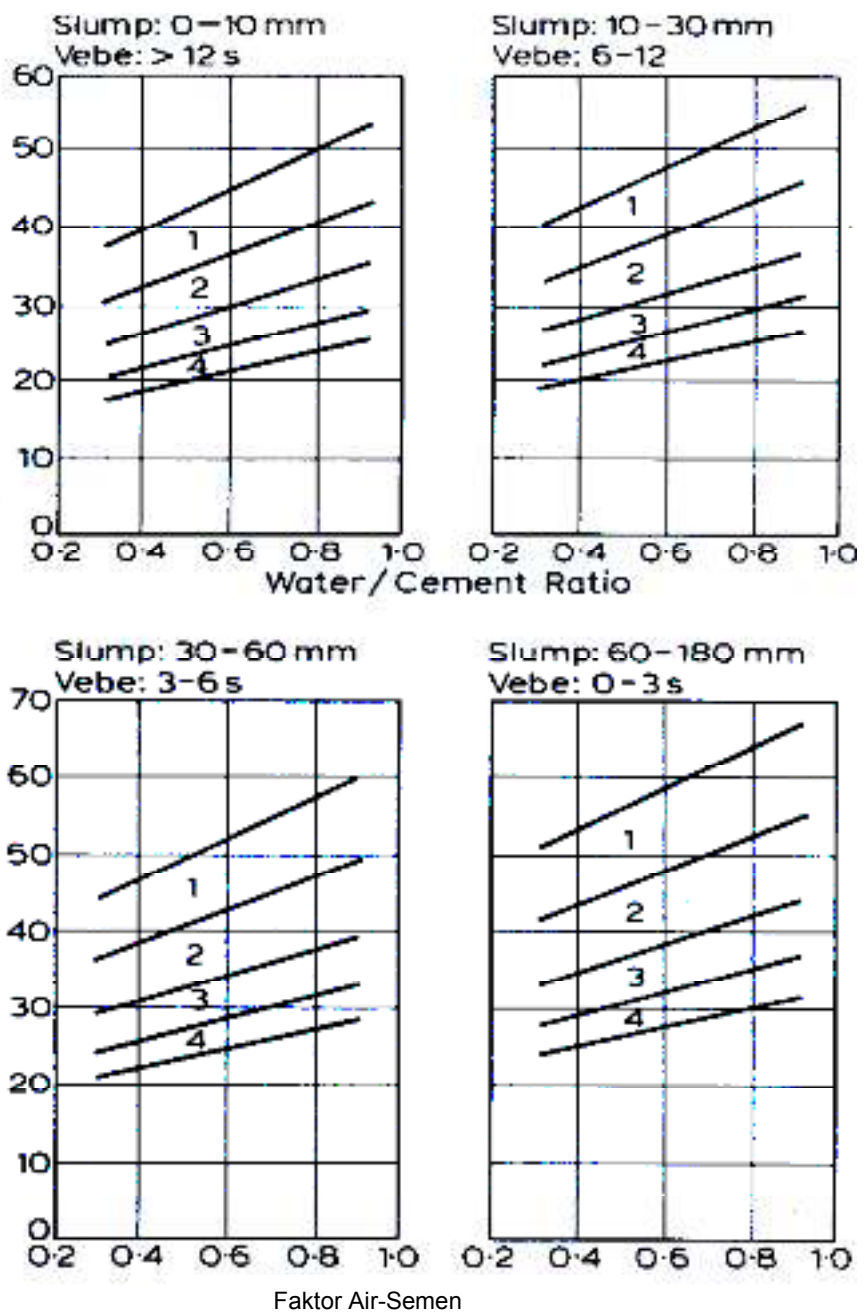
Susunan gradasi agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat gradasi. Dalam syarat gradasi menurut SK.SNI.T-15-1990-03 dibagi menjadi 4 zona yaitu zona 1,2,3 dan 4. dan untuk agregat gabungan dibagi menjadi 3 yaitu butir maksimum 40 mm, 20 mm dan 10 mm.

Proporsi Agregat Halus

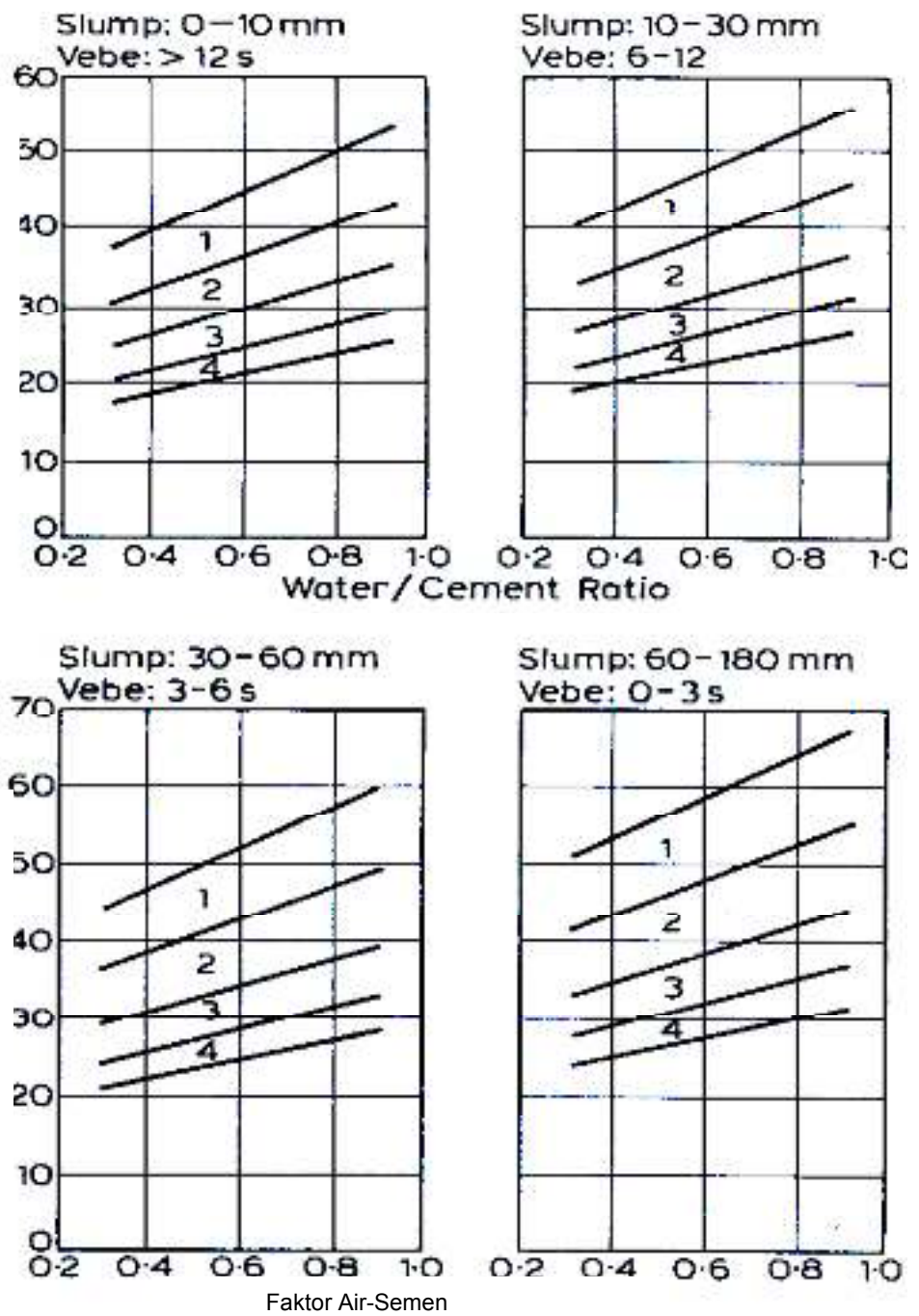
Proporsi agregat halus harus ditentukan berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, factor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus. Nilai tersebut kemudian diplotkan dalam Gambar 2.2 s/d 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Persentasi Jumlah Pasir yang Dianjurkan untuk Daerah Susunan Butir 1,2,3 dan 4 dengan Butir Maksimum 10 mm



Gambar 2. 3Persentasi Jumlah Pasir yang Dianjurkan untuk Daerah Susunan Butir 1,2,3 dan 4 dengan Butir Maksimum 20 mm



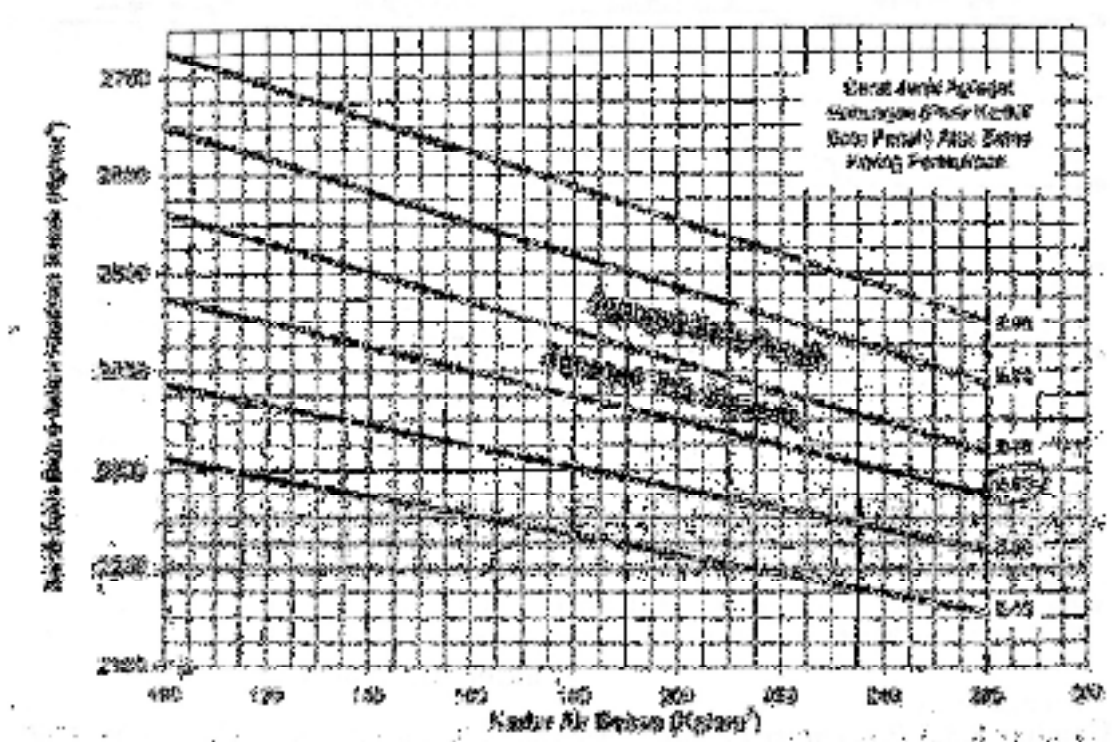
Gambar 2. 4 Persentasi Jumlah Pasir yang Dianjurkan untuk Daerah Susunan Butir 1,2,3 dan 4 dengan Butir Maksimum 40 mm

Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Jika data tersebut tidak ada, untuk agregat kasar bias diambil 2.6 gr/cm^3 dan untuk agregat halus bias diambil 2.7 gr/cm^3 . Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Bj. Agregat Gabungan} = (\% \text{ Agregat Halus} \times \text{Bj. Ag. Halus}) + (\% \text{ Agregat Kasar} \times \text{Bj. Ag. Kasar})$$

Nilai agregat gabungan kemudian diplotkan kedalam Gambar 2.5 untuk mendapatkan berat jenis beton dalam keadaan basah.



Gambar 2. 5 Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Didapatkan Secara Penuh

Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD), proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan dalam agregat. Koreksi proporsi campuran dilakukan terhadap kadar air dalam agregat minimum satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Semen (Tetap)} &= B1 \\ \text{Air} &= B2 - (Cm - Ca)x \frac{B3}{100} - (Dm - Da)x \frac{B4}{100} \\ \text{Agregat Halus} &= B3 + (Cm - Ca)x \frac{B3}{100} \\ \text{Agregat Kasar} &= B4 + (Dm - Da)x \frac{B4}{100}\end{aligned}$$

Jika dengan kondisi agregat SSD (*Saturated Surface Dry*), maka :

$$\begin{aligned}B1 &= \text{Berat Semen/m}^3 \\ B2 &= \text{Berat Air/m}^3 \\ B3 &= \text{Berat Agregat Halus/m}^3, \text{ SSD} \\ B4 &= \text{Berat Agregat Kasar/m}^3, \text{ SSD} \\ Cm &= \text{Kadar Air agregat Halus (\%)} \\ Ca &= \text{Resapan Agregat Halus (\%)} \\ Dm &= \text{Kadar Air agregat Kasar (\%)} \\ Da &= \text{Resapan Agregat Kasar (\%)}\end{aligned}$$

Pengujian Beton Segar

Pada dasarnya pengujian beton segar dilakukan untuk melihat konsistensi campuran sebagai dasar untuk mengukur sifat mudah dikerjakan workability pekerjaan. Pengujian beton segar dapat dilakukan dengan

Slump

Slump adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adonan adukan beton yang akan diproduksi. Nilai slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan supaya mendapatkan beton yang sesuai dengan standart, agar dapat dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat workability. Cara uji Slump ialah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton

segar, yang dipakai untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Dimana semakin besar nilai slump berarti beton segar makin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan.

Cara pengujian slump yaitu dengan kerucut didirikan di atas alas yang telah dibersihkan, kemudian beton segar dimasukkan ke dalam kerucut dengan sekop kecil, kira-kira sepertiga tinggi kerucut. Dengan menggunakan batang besi, beton ditumbuk sebanyak 25 kali. Tambahkan lapisan kedua dan tumbuk 25 kali, tambahkan dan tumbuk beton sampai kerucut penuh. Angkat kerucut perlahan keatas dalam waktu 5-30 detik dan hitung berapa nilai dari slump.

Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan kadar air. Bila jumlah air adalah konstan dan kadar lengas agregat konstan maka slump test berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji slump adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku. Ada beberapa macam dari bentuk slump yang terjadi yaitu :

1. Slump yang benar (True Slump)

Suatu campuran yang telah dibuat dikatakan mempunyai true slump, jika kerucut beton mengalami penurunan secara seragam disetiap sisinya setelah kerucut diangkat.

2. Slump geser (Shear Slump)

Sebagian kerucut beton meluncur kebawah sepanjang bidang miring. Jika hal itu terjadi, maka pengujian slump harus diulang. Jika bentuk slump itu terjadi secara konsisten maka berarti sifat kohesi campuran yang diuji adalah kurang baik.

3. Slump runtuh (Collapse Slump)

Campuran dikatakan mempunyai Collapse slump, jika setelah kerucut diangkat campuran akan mengalami runtuh (collapse).

Test Bola Kelly

Test bola kelly dikembangkan di Amerika sebagai alternative tes slump oleh J.W Kelly, Kelly ball test adalah uji lapangan sederhana dan murah yang mengukur kemampuan kerja beton segar dengan yang serupa dengan tes

kemerosotan beton, tetapi lebih akurat dan lebih cepat dari pada tes kemerosotan (slump test).

Test Kekentalan Vebe

Test Kekentalan Vebe dikembangkan di Swedia oleh V. Barkner, Tes konsistensi Vee bee adalah tes laboratorium yang baik pada beton segar untuk mengukur kemampuan kerja secara tidak langsung dengan menggunakan konsistensi Vee-Bee. Vee bee test biasanya dilakukan pada beton kering dan tidak cocok untuk beton yang sangat basah.

Uji konsistensi Vee bee menentukan mobilitas dan kompatibilitas beton. Pada vee bee digunakan alat tes konsistensi pengukur vibrator, bukan menyentak. Vee bee test menentukan waktu yang dibutuhkan untuk transformasi beton oleh getaran.

Menurut 'IS 1199: 1959' (Metode Pengambilan Sampel dan Analisis Beton), kualitas beton ditentukan sebagai berikut :

- Jika waktu lebah hingga 20 hingga 15-10 detik maka beton dianggap sebagai konsistensi yang sangat kering.
- Jika waktu lebah hingga 10 hingga 7-5 detik maka beton dianggap sebagai konsistensi kering.
- Jika waktu lebah hingga 5 hingga 4-3 detik maka beton dianggap sebagai konsistensi plastik.
- Jika waktu lebah hingga 3 hingga 2-1 detik maka beton dianggap sebagai konsistensi semi-fluida.

Tes Leleh (flow test)

Tes aliran (flow test) adalah tes laboratorium, yang memberikan indikasi kualitas beton sehubungan dengan konsistensi atau kemampuan kerja dan keterpaduan. Dalam tes aliran ini, massa standar beton mengalami penyentuhan. Tes ini umumnya digunakan untuk beton dengan daya kerja tinggi / sangat tinggi. Tes laboratorium serupa Bernama "Flow Table Test" dikembangkan di Jerman pada tahun 1933 dan telah dijelaskan dalam "BS 1881: 105: 1984". Metode ini

digunakan untuk beton yang bisa dikerjakan dengan tinggi dan sangat tinggi yang akan menunjukkan tingkat kemerosotan beton.

Menurut “M.S. Shetty” (Teori dan Praktik Teknologi Beton), nilai uji aliran dapat berkisar antara 0 hingga 150%.

Compacting Factor Test

Uji faktor pemadatan beton bekerja berdasarkan prinsip menentukan tingkat pemadatan yang dicapai oleh jumlah pekerjaan standar yang dilakukan dengan membiarkan beton jatuh melalui ketinggian standar. Ini dirancang khusus untuk penggunaan laboratorium, tetapi jika keadaan mendukung, tes ini juga dapat dilakukan dilokasi kerja/proyek.

Uji faktor pemadatan beton lebih tepat dan sensitif dari pada uji kemerosotan beton (test slump). Oleh karena itu lebih menguntungkan dan berguna untuk beton yang bisa dikerjakan atau beton kering yang umumnya digunakan ketika beton akan dipadatkan oleh getaran.

Pengujian Beton Keras

Sifat utama yang sangat penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beton tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan Mpa atau kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'ci = \frac{P}{A} \times \frac{1}{fu} \dots\dots\dots(1)$$

$$f'ci = \frac{\sum_{i=1}^n f'ci}{n} \dots\dots\dots(2)$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum(f'ci - f'cr)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(3)$$

$$f'c = f'cr - 1,64 sd \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

P = Beban kuat teka (N)

A = Luas penampang (cm²)

Fu = faktor umur

f'ci = Kuat tekan (MPa)

f'cr = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f'c = Kuat tekan (MPa)

Uji Kuat Tekan Beton (Compression test)

Uji kuat tekan beton adalah pengujian yang dilakukan pada sampel beton, sampel ini akan diberi tekanan hingga mengalami kehancuran. Tujuannya adalah untuk mengetahui kekuatan beton terhadap gaya tekan, pengujian ini dapat dilakukan dengan cara :

- Siapkan cetakan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang sudah diberi pelumas di bagian dalamnya. Hal ini untuk memudahkan dalam pelepasan beton nantinya.
- Buat adukan beton dengan kualitas yang sama seperti yang digunakan pada proyek penelitian, masukkan adukan ini ke dalam cetakan. Masukkan secara bertahap menjadi 3 lapisan yang sama.
- Ditiap lapisannya diberi tusukan hingga 25 kali dan ratakan bagian atas adukan. Jangan lupa catat tanggal dan jam pembuatan beton tersebut.
- Biarkan adukan beton ini selama 24 jam, kemudian rendam beton di dalam air selama beberapa saat sebelum dibawa ke laboratorium pengujian.
- Apabila telah keras maka beton siap diuji menggunakan mesin Compression Test (CONTROL-ITALY) yang akan memberikan tekanan.

Catat hasil pengujian, lakukan pengujian pada hari berikutnya atau dalam rentang waktu tertentu. Untuk itu pastikan Anda membuat beberapa sampel beton untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat

Uji Core Drill

Uji core drill dilakukan menggunakan alat core drill untuk mengambil beton yang sudah jadi untuk dijadikan sampel. Hal yang harus diperhatikan disini adalah pada saat pengambilan sampel beton jangan sampai merusak struktur bangunan atau mengenai tulangnya. Sampel ini kemudian akan diuji crusing test, meskipun sangat beresiko namun pengujian ini dapat dikatakan sangat akurat karena menggunakan sampel beton yang sudah jadi.

Hammer test

Hammer test dilakukan pada bagian bangunan seperti kolom, balok atau plat lantai menggunakan alat hammer test. Pengujian dilakukan pada 20 titik, namun pastikan permukaan beton yang akan diuji sudah rata dan bila belum rata harus diratakan lebih dulu menggunakan gerinda. Hasil pengujian ini kemudian akan dihitung menggunakan standar deviasi untuk mengetahui kekuatan maupun tegangan karakteristik beton. Dari hasil inilah kita dapat mengetahui mutu beton.

Pengujian Ultrasonik atau Ultrasonic non Destructive

Ultrasonic non destructive adalah pengujian menggunakan gelombang ultrasonik sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada benda yang diuji seperti beton. Pengujian ultrasonik dilakukan menggunakan alat ukur kekerasan yang telah menerapkan gelombang ultrasonik dalam pengukurannya. Gelombang ini akan dirambatkan pada beton untuk mengetahui mutu dan kualitas beton. Pengujian ultrasonik sendiri mempunyai beberapa kelebihan seperti :

- Dapat mendeteksi keretakan beton serta kedalamannya.
- Pengujiannya tanpa merusak.
- Mendeteksi kerusakan permukaan serta perubahannya.
- Dapat mengukur modulus Elastisitas beton.
- Termasuk pengujian yang paling mudah dilakukan dengan hasil yang akurat.

Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai Beton dengan tempurung kelapa sebagai bahan campuran Beton, telah banyak dilakukan oleh penelitian sebelumnya.

Tabel 2.12 Penelitian terdahulu

Peneliti	Akbar, dkk (2013)	Pau, dkk (2018)	Nawati, dkk (2019)
Judul Penelitian	Penggunaan tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton k-100	Kompresif karakteristik beton dengan sekam padi dan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus dan agregat kasar	Pengaruh tempurung kelapa sebagai bahan tambah terhadap agregat kasar dalam campuran beton normal
Tujuan	menganalisa karakteristik beton K-100 dengan penambahan tempurung kelapa dan uji kuat tekan pada umur 7 hari.	Untuk meningkatkan kuat tekan beton	pengaruh tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dalam campuran beton normal
Parameter yang diuji	Kuat tekan beton.	Kuat tekan beton.	Kuat tekan dan tarik belah beton

(Lanjutan) Tabel 2.12 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Akan Dilakukan

Peneliti	Akbar, dkk (2013)	Pau, dkk (2018)	Nawati, dkk (2019)
Varian Penelitian	variasi tempurung kelapa yang diterapkan dalam penelitian ini adalah 0%, 5%, 7%, 9%, 11%, 13% dan 15%.	variasi komposisi sekam padi dan tempurung kelapa 10 %, 20 %, 30 %, 50 %.	Variasi tempurung kelapa yang digunakan dalam campuran beton normal adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% terhadap berat agregat kasar (batu pecah ½)
Metode Penelitian	Perhitungan (<i>Mix Design</i>) menggunakan SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal) dengan umur rencana 7, 14 dan 28 hari, setelah itu dilakukan pengujian uji tarik belah beton. Kemudian analisis data dan kesimpulan.	Perhitungan (<i>Mix Design</i>) menggunakan <i>American Concrete Institute (ACI)</i> , dengan umur rencana 7 dan 28 hari, setelah itu melakukan pengujian uji kuat tekan beton. Kemudian analisis data dan kesimpulan	Perencanaan campuran (<i>mix design</i>) pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2834-2000 untuk beton normal karena tempurung kelapa hanya sebagai bahan tambah terhadap agregat kasar. Pengujian kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk kubus dan kuat tarik belah dengan benda uji berbentuk silinder pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari

(Lanjutan) Tabel 2.12 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Akan Dilakukan

Peneliti	Akbar, dkk (2013)	Pau, dkk (2018)	Nawati (2019)
Hasil Penelitian	Karakteristik beton campuran tempurung kelapa berdasarkan hasil kuat tekan beton K-100 pada umur 7 hari perawatan dapat meningkat dengan penambahan 5% tempurung kelapa yaitu sebesar 73,33 Kg/Cm ² dengan proyeksi kekuatan pada umur 28 hari sebesar 112,82 Kg/Cm ² . Variasi campuran yang efisien dengan penambahan tempurung kelapa	Hasil pengujian kuat tekan beton normal 152,71 kg/cm ² . Penurunan kuat tekan beton terkecil terdapat pada campuran beton dengan penambahan tempurung kelapa 10 % dengan kuat tekan beton yang dihasilkan sebesar 117,37 kg/cm ² pada sedangkan untuk penurunan kuat tekan beton terbesar terdapat pada campuran BTS50% dengan kuat tekan beton yang dihasilkan adalah 21,65 kg/cm ² .	hasil kuat tekan sesuai komposisi 2.5% = 19.854 Mpa, 5% = 18.738 Mpa, 7,5% = 17.049 Mpa, 10% = 16.137 Mpa terhadap beton normal dengan kuat tekan sebesar 18.443 Mpa. Sedangkan penambahan tempurung kelapa tidak memberikan pengaruh pada nilai kuat tarik belah beton, hal ini di buktikan dengan nilai pengujian kuat tarik belah

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga dalam pelaksanaan dan hasil penelitian dan dipertanggung jawabkan dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton normal $f'c = 25$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang dieksperimen. Pengujian beton akan dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton. Setelah dilakukan pengujian maka keluar hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penggunaan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton.

Bahan Baku dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah

1. Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang akan digunakan Semen Padang Tipe I kemasan 40 kg.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar atau batu pecah yang digunakan pada penelitian yaitu agregat kasar dari Binjai dengan ukuran paling besar 40 mm

3. Agregat Halus

Agregat pasir yang digunakan adalah pasir dari daerah Binjai dan sebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari pasar H.M Said dan ukuran tempurung kelapa yang akan di pecah-pecahkan sebagai pengganti sebagian agregat kasar yakni 1-2 cm. Untuk mendapatkan pecahan tempurung kelapa dengan ukuran 1-2 cm yaitu dengan menggunakan martil/palu kemudian disaring dengan saringan no. 9,5 mm dan 4.75 mm. Pecahan yang di gunakan setelah di pecahkan yaitu pecahan keramik yang lolos saringan 9,5 mm dan tertahan 4,75 mm.

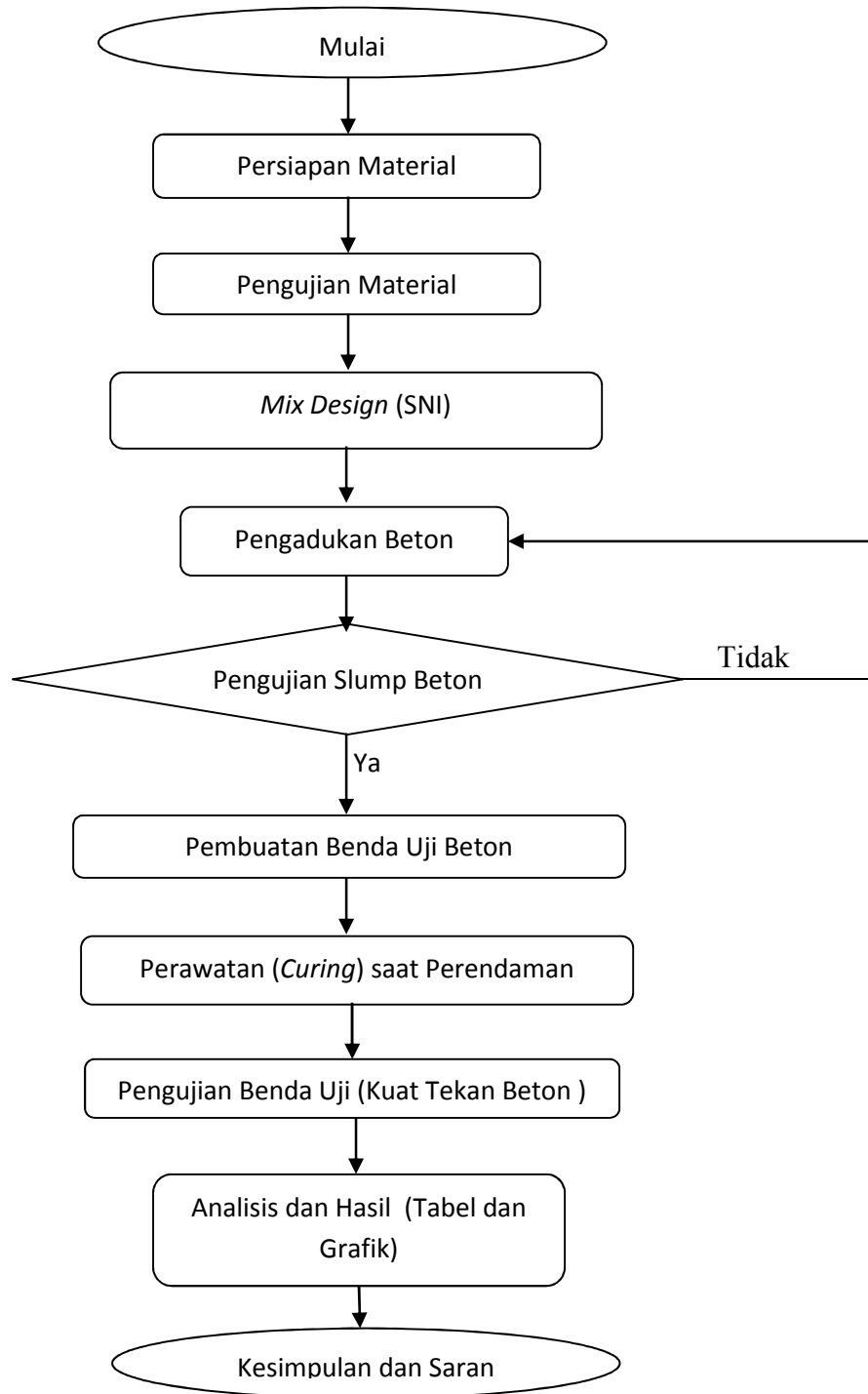
Tabel dibawah merupakan jumlah sampel yang akan di cetak dalam penelitian dilaboratorium dengan masing-masing variasi 3 sampel setiap umur betonnya.

Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Benda Uji

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA UMUR				JUMLAH BENDA UJI
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton dengan tempurung kelapa					
2,5 %	3	3	3	3	12
5%	3	3	3	3	12
7,5 %	3	3	3	3	12
JUMLAH	12	12	12	12	48

Alur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Alur Pelaksanaan Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengamatan dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, Jalan Sutomo No. 4A Medan 20235.

Tahapan Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan *mix design*. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton :

Pengujian Kehalusan Semen Portland

Menurut (SNI 15-2530-1991) tujuan pengujian kehalusan semen adalah untuk menentukan nilai kehalusan semen Portland dengan cara penyaringan. Kehalusan semen Portland adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan di atas saringan no.100 dan 200 dengan berat benda uji semula. Adapun Peralatan yang digunakan adalah saringan (no.100,200,PAN) timbangan ketelitian 0,1%, kuas. Berikut langkah-langkah untuk melakukan pengujiannya yakni: Benda uji semen dimasukkan ke dalam saringan No.100 yang terletak di atas saringan No.200 dan dipasang PAN di bawahnya. Lalu saringan digetarkan menggunakan mesin penggetar selama 5 menit. Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan di setiap saringan dan catat beratnya. Dan hitunglah berapa nilai kehalusan semen.

Rumus perhitungan :

$$\text{Kehalusan (FM)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula

B = Berat benda uji yang tertahan pada saringan no.200

Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland

Menurut (SNI 03-2531-1991) tujuan dari pemeriksaan ini ialah menentukan nilai berat jenis semen Portland dan untuk pengendalian mutu beton. Adapun Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yakni: Botol Le Chatelier, Saringan No.200, Timbangan digital, Ember. Dan

bahan yang digunakan yakni: Semen Portland Tipe I sebanyak 64 gram, Air , Minyak tanah. Setelah peralatan dan bahan telah disiapkan berikut langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengujiannya yakni; Persiapkan alat dan bahan. Saring semen dengan menggunakan saringan No.200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel. Lalu ambil tabung Le Chatelier yang diisi dengan minyak tanah, lalu rendam tabung dengan air bersih ke dalam ember selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung kemudian baca skala pada tabung (V_1). Skala pada tabung 0-1. Kemudian masukkan semen yang telah disaring ke dalam tabung Le Chatelier secara perlahan agar tidak ada semen yang menepel pada dinding tabung. Bisa menggunakan corong kaca. Kemudian tabung digoyang secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak ada lagi semen yang menempel di dinding tabung, Setelah itu, masukkan tabung Le Chatelier ke dalam ember, lalu rendam selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V_2). Kemudian hitunglah data yang telah didapat.

Rumus perhitungan

$$BJ = \frac{w}{(v_2 - v_1)} \times d$$

Keterangan :

BJ = Berat jenis semen Portland (gram/ml)

w = Berat semen Portland (gram)

V1 = Volume awal (ml)

V2 = Volume akhir (ml)

d = Massa jenis air pada suhu ruang yang tetap 4°C (1gr/ml)

Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Menurut (SNI 03-1968-1990) tujuan Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat adalah untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton .Peralatan yang digunakan: Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat yang akan diuji, Saringan-saringan yang telah ditentukan ukuran lubangnya, Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5) ° C, Alat penggetar, Talam atau wadah, Kuas pembersih, sikat kuningan. Dan bahan yang digunakan yakni Pasir dan Kerikil. Prosedur-prosuder yang digunakan dalam pengujiannya yakni: Bahan atau benda uji yang akan diuji di oven terlebih dahulu sampai mencapai berat tetap. Kemudian masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar diatas sampai paling kecil dibawah.

Lalu getarkan mesin penggetar selama 15 menit. Setelah 15 menit Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan. Kemudian timbang dan catat berat benda uji yang telah dipisahkan. Dan hitung analisis agregat saringan.

Rumus perhitungan :

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{jumlah \% kumulatif agregat tertahan}}{100}$$

Pengujian Kadar Air Agregat

Menurut (SNI 03-1971-1990) tujuan pengujian ini ialah untuk menentukan kadar air dalam suatu agregat dengan cara pengeringan. Dalam pengujian ini alat yang digunakan yakni timbangan, talam dan over dengan bahan uji agregat kasar sebanyak 6000 gram dan agregat halus sebanyak 1000 gram. Kemudian dilakukan pengujian dengan menimbang dan catat berat talam (W1), Kemudian masukan benda uji kedalamtalam kemudian timbang dan catat beratnya (W2), hitunglah berat benda uji (W3=W2-W1), setelah itu keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, setelah kering timbang dan catat berat benda uji (W4)

Rumus perhitungan :

$$\text{Kadar air Agregat(W)} = \frac{W3-W4}{W4} \times 100\%$$

Keterangan :

W3 = berat benda uji semula (gram)

W4 = berat benda uji sesudah penelitian (gram)

Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Menurut SNI (03-4804-1998) Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus dan kasar. Dengan menggunakan Timbangan yang ketelitiannya 0,1 gram, wadah silinder, sekop, mistar perata, tongkat pemadat sebagai peralatan yang digunakan dan agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan digunakan dalam pengujian berat isinya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan.

Lakukan pengujian pada agregat kasar dengan mengukur diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan terlebih dahulu menggunakan mistar. Lalu timbang dan catatlah

berat wadah tersebut sebagai (W_1) kemudian isilah wadah dengan agregat kasar dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara merata. Pada saat lapis ke tiga, isi agregat kasar melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata. Lalu timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat kasar (W_2). Kemudian hitunglah berat agregat kasar dengan rumus ($W_3 = W_2 - W_1$).

Kemudian lakukan pengujian pada agregat halus dengan mengukur diameter dan tinggi dari wadah silinder yang akan digunakan terlebih dahulu menggunakan mistar. Lalu timbang dan catatlah berat wadah tersebut sebagai (W_1) kemudian isilah wadah dengan agregat halus dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojok sebanyak 25 kali secara merata. Pada saat lapis ke tiga, isi agregat halus melebihi ukuran wadah. Rojok sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata. Lalu timbang dan catatlah berat benda wadah beserta agregat halus (W_2). Kemudian hitunglah berat agregat kasar dengan rumus ($W_3 = W_2 - W_1$).

Rumus perhitungan :

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W}{V} \text{ kg/cm}^3$$

Keterangan :

W = Berat agregat (kg)

V = Volume Wadah (cm^3)

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Menurut (SNI 1969-2008) pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar, dengan menggunakan Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, Saringan No.9,5 mm dan 4,75 mm, Oven dengan suhu pemanasan 110 ± 5 ° C, Wadah baja, Gelas ukur, Kain lap, PAN sebagai alat dalam pengujian menyiapkan agregat kasar sebanyak 2600 gram dibagi untuk 2 sampel pengujian dan air bersih. Setelah itu lakukan pengujian dengan menyiapkan semua alat dan bahan yang digunakan, lalu cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada benda uji, setelah dicuci keringkan agregat dalam oven selama 24 jam setelah 24 jam dalam oven dinginkan agregat kemudian timbang (BK), lalu rendam agregat dalam air selama 24 jam, setelah selesai direndam 24 jam keluarkan benda uji dari air dan lap dengan menggunakan kain lap pada permukaannya, untuk mendapatkan agregat

dalam keadaan SSD, kemudian timbang berat agregat tersebut dan catat sebagai Berat SSD. Masukkan agregat tadi ke dalam gelas ukur plastik sedikit ditambah air pada batas tertentu, setelah itu kocok agar tidak ada lagi gelembung udara dan kemudian timbang berat bejana + air + agregat (B), lalu keluarkan agregat, kemudian masukkan air pada batas tertentu, lalu timbang (BT). Setelah itu lakukan pengolahan data untuk menentukan nilai Bj kering, Bj SSD, Bj semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

Rumus perhitungan:

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specify Gravity)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Penyerapan (Absorpsi)} = \frac{Bj - Bk}{Bk \times 100\%} \dots \dots \dots (4)$$

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut (SNI 1970-2008) pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari agregat halus. Dengan menggunakan: Piknometer kapasitas 500 ml, Timbangan, Oven, Kerucut terpancung (cone), Batang penumbuk, Wadah, Saringan No.4 sebagai peralatannya dan Agregat halus dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan, periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji ke dalam cone, masukkan benda uji ke dalam con sampai 3 bagian. Kemudian padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali, angkat kerucut. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak, apabila masih runtuh ulangi. Lalu ambil agregat halus 500 gram yang lolos saringan No.4 timbang berat piknometer. Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya. Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD ke dalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, kemudian goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang. Timbang piknometer berisi air dan benda uji dengan timbangan ketelitian 0,1 gram. Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air kemudian saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, kemudian masukkan ke dalam adah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm$

5)°C selama 24 jam. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah beratnya.

Rumus perhitungan:

$$\text{Berat Uji (Bulk)} = \frac{Bk}{(B+Bs+Bt)} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Berat Uji kering} = \frac{Bs}{(B+Bs+Bt)} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Berat Uji semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{Bs-Bk}{Bk} \times 1 \dots \dots \dots (4)$$

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Menurut (SNI 03-4428-1997) pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur seharusnya sebesar 5% dari berat agregat halus. Dengan menggunakan: Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah sebagai peralatan yang digunakan, dan Agregat halus dan Larutan sebagai bahannya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan sudah disiapkan, masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml, lalu tambahkan air kedalam gelas ukur hingga mencapai 115 ml dan 125 ml, kemudian tutup permukaan gelas dan kocok untuk mecuci pasir dari lumpur. Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan mengendap selama 24 jam. Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

Rumus perhitungan:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V2}{V1+V2} \times 100\%$$

Keterangan :

V1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Menurut (SNI 2417-2008) pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Dengan menggunakan: Mesin Los Angeles, Saringan No.12,5 mm; 9,5 mm; dan saringan 2,36 mm, Bola baja sebanyak 8 buah, Timbangan digital ketelitian 0,01 gr, Oven, Wadah, Stopwatch dan agregat kasar sebanyak 5000

gram sebagai alat dan bahannya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan telah disiapkan timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm, Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang, Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja, Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit. Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm dan setelah itu lakukan pengolahan data.

Rumus perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat tertahan saringan 2,36 mm}}{\text{berat awal}} \times 100$$

Pemeriksaan Keausan tempurung kelapa dengan Mesin Los Angeles

Menurut (SNI 2417-2008) pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat keausan agregat kasar(keramik) dengan menggunakan mesin Los Angeles. Dengan menggunakan: Mesin Los Angeles, Saringan No.12,5 mm; 9,5 mm; dan saringan 2,36 mm, Bola baja sebanyak 8 buah, Timbangan digital ketelitian 0,01 gr, Oven, Wadah, Stopwatch dan Agregat kasar (tempurung kelapa) sebanyak 5000 gram sebagai alat dan bahannya. Setelah alat dan bahan yang akan digunakan telah disiapkan, timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm. Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang. Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja. Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit. Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm dan setelah itu lakukan pengolahan data.

Rumus perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat tertahan saringan 2,36 mm}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

Tata Cara Pembuatan Rencana *Mix Design*

Berdasarkan SNI 03-2834-1993, dalam perencanaan campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut :

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

Langkah-langkah perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut SNI 03-2834-1993 adalah sebagai berikut :

- a. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Untuk struktur bangunan tahan gempa disyaratkan kuat tekan beton lebih dari 20 Mpa.
- b. Penetapan nilai deviasi standar (s). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian dalam pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik tingkat pengendalian mutu, semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah benda uji minimal 30 buah, maka data standar deviasi yang dimiliki bisa langsung digunakan. Jika jumlah benda uji kurang dari 30 buah, maka harus dilakukan penyesuaian.

- c. Menentukan nilai tambah atau *margin* (m)

$$m = 1,34s \text{ Mpa}$$

atau

$$m = 2,33s - 3,5 \text{ Mpa}$$

(diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan di atas)

Tabel 3. 2 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar (sd) (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima

Kecil	< 1000	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 6,5	6,5 < s ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 7,5
Besar	> 3000	2,5 < s ≤ 3,5	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 6,5

Sumber : SNI 03-2834-1993

d. Menetapkan nilai kuat tekan rata-rata yang harus direncanakan dengan menggunakan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + (sd \times 1,64)$$

e. Menetapkan jenis semen

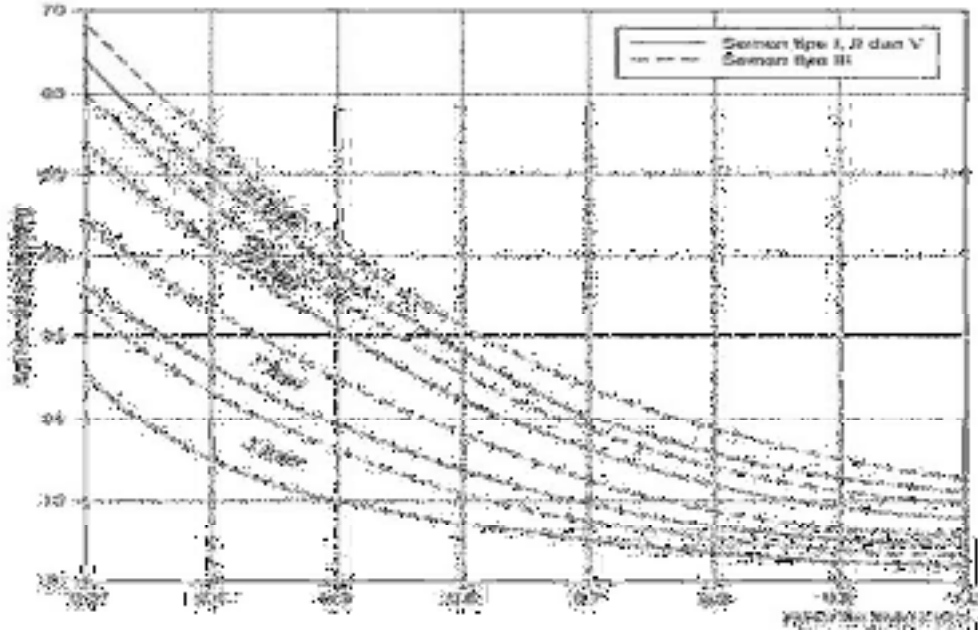
f. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan, baik untuk agregat halus maupun agregat kasar, harus jelas menggunakan agregat alami atau batu pecah/buatan.

g. Menentukan nilai faktor air semen (FAS); untuk tahapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Cara pertama : berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan tabel 3.3

Tabel 3.3 Perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,5

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (Mpa), Pada umur (Hari)				Bentuk Benda uji
		3	7	21	28	
Semen portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II,V	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3. 2 Faktor air semen

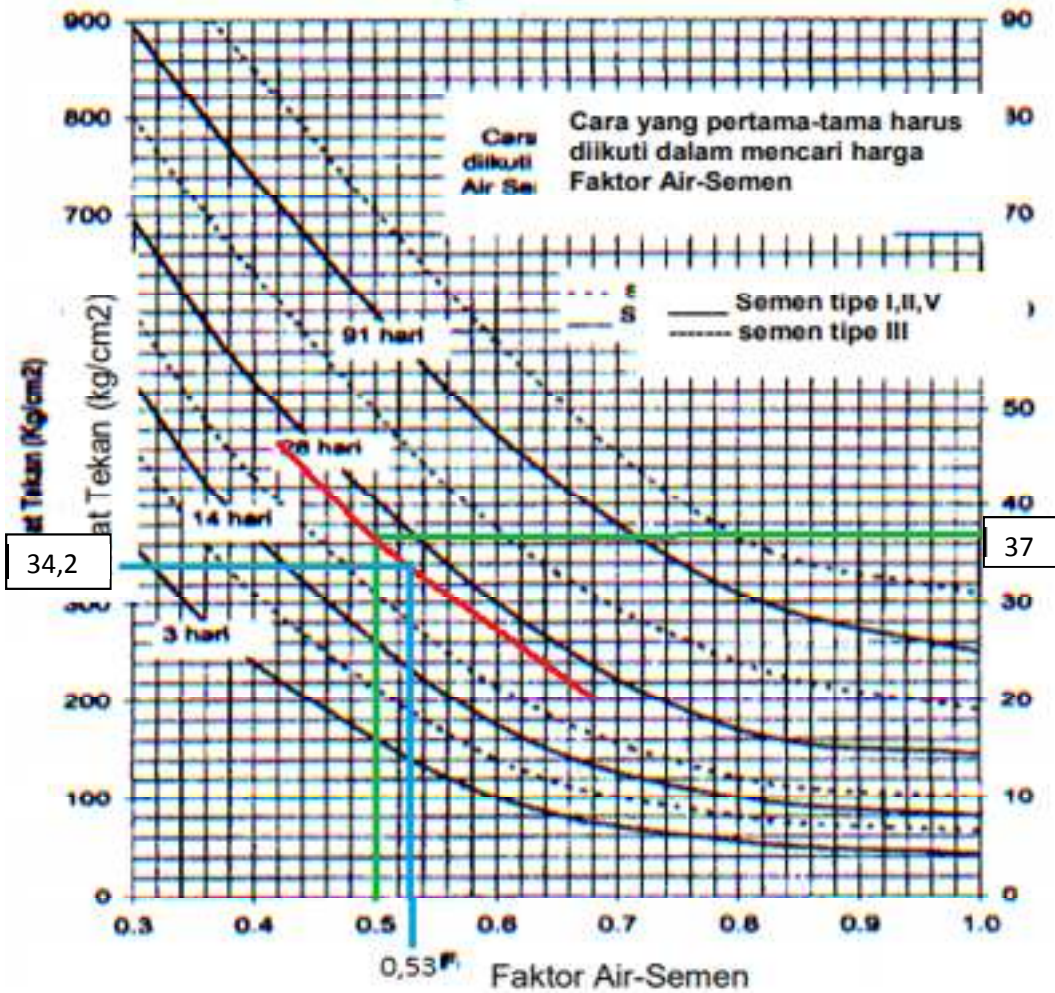
Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton (sebagai perkiraan nilai FAS dalam rancang campuran).

2. Cara kedua : untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen yang digunakan, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu, dapat ditetapkan nilai faktor air semen dari Tabel 3.3. dan Gambar, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Perhatikan Tabel 3.3. Berdasarkan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton rencana, diperkirakan nilai kuat tekan beton yang akan diperoleh, jika
- dipakai faktor air semen, sebesar 0,5.
- Lihat Gambar. Lukislah titik A pada Gambar dengan nilai FAS 0,5 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.3. (sebagai ordinat). Kemudian pada titik A tersebut dibuat grafik baru yang betuknya sama/mengikuti 2 buah grafik yang ada di dekatnya. Selanjutnya tarik garis mendatar dari sumbu tegak di sebelah kiri, sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan, sampai memotong grafik baru tersebut, lalu tarik garis ke bawah untuk memperoleh nilai faktor air semen yang sesuai.

h. Menetapkan nilai faktor air semen maksimum. Agar beton yang diperoleh awet dan mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan sekitarnya, perlu ditetapkan nilai FAS maksimum menurut Tabel 3.3. Apabila nilai FAS maksimum ini lebih rendah daripada nilai FAS yang

diperoleh dari langkah g, maka nilai FAS maksimum ini yang digunakan untuk langkah selanjutnya. Dengan kata lain, nilai FAS yang terkecil dari langkah g dan h, yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya:



Gambar 3. 3 Hubungan FAS Kuat Tekan Rata-Rata Silinder

i. Menentukan kadar air bebas dari tabel 3.4

Tabel 3.4 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3)

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

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

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

Jika agregat halus alami dan agregat kasar batu pecah, kadar air bebas dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar air bebas} = 2/3 W_h + 1/3 W_k$$

Dengan pengertian, W_h = jumlah air untuk agregat halus, W_k = jumlah air untuk agregat kasar.

Untuk permukaan agregat yang kasar harus ditambahkan air kira-kira 10 liter air/m³ beton.

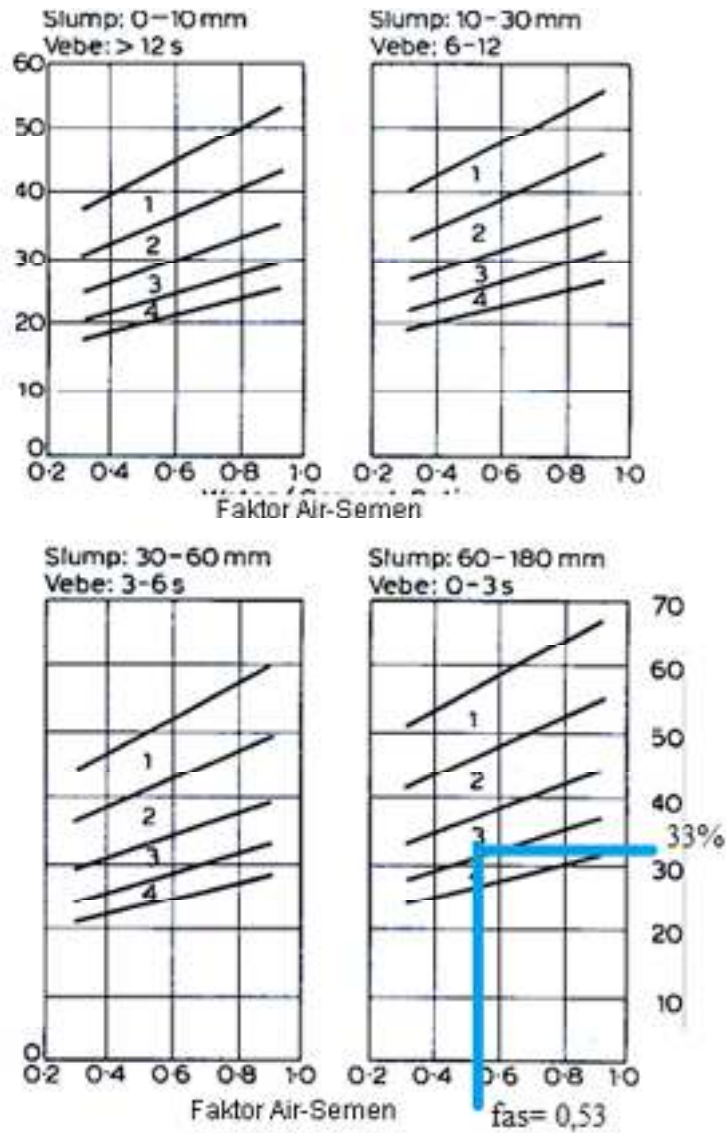
j. Hitung jumlah semen = kadar air / faktor air semen

k. Menentukan daerah gradasi agregat halus berdasarkan Tabel 3.5 berikut:

Tabel 3. 5 Batas Gradasi Agregat Halus SNI 03-2834-1993

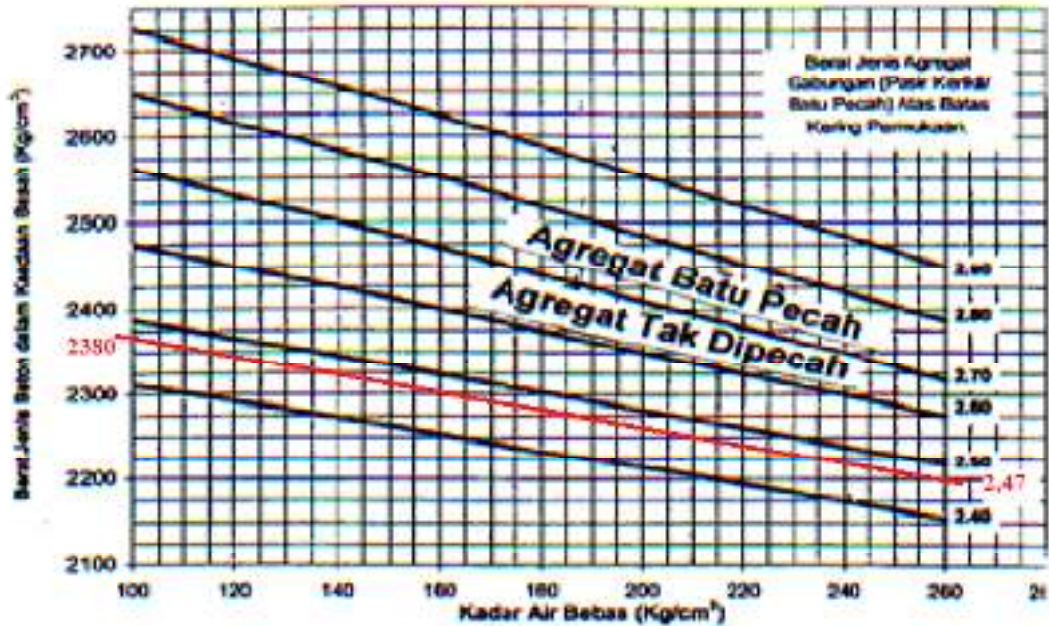
Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

l. Menentukan persentase agregat halus berdasarkan gambar 3.4



Gambar 3. 4 Hubungan faktor air semen – proporsi agregat halus untuk ukuran butir maksimum 40 mm

- m. Hitung berat jenis relatif = (% agregat halus x berat jenis agregat halus) + (% agregat kasar x berat jenis agregat kasar).
- n. Menentukan berat beton basah menurut gambar 3.5



Gambar 3. 5 grafik penentuan berat beton segar

o. Koreksi proporsi campuran yang disesuaikan adalah :

Semen, tetap = B1

Air = $B2 - (C_m - C_a) \times B3/100 - (D_m - D_a) \times B4/100$

Agregat halus = $B3 + (C_m - C_a) \times B3/100$

Agregat kasar = $B4 + (D_m - D_a) \times B4/100$

B1 = berat semen/m³

B2 = berat air/m³

B3 = berat agregat halus/m³, SSD

B4 = berat agregat kasar/m³, SSD

C_m = kadar air agregat halus (%)

C_a = resapan agregat halus (%)

D_m = kadar air agregat kasar (%)

D_a = resapan agregat kasar (%)

Pembuatan Benda Uji

Tahapan penimbangan material

Menakar seluruh bahan yang digunakan dalam beton sesuai dengan *mix design* dan menimbang bahan-bahan tersebut agar sesuai dengan yang dibuat. Timbangan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah timbangan manual.

Tahapan pengadukan beton segar

Dalam pengadukan beton menggunakan alat mesin pengadukan campuran beton selama penelitian. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin pengaduk adalah sebagai berikut : Siapkan terlebih dahulu agregat-agregat yang akan di aduk. Lalu masukkan agregat halus dan semen terlebih dahulu dan memutar mesin pengaduk. Lalu masukkan agregat kasar dan putar kembali sampai campuran merata. Kemudian masukkan air sedikit demi sedikit sampai 50% air yang akan dimasukkan dan putar mesin pengaduk dengan tenaga mesin. Setelah campuran tersebut sudah kelihatan tidak kering lagi, masukkan sisa air berikutnya sedikit demi sedikit dan aduk kembali hingga rata sampai campuran terlihat homogen.

Tahapan tes *slump* beton dengan kerucut Abram

Sediakan alat-alat tes *slump* . yaitu kerucut Abram, Kemudian tuangkan beton segar ke dalam cetakan kerucut sebanyak 1/3 dari tinggi kerucut tersebut. Kemudian lakukan perojokkan atau pemadatan terhadap beton sebanyak 25 kali rojokan searah jarum jam. Lakukan kembali memasukkan beton segar kemudian rojok kembali. Lakukan sampai cetakan kerucut penuh. Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung kerucut tersebut secara vertikal tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak dari 5 ± 2 detik. Kemudian letakkan tabung kerucut di samping beton yang tumpah dan penusuk tepat di atasnya. Ukur dengan meteran dari puncak coran ke tiang penusuk. Hasil pengukuran adalah nilai *slump* dari coran tersebut. Apabila nilai *slump* memenuhi syarat maka coran beton bisa digunakan. Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih dari 2,5 menit.

Tahapan penuangan dan pemadatan beton segar

Tahapan ini merupakan tahapan memasukkan adukan beton ke dalam silinder, dengan memasukkan adukan beton sebanyak 3 kali, 1/3 dari silinder. Setiap 1/3 lapisan lakukan perojokkan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah tiap lapisan dirojok, bagian luar silinder

diketok menggunakan palu sebanyak 10 sampai 15 kali secara pelan-pelan untuk merapatkan lubang akibat rojokkan dan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap. Setelah silinder terisi penuh, ratakan permukaannya dan bersihkan silinder.

Tahapan perawatan benda uji

Perawatan benda uji dapat dilakukan dengan perendaman. Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji. Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

- a. Setelah 24 jam dari beton dibuat maka cetakan beton silinder dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
- b. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari di dalam air biasa.
- c. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi tanda atau kode penamaan pada permukaan sampel.

Tahapan pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7, 14, 21 dan 28 hari.

- a. Alat yang digunakan: Timbangan manual dan CONTROLS-ITALY sebagai alat penguji kuat tekan.
- b. Bahan yang digunakan: Adukan Beton (Molen)

Tahapan pengadukan: Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian keringkan selama 24 jam, Setelah direndam 24 jam timbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian letakkan sampel beton di atas alat penguji, lalu hidupkan mesin dan lakukan pembebanan secara perlahan. Lalu lakukan pembebanan sampai beton hancur, kemudian catat hasil beban maksimum.