

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Hasil Penelitian Syarifudin, dkk (2020), yang berjudul “Analisis Kuat Tekan Beton K 225 Menggunakan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar”. dengan menggunakan metode eksperimen dengan total 18 benda uji. Pada penelitian ini benda uji dicetak dengan menggunakan kubus baja ukuran 15cm x 15cm x 15cm, masing-masing umur yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan pengujian kuat tekan beton. Pada campuran beton K 225 tersebut dibuat campuran pengganti koral yang bervariasi yaitu dengan campuran beton normal, Beton dengan penggantian agregat kasar 5% limbah cangkang kelapa sawit, beton dengan penggantian agregat kasar 10% limbah cangkang kelapa sawit. dan beton dengan penggantian agregat kasar 15% limbah cangkang kelapa sawit. beton yang mencapai umur 28 hari karena pada umur ini menurut PBI 1974, kekuatan beton telah mencapai 100%. Dari evaluasi hasil uji kuat tekan yaitu pada campuran beton normal dengan umur 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 231,73 kg/cm² , pada campuran beton dengan penggantian agregat kasar 5% limbah cangkang kelapa sawit, dengan umur 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 217,39 kg/cm² , pada campuran Beton dengan penggantian agregat kasar 10% limbah cangkang kelapa sawit, dengan umur 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 164,55 kg/cm² dan campuran Beton dengan penggantian agregat kasar 15% limbah cangkang kelapa sawit, dengan dengan umur 28 hari didapat kuat tekan beton sebesar 153,98 kg/cm² . Dari hasil evaluasi kuat tekan beton yang menggunakan penggantian agregat kasar 5%, 10% dan 15% limbah cangkang kelapa sawit tidak mempunyai kuat tekan yang melebihi dari beton normal.

Hasil Penelitian Berli (2019), dengan judul “Penentuan Kuat Tekan Beton Ringan Mutu K-225 Dengan Substitusi Cangkang Sawit Memakai Semen Portland Tipe I, pada penelitian pembuatan beton ringan dengan bahan campuran menggunakan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar, adapun per-sentase cangkang sawit yang dipakai yaitu 15 %, 30 % dan 45 %. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakterisasi beton ringan dengan campuran cangkang

sawit. Karakterisasi yang ingin didapatkan meliputi nilai kuat tekan beton ringan dengan substitusi persentase cangkang sawit dan berat isi beton. Pengujian beton ringan dilakukan pada saat umur beton 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Bentuk beton ringan pada saat diuji yaitu berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm). Hasil yang diperoleh yaitu nilai kuat tekan beton ringan yang terendah terjadi pada substitusi cangkang sawit 45% sebesar 50,96 kg/cm² umur 3 hari, 63,70 kg/cm² umur 7 hari, 80,67 kg/cm² umur 28 hari dan hasil nilai berat isi beton 30 % dan 45 % termasuk kedalam beton ringan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Nawy (1985:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pembentuk beton
7. Perawatan beton
8. Kandungan klorida tidak melebihi 0.15% dalam beton yang dieskpos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985:24).

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton. Murdock dan Brook (1991)

mengatakan : "kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan".

Menurut Paul Nugraha dan Antoni, berdasarkan pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain. Berikut ini merupakan keunggulan dari penggunaan beton secara rinci Menurut Paul Nugraha dan Antoni:

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar:
 - a. Biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan mudah didapat. Bahan termahal adalah semen tetapi bisa diproduksi di Indonesia.
 - b. Pengangkutan / mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
 - a. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.
 - b. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa digunakan untuk keperluan dekoratif.
 - c. Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat.
3. Kemampuan beradaptasi
 - a. Beton bersifat *mololit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 - b. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk kubus 3 dimensi
 - c. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
 - c. Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.

4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

Berikut merupakan kelemahan dari penggunaan beton dan cara untuk mengatasi seperti terlihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kelemahan Beton dan Cara Mengatasinya

No.	Kelemahan	Solusi
1	Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m ³	Untuk elemen struktural: membuat beton mutu tinggi, beton prateka, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat memakai beton ringan
2.	Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.	Memakai beton bertulang atau pratekan
3.	Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan. beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama	Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (<i>ready mix</i>) atau beton pracetak.
4.	Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>)
5.	Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>)

(Sumber : Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2.2.2 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat kasar dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ dan harus memenuhi

ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural (SNI 03-3449-2002).

Beton ringan umumnya dihasilkan dengan cara mengurangi agregat kasar sehingga beton akan berpori dan berongga dan menghasilkan berat yang ringan hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan *foam agent*. Selain dengan mengurangi bagian agregat kasar, bisa juga dengan mengganti agregat kasar tersebut dengan agregat kasar lain yang lebih ringan.

Umumnya agregat kasar pada beton normal adalah agregat yang mempunyai ukuran 5 mm hingga 40 mm dengan berat isi mencapai lebih dari 2 gr/cm³ (SNI 03-2834-2000). Sementara dalam proses pembuatan beton ringan struktural agregat kasar tersebut diganti dengan agregat ringan yang mempunyai berat isi maksimal 1,1 gr/cm³. Agregat ringan ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu agregat ringan alami dan agregat 6 ringan buatan (SNI 03-3449-2002). Dalam penelitian ini agregat ringan yang digunakan adalah agregat alami berupa cangkang kelapa sawit.

2.2.3 Material Penyusun Beton

A. Semen Portland

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen *Portland* dibagi menjadi 5 (lima jenis) berdasarkan jenis dan penggunaannya, antara lain :

- Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- Jenis III semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

- Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

B. Air

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton (Nugraha dan Antoni, 2007).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah *sodium klorida* dan 15% adalah *magnesium klorida*). Garam-garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra tegang ataupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Mulyono, 2005).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI318 – 89:2-2). Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentration ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk

air, agregat, bahan bersemen, dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai batas (Mulyono, 2005).

Air yang diperlukan dipengaruhi factor-faktor di bawah ini :

- 1) Ukuran agregat maksimum, diameter membesar maka kebutuhan air menurun, begitu juga jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.
- 2) Bentuk butir, bentuk bulat akan menyebabkan kebutuhan air menurun misalkan untuk batu pecah perlu lebih banyak air.
- 3) Gradasi agregat, gradasi baik akan menyebabkan kebutuhan air menurun untuk kelecakan (*workability*) yang sama.
- 4) Kotoran dalam agregat, Makin banyak tanah liat dan lumpur maka akan meningkatkan kebutuhan air meningkat.
- 5) Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar), jika agregat halus lebih sedikit maka kebutuhan air menurun.

C. Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat tekan lama (*durable*), dan ekonomis. Berdasarkan gradasinya agregat terbagi menjadi dua macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1) Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm (SNI 03-1750-1990)

Syarat Mutu Agregat

Syarat Mutu Agregat Syarat Mutu menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F: a.

Agregat Halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:

- Jika dipakai *Natrium Sulfat*, bagian yang hancur maksimum 12%. 2)
 - Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur maksimum 10.0%
 - d. Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
 - e. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
 - f. Harus mempunyai variasi besar butir (*gradasi*) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10% dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15% dari berat.
 - g. Tidak boleh mengandung garam.
- Syarat Mutu Agregat Menurut SII 0052-80 :
- a. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 2,50 – 3,80.
 - b. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, maks 5%.
 - c. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan Na-Sulfat 3%, jika dibandingkan warna standar tidak lebih tua daripada warna standar.
 - d. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20.
 - e. Kekekalan Jika dengan Natrium Sulfat , bagian yg hancur maksimum 10% dan kika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.

- Cara-cara memeriksa sifat-sifat pasir :
 - a. Untuk mengetahui kandungan tanah liat/Lumpur pada pasir dilakukan dengan cara meremas atau menggenggam pasir dengan tangan. Bila pasir masih terlihat bergumpal dan kotoran tertempel di tangan, berarti pasir banyak mengandung Lumpur.
 - b. Kandungan Lumpur dapat pula dilakukan dengan mengisi gelas dengan air, kemudian masukkan sedikit pasir ke dalam gelas. Setelah diaduk dan didiamkan beberapa saat maka bila pasir mengandung Lumpur, Lumpur akan terlihat mengendap di atasnya.
 - c. Pemeriksaan kandungan zat organik dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3%. Setelah diaduk dan didiamkan selama 24jam, warnanya dibandingkan dengan warna pembanding.
 - d. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.

Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Dengan semakin berkurangnya rongga udara yang berbentuk, beton yang dihasilkan akan mempunyai rongga udara yang lebih sedikit.

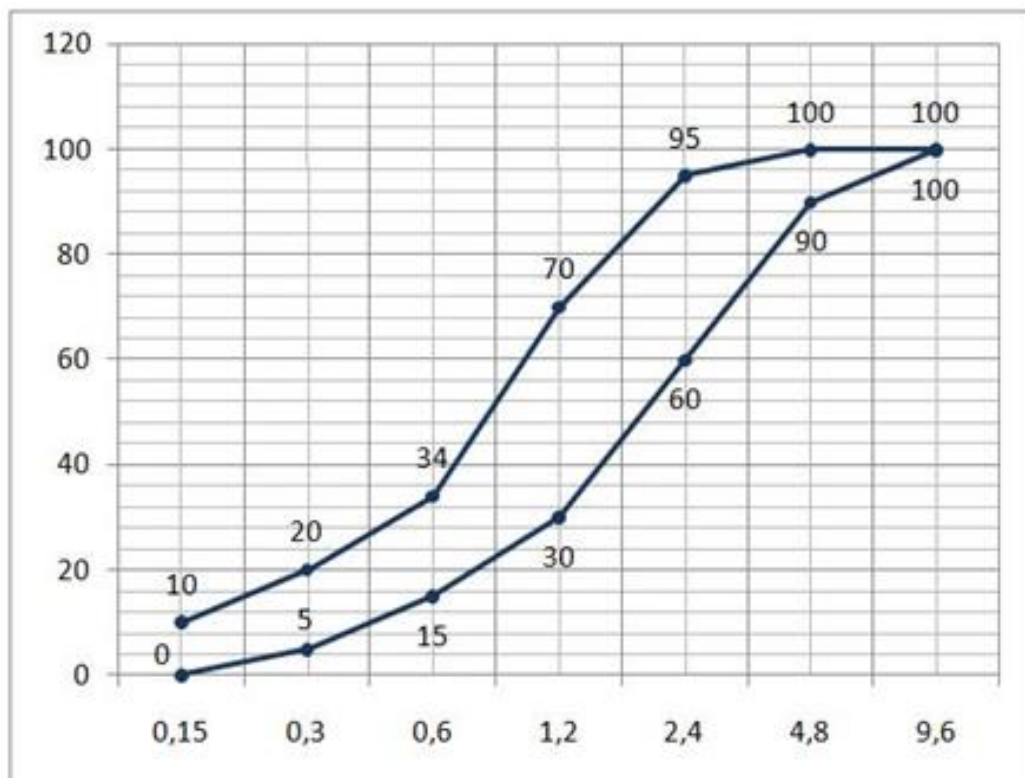
Gradasi yang baik dan teratur dari agregat halus, besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras, seperti terlihat pada tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus Menurut (BS)

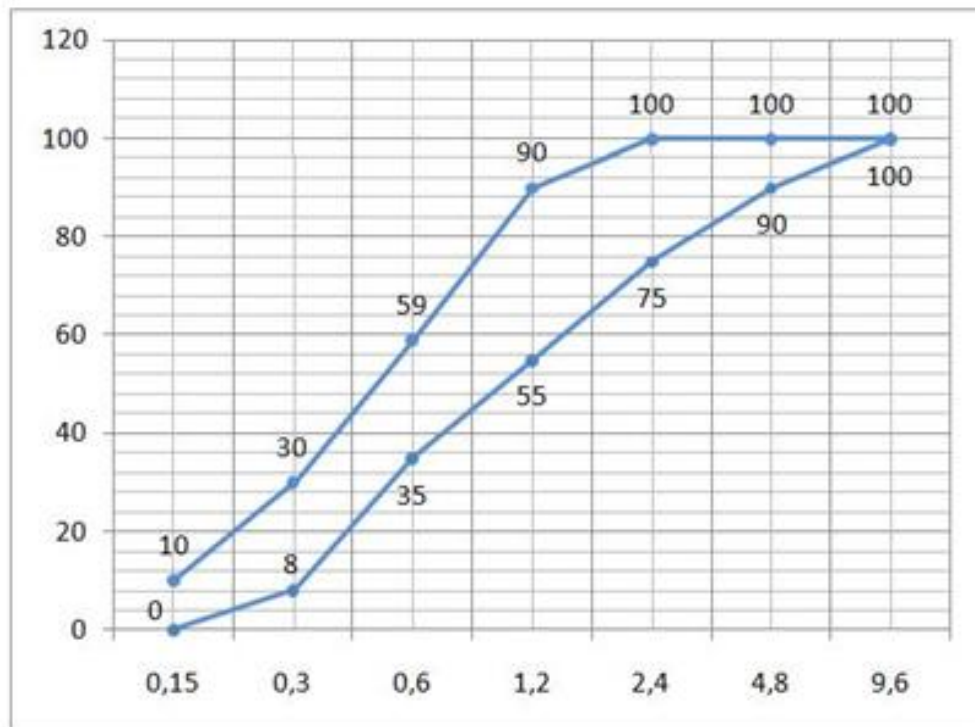
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15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

(Sumber : Mulyono, 2005)



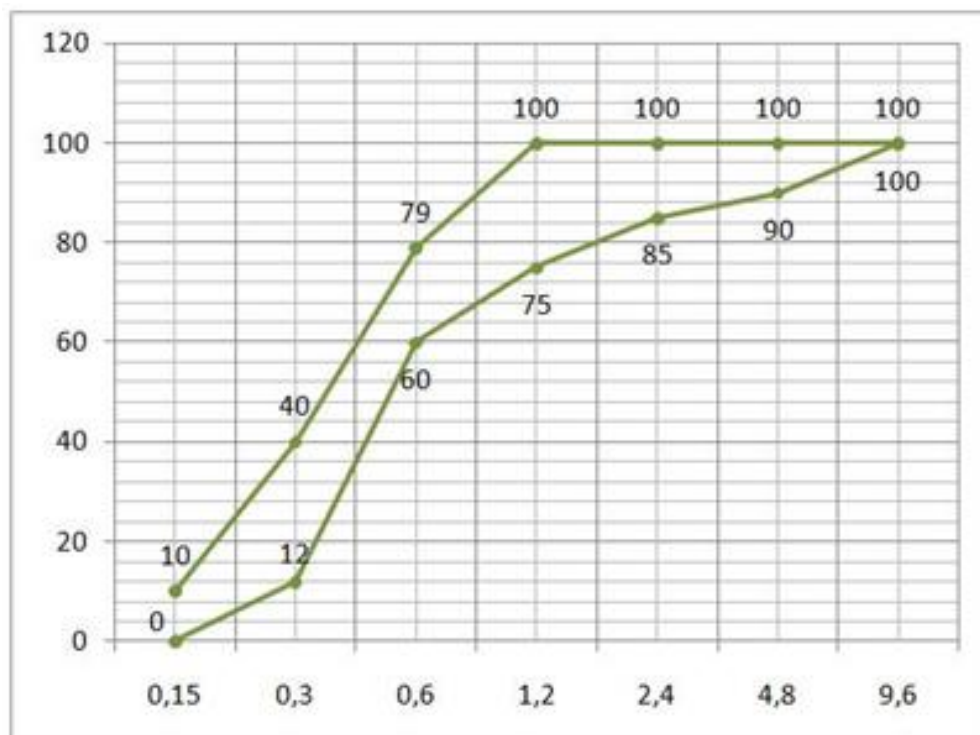
Gambar 2.1 Gradasi Pasir Zona I

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



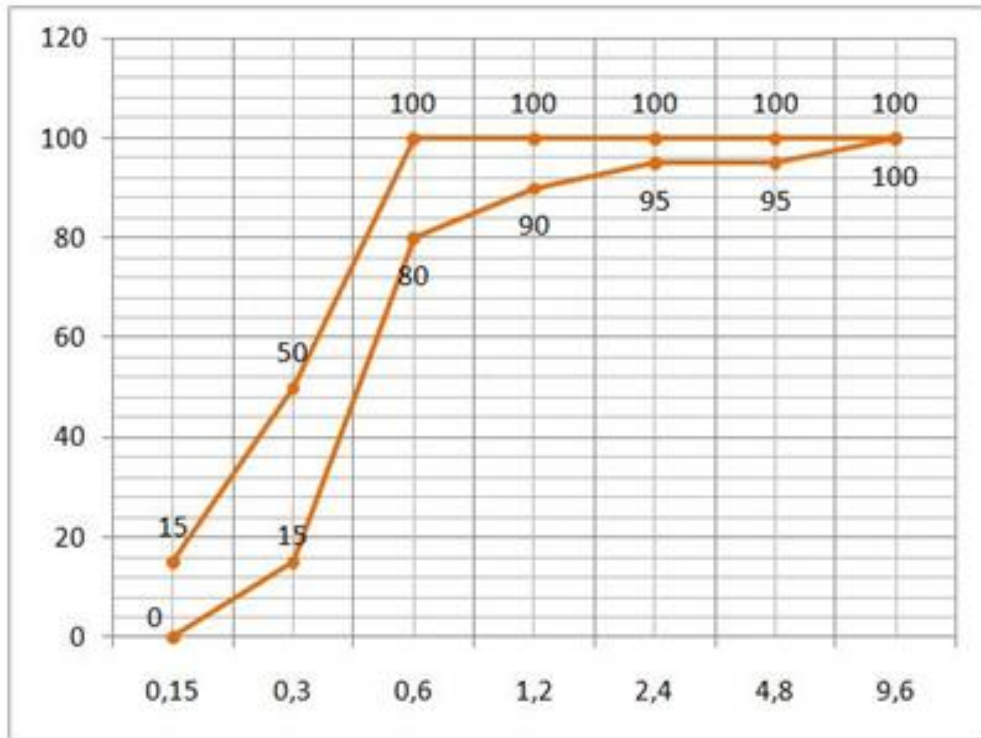
Gambar 2.2 Gradasi Pasir Zona II

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

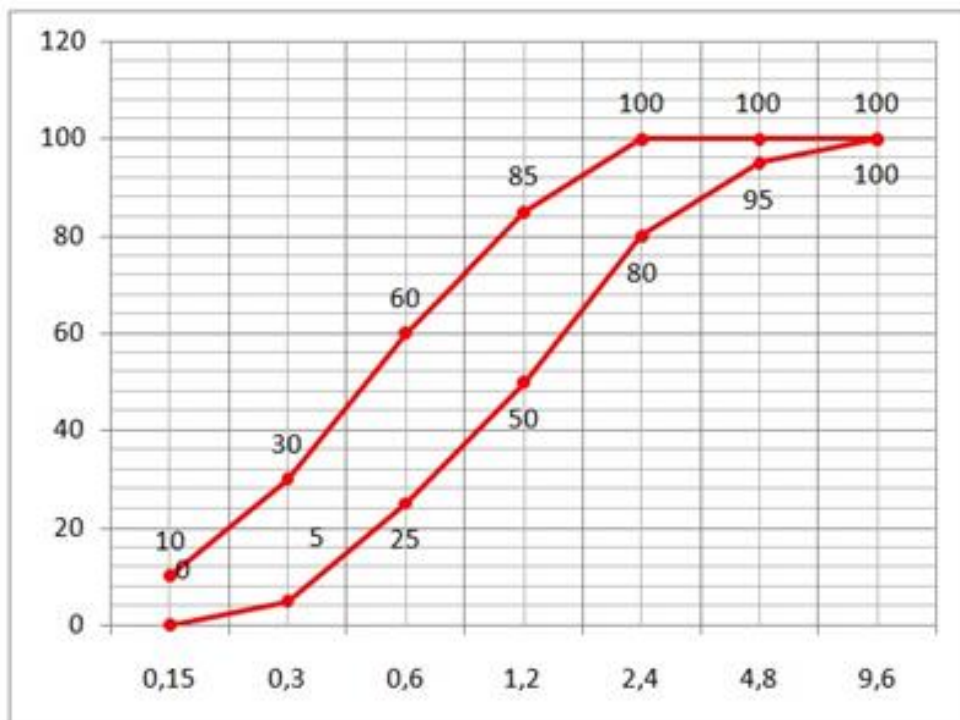


Gambar 2.3 Gradasi Pasir Zona III

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.4 Gradasi Pasir Zona IV
(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.5 Gradasi Agregat Halus
(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75mm (ASTM C33,1982) atau 5,0mm (BS.812,1976). Bentuk fisik dari agregat kasar yang bersudut. Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang berbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, dengan demikian membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan untuk mengurangi rongga ini dikombinasikan dengan butiran agregat halus yang berbentuk bulat.

Beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat ini cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat baik dan kuat. Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Gradasi yang baik dan teratur (*continuous*) dari agregat kasar besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan di buat terutama dari zat-zat yang dapat merusak pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras. Syarat mutu agregat kasar menurut SII.0052 sebagai berikut :

- a. Modulus halus butir 6,0 sampai 7,1
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 1%
- c. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%
- d. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%

- e. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6%
- f. Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%
- g. Kekerasan agregat harus memenuhi syarat Tabel 2.3

Kekerasan atau kekuatan dari butir-butir agregat bergantung pada bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antara butir satu dengan yang lainnya. Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Hasil penilitan Larrad (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15mm. Namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya.

Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Syarat Mutu Kekuatan Agregat

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan bejana Rudolff, bagian hancur menembus ayakan 2mm, persen (%) maksimum		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles, bagian hancur menembus ayakan 1,7mm, % maks
	Fraksi Butir 9,5 – 19 mm	Fraksi Butir 19 – 30mm	
(1)	(2)	(3)	(4)
Beton Kelas I dan mutu Bo dan B1	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton Kelas II dan mutu K.125, K.175, dan K.225	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton Kelas III dan mutu > K.225 atau beton pratekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 27

(Sumber : SII.0052-80)

Dalam membentuk suatu beton yang akan mempunyai mutu yang tinggi kualitas kekuatan tekannya perlu menjadi perhatian, dalam hal ini ditentukan dengan suatu pengujian kuat tekan dan ketahanan akan abrasinya.

2.2.4 Cangkang kelapa sawit

Bahan campuran tambahan agregat kasar dalam beton adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit (*Elaeis*) adalah salah satu tanaman industri sebagai penghasil minyak goreng, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Perkebunan Kelapa Sawit dilakukan dalam skala besar menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia (Wikipedia.com/kelapa sawit). Pada penelitian ini bagian kelapa sawit yang digunakan adalah cangkang dari kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit adalah bagian pelindung dari buah kelapa sawit itu yang berstruktur keras. Salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah yang cukup besar adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang yang di hasilkan mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27%), hemiselulosa (12,61%), dan ligin (42,96)% (Widarsi,2008).

2.2.5 Kuat tekan beton

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat mencapai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200kg/cm² sampai 500kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15cm x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm².

Menurut SNI 03-6468-2000, untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk

umur 28 hari atau 56 hari. Campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan f_c' .

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- σ = Kuat tekan beton (kg/cm^2).
- P = Beban maksimum (N).
- A = Luas penampang benda uji (cm^2).

2.2.6 Klasifikasi beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)

- Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
- Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
- Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

- Beton segar : Masih dapat dikerjakan
- Beton hijau : Beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- Beton muda : 3 hari < 28 hari
- Beton keras : Umur > 28 hari

c. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.4 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 -2005)

d. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur
- Beton *pre-cast*, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur

e. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

- Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
- Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
- Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.