

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian (Jacky, dkk. 2018), “Pengaruh Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Beton”. Mutu beton yang direncanakan 30 MPa pada umur 28 hari. Hasil perhitungan diketahui bahwa faktor air semen diperoleh sebesar 0,42 dan hasil yang didapat yaitu kuat tekan beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian agregat kasar dengan tempurung kelapa 4%, yaitu sebesar 27,98 MPa dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan tempurung kelapa 10%, yaitu sebesar 20,24 MPa. Disarankan dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi tempurung kelapa dicampur dengan kulit kerang dengan persentase yang sama. Dengan harapan menggunakan tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan kulit kerang sebagai pengganti sebagian agregat halus akan didapatkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal.

Hasil penelitian (Nawati, dkk. 2019), “Pengaruh Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Agregat Kasar Dalam Campuran Beton Normal” yaitu untuk memastikan nilai kadar tempurung kelapa yang optimum pada campuran adukan beton mutu rendah. Nilai kuat tekan beton rerata pada umur 28 hari dengan variasi kadar tempurung kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% secara berturut-turut 18,443 MPa, 19,854 MPa, 18,738 MPa, 17,049 MPa, 16,137 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi kadar tempurung kelapa 2,5% sebesar 19,854 MPa yang meningkatkan kuat tekan sebesar 7,7% dari beton tanpa tempurung kelapa. Kombinasi dari bahan tambah yang digunakan mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan baik.

Hasil penelitian (Pebri Putra Hidayat dan Wiku Adhiwicaksana Krasna.), “Penggunaan Cangkang Kerang Darah Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton” yaitu untuk menambah nilai kuat tekan beton dari rancangan beton normal pada umur 28 hari. Kuat tekan yang direncanakan adalah sebesar 22,5 Mpa dan untuk persentase penggunaan cangkang kerang bervariasi yaitu 0%, 10%, 25%,

35%, dan 50% diambil dari berat agregat halus, ditambah dengan komposisi campuran beton normal dibuat dalam benda uji silinder ukuran 15cm x 30cm dengan variasi umur 28 dan 56 hari. Penelitian dengan menggunakan cangkang kerang darah dapat meningkatkan kuat tekan beton namun tidak untuk semua variasi. Hasil pengujian didapatkan beton dengan variasi 25% dan 35% pada umur 28 hari meningkat menjadi 23,59 MPa dan 24,16 MPa sedangkan pada umur 56 hari, sampel 0%, 35%, dan 50% meningkat menjadi 23,21 MPa, 24,35 MPa, dan 22,65 MPa.

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*). (Nawy,1998:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a. Kualitas semen
- b. Proporsi terhadap campuran
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat
- d. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat
- e. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
- f. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton
- g. Perawatan beton dan
- h. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985:24).

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton. (Murdock dan Brook, 1991:6) 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, keunggulan dari penggunaan beton yaitu:

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar :
 - a. Biaya pembuatan relative 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.
 - d. Konsumsi energi minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.
4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal
 - a. Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

2.2.2 Material Penyusun Beton

A. Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland yaitu semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland 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. Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu :

- a. Semen *Portland* tipe I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Semen *Portland* tipe II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Semen *Portland* tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Semen *Portland* tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Semen *Portland* tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan berbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan berbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodimulyo, 1995).

Tabel 2.1 Jenis – Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	250

(Sumber : ASTM C.150)

B. Air

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penguatan 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 (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik 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, konsentrasi 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 (Tri Mulyono, 2005).

Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor dibawah ini:

1. Ukuran agregat maksimum: diameter membesar → kebutuhan air menurun (begitu pula jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit).
2. Bentuk butir: bentuk bulat → kebutuhan air menurun (batu pecah perlu lebih banyak air).
3. Gradasi agregat: gradasi baik → kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
4. Kotoran dalam agregat: makin banyak silt, tanah liat dan lumpur → kebutuhan air meningkat.
5. Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar, atau h/k: Agregat halus lebih sedikit → kebutuhan air menurun. (Paul Nugraha dan Antoni, 2007:74)

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira - kira 30% dari berat semen. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi sebab penggunaan air yang terlalu banyak dapat menurunkan kualitas dan kekuatan dari kuat tekan beton.

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 (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). 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 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 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %
- 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, maks. 2 % dari berat
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks.10 % dari berat
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks. 15 % dari berat
- g. Tidak boleh mengandung garam

Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara

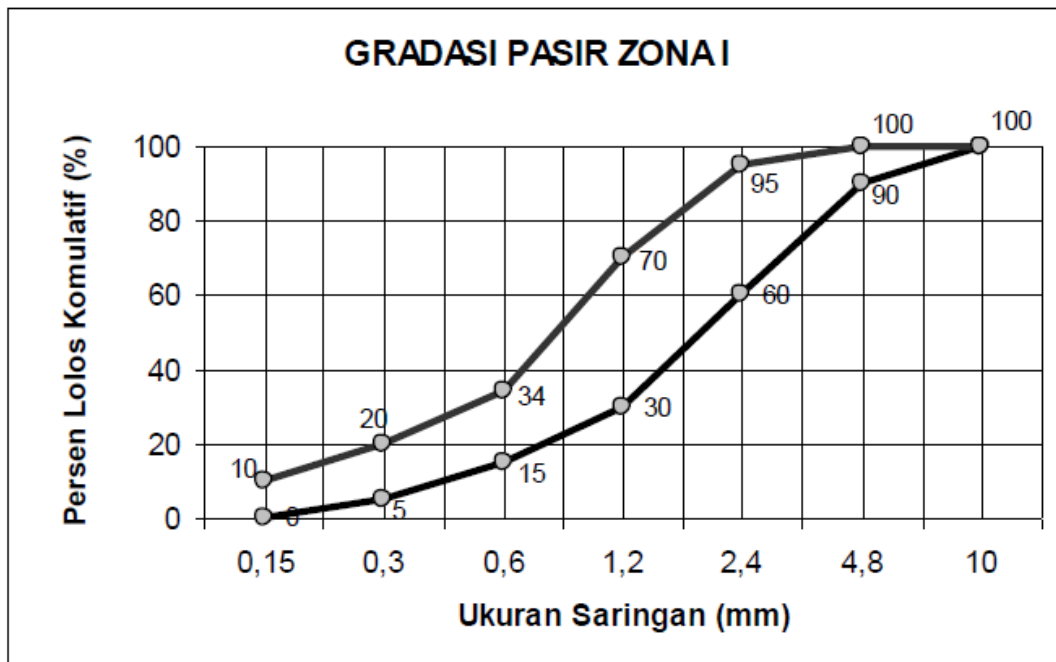
minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Dengan semakin berkurangnya rongga udara yang berbentuk, beton yang dihasilkan akan mempunyai rongga udara yang lebih sedikit.

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.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus Menurut *British Standard* (BS)

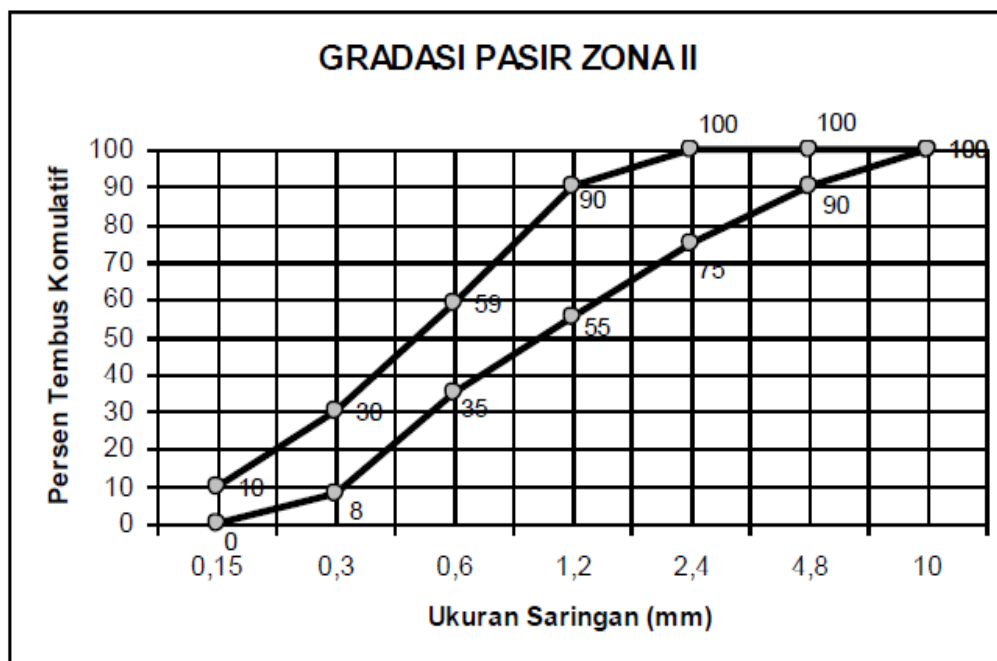
Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15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

(Sumber : Tri Mulyono, 2005)



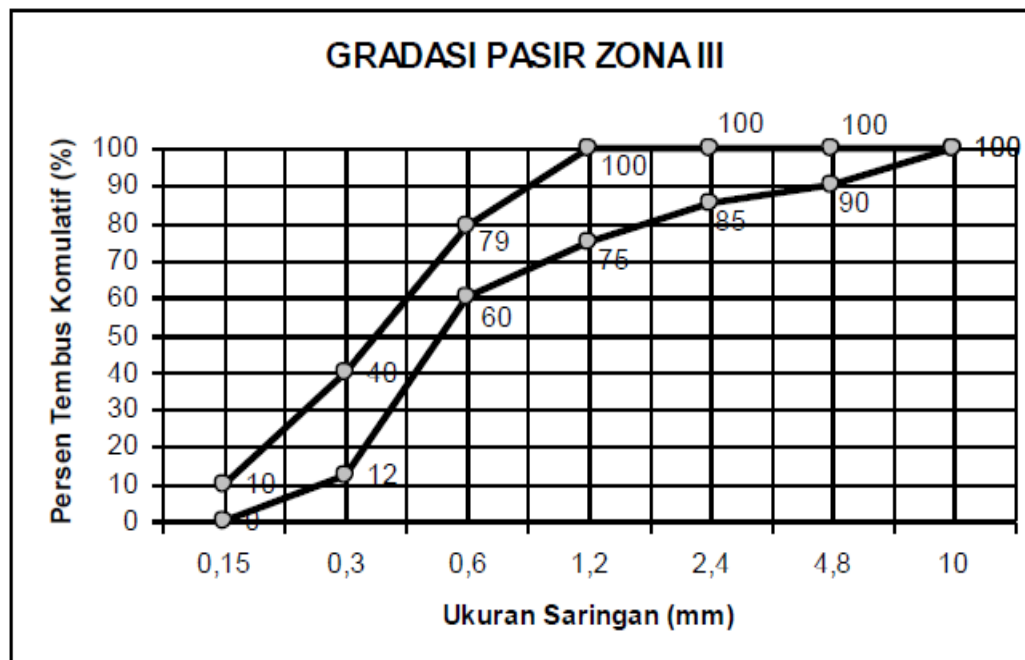
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.1 Gradasi Pasir Zona I



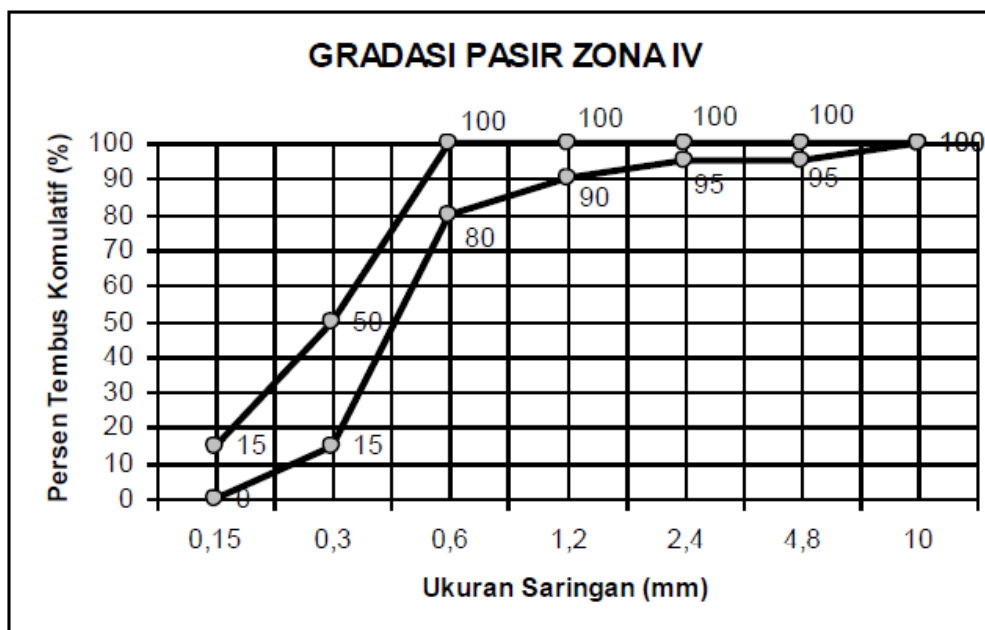
(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.2 Gradasi Pasir Zona II



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.3 Gradasi Pasir Zona III



(Sumber : Tri Mulyono, 2005)

Gambar 2.4 Gradasi Pasir Zona IV

2. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (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 dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik 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%.

2.3 Bahan Pengganti

2.3.1 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa adalah limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama. Keberadaannya dapat dengan mudah ditemukan sekitar kita, dan pemanfaatannya kebanyakan hanya sebatas sebagai bahan kayu bakar. Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah sebagai pelindung inti buah dan terletak dibagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3-6 mm. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar air sekitar 6-9 % (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Tilman, 1981).

Menurut (Soroushian dan Bayasi, 1987) serta menurut (Tjokrodinuljo, 1996), bahwa gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Secara visual baik kaca maupun tempurung kelapa apabila dilebur, performanya tidak jauh berbeda, yaitu berbentuk serpihan yang keras. Sehingga karakteristiknya kurang lebih sama. Maka secara logika tempurung kelapa jika dijadikan material serat pengaruhnya akan sama atau bahkan lebih tinggi daripada kaca.

2.3.2 Kulit Kerang

Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (moluska). Semua kerang-kerangan memiliki sepasang cangkang (disebut juga cangkok atau katup) yang biasanya simetri cermin yang terhubung dengan suatu ligamen (jaringan ikat). Pada kebanyakan kerang terdapat dua otot aduktor yang mengatur

buka-tutupnya cangkang. Pada pengujian ini menggunakan jenis kerang *Anadara Granosa* (Kerang Darah).

Kulit Kerang merupakan bahan sumber mineral yang pada umumnya berasal dari hewan laut berupa kerang dan mempunyai karbonat tinggi. Kandungan kalsium dalam cangkang kerang adalah 38% (Setyaningrum, 2009).

Kerang merupakan sumber bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, karena mengandung protein dan lemak. Jenis kerang yang sering menjadi konsumsi masyarakat, yaitu kerang hijau (*Mytilus viridis*), kerang darah (*Anadara granosa*), dan kerang bulu (*Anadara antiquate*) (Rina Hudaya, 2010).

2.4 Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan agregat kasar dan halus, semen, air. Jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (*workability*) akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200kg/cm^2 sampai 500kg/cm^2 . 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 $15\text{cm} \times 30\text{cm}$. 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/cm^2 .

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:

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

Dengan :

f_c' = kuat tekan beton/mutu beton (Mpa)

P = beban maksimum (kN)

A = luas penampang benda uji (cm^2)

Misalkan dari hasil uji kuat tekan beton didapatkan beban maksimum (P) sebesar 235.000 kN maka :

$$f_c' = \frac{235.000/0.83}{17671,46}$$

$$f_c' = 16.02 \text{ MPa}$$

Dengan :

0.83 = Faktor konversi benda uji kubus ke silinder beton

2.5 *Workability*

Workability adalah tingkat kemampuan atau kemudahan dilaksanakan atau dikerjakan, yang meliputi bagaimana beton itu mudah untuk dibawa dan ditempatkan di mana-mana, mudah dikerjakan, mudah dipadatkan, dan mudah untuk dilakukan finishing.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya, unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain:

1. Jumlah air pencampur: semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen: jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir-kerikil: Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar: Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

5. Butir maksimum.
6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

2.6 Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. FAS yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah FAS kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2005).

Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, FAS dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap beton total semen dan aditid *cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998).

2.7 Slump

Menurut SNI 03-1972-1990 *Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran *slump* dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam 2 peraturan standar yaitu PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia) dan SNI 1972-2008 (Cara Uji *Slump* Beton).

1. Berdasarkan PBI 1971 N.I-2

Pengukuran *slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

- a. Kerucut Abrams : Kerucut terpancung dengan bagian atas dan bawah terbuka dengan ukuran :
 - Diameter atas 10 cm
 - Diameter bawah 20 cm
 - Tinggi 30 cm
- b. Batang besi penusuk, berukuran :
 - Diameter 16 mm
 - Panjang 60 cm
 - Ujung dibulatkan
- c. Alas : rata, tidak menyerap air

2. Berdasarkan SNI 1972-2008

Pengukuran *slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

- a. Kerucut Abrams :
 - Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
 - Diameter atas 102 mm
 - Diameter bawah 203 mm
 - Tinggi 305 mm
 - Tebal plat min 1,5 mm
- b. Batang besi penusuk :
 - Diameter 16 mm
 - Panjang 60 cm

- Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm
- c. Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku.



Gambar 2.5 Alat uji *Slump* Beton

2.8 Jumlah dan Identitas Benda Uji

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah berbentuk silinder berukuran 15 cm x 30 cm dan memiliki variasi bermacam. Variabel campuran ini mengacu kepada penelitian terdahulu yang telah penulis sampaikan di 2.1 Penelitian Terdahulu. Sampel diuji pada umur 7, 14 dan 28 hari. Jumlah sampel sebanyak 36 buah seperti terlihat pada tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Rencana Campuran Beton Dengan Bahan Pengganti Tempurung Kelapa dan Kulit Kerang

No	Kode benda uji	Umur pengujian (hari)			Jumlah sampel (buah)
		7	14	28	
1	BN	2	2	2	6
2	2,5%TK-30%KK	2	2	2	6
3	2,5%TK - 32,5%KK	2	2	2	6
4	2,5%TK - 35%KK	2	2	2	6
5	2,5%TK - 37,5%KK	2	2	2	6
6	2,5%TK - 40%KK	2	2	2	6
Total					36

(Sumber : Hasil perhitungan, 2020)

Dengan penjelasan sebagai berikut :

- BN : Beton normal
- 2,5%TK-30%KK : Beton dengan kadar Tempurung Kelapa 2,5% dari berat agregat kasar dan kadar Kulit Kerang 30% dari berat agregat halus yang digunakan.
- 2,5%TK-32,5%KK : Beton dengan kadar Tempurung Kelapa 2,5% dari berat agregat kasar dan kadar Kulit Kerang 32,5% dari berat agregat halus yang digunakan.
- 2,5%TK-35%KK : Beton dengan kadar Tempurung Kelapa 2,5% dari berat agregat kasar dan kadar Kulit Kerang 35% dari berat agregat halus yang digunakan.
- 2,5%TK-37,5%KK : Beton dengan kadar Tempurung Kelapa 2,5% dari berat agregat kasar dan kadar Kulit Kerang 37,5% dari berat agregat halus yang digunakan.
- 2,5%TK-40%KK : Beton dengan kadar Tempurung Kelapa 2,5% dari berat agregat kasar dan kadar Kulit Kerang 40% dari berat agregat halus yang digunakan.

2.9 Perawatan (*Curing*)

Curing secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai. Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat (PB, 1989:29).

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan

beton, kedap terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan pembasahan atau penguapan (*steam*) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan cara mana yang digunakan semata-mata mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan.

2.9.1 Perawatan dengan pembasahan

Pembasahan dilakukan di laboratorium ataupun dilapangan. Pekerjaan perawatan dengan pembasahan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- a. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
- b. Menaruh beton segar dalam genangan air
- c. Menaruh beton segar dalam air
- d. Menyelimuti permukaan beton dengan air
- e. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah
- f. Menyirami permukaan beton dengan kontinyu
- g. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan *compound*

Cara a, b, dan c dilakukan untuk contoh uji. Cara d, e, dan f digunakan untuk beton dilapangan yang permukaannya mendatar, sedangkan cara f dan g dilakukan untuk yang permukaannya vertikal. Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan beton dari :

- a. Kehilangan air-semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*.
- b. Kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama.
- c. Perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.

