

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Lina Flavina Tilik dan Fadhila Firdausa (2021) Melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik kuat tekan beton dengan cangkang kerang proporsi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% sebagai bahan substitusi agregat kasar dan bahan tambah superplasticizer dengan kadar 0,5% pada campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal dan beton superplasticizer 0,5% sebesar 28,26 MPa dan 29,15 MPa, sedangkan untuk kuat tekan beton cangkang kerang dengan komposisi 5%, 10%, 15%, dan 20% yang ditambah dengan superplasticizer 0,5 % menghasilkan kuat tekan sebesar 30,78 MPa, 26,78 MPa, 24,71 MPa, dan 22,93 MPa. Kuat tekan beton meningkat setelah ditambah bahan tambah superplasticizer 0,5% dan untuk penambahan cangkang kerang pada persentase 5%, sedangkan untuk kuat tekan beton dengan penambahan cangkang kerang diatas 5% mengalami penurunan. Sehingga karakteristik campuran beton yang baik untuk digunakan yaitu beton cangkang kerang dengan komposisi 5% dengan bahan tambah superplasticizer sebanyak 0,5%.

Bunyamin, Nesri Hendrifa dan Muhammad Ridha (2021) Penelitian yang berjudul “Pengaruh Substitusi cangkang tiram sebagai pengganti sebahagian semen dan pasir halus terhadap kuat tarik belah beton”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang dari Krueng Neng, Aceh Besar sebagai pengganti sebahagian agregat halus disubstitusikan ke dalam semen dan untuk mengetahui seberapa besar kuat tarik belah beton terhadap penambahan abu dan serbuk cangkang tiram Krueng Neng ke dalam beton. Variasi penambahan serbuk sebesar 0%, 5%, 10% dan 15%, Hasil penelitian ini bahwa kuat tarik belah beton tertinggi pada FAS 0,50 dengan pencampuran cangkang tiram 5% yaitu sebesar 4,02 MPa. Sedangkan beton normal, kuat tarik beton tertinggi diperoleh pada FAS 0,40 yaitu sebesar 3,72 MPa.

Rofikatul Karimah, Yunan Rusdianto dan Desy Putri Susanti (2020). Penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk kulit kerang sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton. Variasi penggunaan serbuk yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat agregat halus dengan FAS 0,6. Hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton mengalami kenaikan pada persentase 10% dan selanjutnya kuat tekan beton menurun seiring dengan pertambahan presentase penggunaan serbuk kulit kerang. Sedangkan nilai absorpsi dengan mengalami kenaikan pada persentasi 30% dari berat agregat halus.

Mohammad Farid Jannada (2020). Penelitian yang berjudul “Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan, Dan Penyerapan Air Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar *Bottom Ash*” Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berat volume, kuat tekan dan penyerapan air. Pada penelitian yang dilakukan ini dalam pembuatan bata beton ringan seluler material serbuk cangkang kerang (SCK) digunakan sebagai material pengganti sebagian semen dengan kadar penggunaan sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat semen yang berbahan dasar *Bottom Ash* dari berat semen. Dari hasil penelitian ini bahwa seiring dengan penambahan kadar SCK berat volume menunjukkan hasil yang stabil dan kadar yang paling besar yaitu 4%. Hasil pengujian kuat tekan kadar optimum pada presentase 4% lalu menurun pada kadar berikutnya dan pada hasil pengujian penyerapan air mengalami kenaikan kemudian menurun.

2.2 Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*) (Tri Mulyono, 2019). Campuran tersebut jika dibiarkan akan mengalami pengerasan karena akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya. Dalam adukan beton air dan semen

membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara butiran-butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan sehingga butiran-butiran agregat saling terekat kuat dan terbentuk suatu massa yang kompak atau padat (Tjokrodimuljo, 1996).

Klasifikasi beton umumnya dilakukan berdasarkan berat jenis dan kuat tekannya. Berdasarkan berat jenisnya, beton dibagi atas beton ringan yang memiliki berat jenis di bawah 1800 kg/m^3 , beton normal memiliki berat jenis 2400 kg/m^3 , dan beton berat memiliki berat jenis di atas 3200 kg/m^3 . Berdasarkan kuat tekannya, beton dikategorikan sebagai beton mutu rendah yang memiliki kuat tekan kurang dari 20 MPa, sedangkan beton mutu sedang memiliki kuat tekan 20 – 40 MPa, dan beton mutu tinggi memiliki kuat tekan di atas 40 MPa.

2.2.1 Mutu Beton $f'c$ 25 MPa

Beton adalah bagian dari suatu konstruksi yang dibuat dari campuran beberapa material sehingga mutunya akan banyak bergantung dari kondisi material pembentuk ataupun pada proses pembuatannya. Untuk itu kualitas bahan dan proses pelaksanaannya yang harus dikendalikan agar dicapai hasil yang optimal.

Mutu beton sangat penting dalam sebuah proyek konstruksi, selain sebagai parameter untuk mengontrol mutu dalam mencapai kualitas beton yang diinginkan, mutu beton juga memiliki peran penting dalam analisis perencanaan sebuah konstruksi. Uji mutu beton adalah suatu proses pengujian terhadap kuat tekan beton untuk mengetahui apakah beton memenuhi mutu standard yang disyaratkan. Konsep mutu beton di Indonesia umumnya sudah mengikuti standard SNI yaitu $f'c$ dengan satuan MPa. Namun disisi lain masih banyak juga yang menggunakan mutu beton K, yaitu parameter mutu beton K yang didasarkan pada PBI 71.

Beton dengan mutu $f'c$ 25 MPa menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 25 MPa pada umur beton 28 hari. Dengan benda uji menggunakan silinder beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm, semakin besar nilai kuat tekan maka semakin baik pula mutu beton. Mengacu pada standar SNI 03-2847-2002 yang merujuk pada ACI (*American Concrete Institute*). Kuat tekan beton yang disyaratkan sesuai dengan persyaratan perencanaan dan kondisi setempat pada umur 28 hari, yaitu kuat tekan

beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5%. Kuat tekan yang direncanakan pada penelitian ini yaitu 25 MPa. Berikut ini merupakan mutu beton dan penggunaannya :

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaannya

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, gelagar beton prategang, pelat 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 beton siklop, trotoar, pasangan batu.
	10 ≤ 15	K125 ≤ K175	Umumnya sebagai lantai kerja, penimbunan kembali beton.

F'c :berdasarkan benda uji silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm

σ'_{bk} :berdasarkan benda uji kubus 150 × 150 × 150 mm

Sumber : Spesifikasi umum 2018

2.2.2 Jenis Beton

Pada umumnya, bahan penyusun beton terdiri dari air, udara, agregat halus dan agregat kasar. Setiap masing-masing penyusunnya memiliki proporsi atau jumlah

yang berbeda-beda. Sedangkan jenis beton dibagi dalam empat jenis beton diantaranya :

1. Beton ringan adalah beton yang berat jenisnya dibawah 1800 kg/m^3 , dipakai untuk elemen non struktural.
2. Beton Normal adalah beton yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3 dipakai pada hampir semua struktural bangunan.
3. Beton Berat adalah beton yang memiliki berat jenis diatas 3200 kg/m^3 , dipakai untuk struktur tertentu, misalnya struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.
4. Beton jenis lain adalah beton massa (*mass concrete*), ferosemen (*ferocement*), beton serat (*fiber concrete*), beton siklop, beton hampa, beton ekspose.

2.3 Keunggulan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan yang mengeras beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar beton dapat dijadikan bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, umpamanya diekspose agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk bertekstur seni tinggi diletakan dibagian luar, sehingga Nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan api seperti yang telah disebutkan diatas, beton juga tahan terhadap serangan korosi. Secara umum keunggulan dan kekurangan beton adalah:

2.3.1 Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diartikan bahwa struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain, secara lebih rinci sifatnya adalah :

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar.
Agregat air pada umumnya bisa didapat dari lokal setempat, Semen pada umumnya juga dapat dibuat pada daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa

didapat didalam negeri, bahkan bisa setempat. Bahan termahal adalah semen yang bisa diproduksi didalam negeri.

2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).

Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, fondasi, jalan, landasan Bandar udara. Beton ringan bisa digunakan untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa untuk keperluan dekoratif. Beton bertulang juga bisa digunakan untuk berbagai struktur yang lebih berat seperti jembatan, gedung, tendon air dan bangunan maritim.

3. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*).

Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar. Dari cara sederhana yang tidak memerlukan ahli khusus kecuali beberapa pengawas yang sudah mempelajari teknologi beton.

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.

2.3.2 Kekurangan Beton dan Cara Mengatasinya

Disamping segala keunggulan diatas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan diantaranya :

1. Berat sendiri beton yang besar sekitar 2400 kg/m^3 .
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.
4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

Meskipun demikian beberapa kelemahan beton tersebut dapat diatasi dengan berbagai cara diantaranya :

1. Untuk elemen struktural, membuat beton mutu tinggi, beton pratekan atau keduanya, sedangkan untuk elemen non struktural dapat memakai beton ringan.
2. Memakai beton bertulang atau beton pratekan.
3. Melakukan perawatan (*curing*) yang baik untuk mencegah terjadinya retak. Memakai beton pratekan, atau memakai beton tambahan yang mengembang (*expansive admixtures*).
4. Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan control kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (*ready mix*) atau beton pracetak.
5. Beberapa elemen struktur dibuat pracetak (*precast*) sehingga dapat dilepas per elemen seperti baja dan kemungkinan untuk melakukan beton *recycle* sedang dioptimalkan.

2.4 Sifat dan Karakteristik Beton

Perancangan komposisi bahan pembentuk beton adalah penentu kualitas beton, yang berarti kualitas sistem struktur total. Tidak hanya bahannya yang harus baik, tetapi juga keseragamannya harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton. Karakteristik beton yang baik disimpulkan sebagai berikut.

2.4.1 Kepadatan

Ruang yang ada pada beton sebisa mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen. Kepadatan bisa saja termasuk kriteria primer untuk beton yang dipakai pada radiasi nuklir.

2.4.2 Kekuatan

Beton harus mempunyai kekuatan dan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan.

2.4.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton yang direncanakan. Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen :

$$FAS = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$

2.4.4 Tekstur

Permukaan beton ekspos harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.

2.4.5 Parameter-Parameter yang mempengaruhi Kualitas Beton

Parameter-parameter yang paling penting adalah :

1. Kualitas Semen.
2. Proporsi Semen terhadap air dalam campurannya.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau adesi antara pasta semen dan agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
6. Penempatan yang benar, penyelesaian, dan kompaksi beton segar.
7. Perawatan pada temperature yang tidak lebih rendah dari 50° pada saat beton hendak mencapai kekuatannya.
8. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspose dan 1% untuk beton terlindung.

2.4.6 Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* diartikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan akibat tambahan beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak ini timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Nilai rangkak untuk beton mutu tinggi lebih kecil dibandingkan dengan beton mutu rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rangkak dan susut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat),
2. Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement ratio*),

3. Suhu pada saat pengerasan (*temperature*),
4. Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*),
5. Umur beton pada saat beban bekerja,
6. Nilai slump (*slump test*),
7. Lama pembebanan,
8. Nilai Tegangan,
9. Nilai rasio komponen permukaan struktur.

2.4.7 Berat Jenis Beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis antara 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara, maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0.

Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Beberapa Jenis Beton menurut berat jenis dan pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1,00	Non struktur
Beton Ringan	1,00-2,00	Struktur Ringan
Beton Normal	2,30 – 2,50	Struktur
Beton Berat	>3,00	Perisai Sinar X

Sumber: Tjokrodinuljo 1998.

2.5 Bahan Pembentuk Beton

Dalam pembentuk Beton, kualitas beton dapat ditentukan dengan pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan dosis optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen,

agregat, air dan biasanya dengan bahan tambah untuk mendapatkan kualitas beton yang bagus.

2.5.1 Semen Portland

Semen portland adalah 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 (SNI 2049-2015)

Semen portland adalah material halus yang terdiri dari bahan-bahan campuran utama seperti kapur, silica, aluminium, besi, dan gypsum. Semen disebut juga bahan pengikat hidrolis karena jika semen berhubungan dengan air akan menjadi bahan campuran yang aktif secara kimiawi. Dalam campuran beton, pasta terbuat dari campuran semen dan air kemudian akan mengeras, dan dalam keadaan terikat agregat akan menghasilkan beton yang keras dan kuat. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton, penyesuaian harus dilakukan terhadap rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Oleh karena itu, meskipun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, tetapi sangatlah penting karena berperan sebagai pengikat.

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 60%-65%, silica (SiO₂) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7%-12%. Sifat-sifat semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia.

2.5.1.1 Sifat Fisika Semen

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, panas hidrasi, perubahan volume (kekalan) dan kekuatan tekan.

1. Kehalusan semen

Semen portland harus digiling sedemikian rupa sehingga luas permukaan butirnya spesifik, tiap gramnya lebih dari 2800 cm² dan tiap gramnya seberat 280 m²kg⁻¹, dan harus lolos saringan 90 mikron. Kehalusan butir ini berhubungan erat dengan proses hidrasi. Makin halus semen, makin cepat

reaksinya. Demikian pula sebaliknya. Kehalusan semen portland di Indonesia pada umumnya berkisar antara 300-350 m^2kg^{-1} .

2. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua yaitu :

- a. Waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen yang mulai kaku dan mulai tidak dapat dikerjakan (kehilangan sebagian sifat plastisnya). Waktu pengikatan awal berkisar 1-2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam. Waktu ini sangat penting pada kontrol pekerjaan beton. Untuk kasus-kasus tertentu, diperlukan untuk transportasi (*hauling*), penuangan (*dumping/pouring*), pemadatan (*vibrating*) dan penyelesaian (*finishing*).
- b. Waktu ikatan akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Waktu pengikatan akhir tidak boleh lebih dari 8 jam.

Proses ikatan disertai perubahan suhu yang dimulai terjadi sejak ikatan awal dan mencapai puncaknya pada waktu berakhirnya ikatan akhir. Waktu ikatan akan memendek karena naiknya suhu sebesar 30° C atau lebih. Waktu ikatan ini sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai dan oleh lingkungan sekitarnya. Pengikatan semu diukur dengan alat "Vicat" atau "Gilmore". Pengikatan semu untuk persentase penetrasi akhir minimum pada semua jenis semen adalah 50%.

3. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Pada pelaksanaan, perkembangan panas ini menimbulkan retakan pada saat

pendinginan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan (*curing*) pada saat pelaksanaan.

4. Perubahan volume (kekalan)

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campuran dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidakkekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesia yang terdapat dalam campuran tersebut. Alat uji untuk menentukan nilai kekalan semen portland adalah menggunakan cara ASTM “*Autoclave Expansion of Portland Cement*”.

5. Kekuatan tekan

Kekuatan tekan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Bila memperhatikan kuat tekan mortar ini akan jelas terlihat lambat atau cepatnya, perkembangan kekuatan semen terhadap umurnya.

2.5.1.2 Sifat Kimia Semen

Sifat-sifat kimia semen meliputi senyawa kimia dan sifat kimia.

1. Senyawa kimia

Secara garis besar, ada empat senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_3S .
- b. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C_2S .
- c. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
- d. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

2. Sifat kimia

Sifat kimia semen meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut, dan yang paling utama adalah komposisi syarat yang diberikan.

- a. Kesegaran semen, kehilangan berat dari semen merupakan ukuran dari kesegaran semen. Pemeriksaan kesegaran semen dilakukan dengan cara

mengambil satu gram semen dan menempatkannya dalam platina bertemperatur 900^o-1000^o C, selama 5 menit. Dalam keadaan normal, akan terjadi kehilangan berat sekitar 2% (batas maksimum 4%).

- b. Sifat yang tak larut, sisa bahan yang tak habis bereaksi adalah sisa bahan tak aktif yang terdapat pada semen. Semakin sedikit sisa bahan ini, semakin baik kualitas semen. Jumlah maksimum sisa tak larut yang dipersyaratkan adalah 0,85%.
- c. Panas hidrasi semen, hidrasi terjadi jika semen bersentuhan dengan air. Proses hidrasi terjadi dengan arah kedalam dan keluar. Maksudnya, hasil hidrasi mengendap di bagian luar, semen bagian dalam belum terhidrasi secara bertahap akan terhidrasi sehingga volumenya mengecil (susut). Reaksi ini berlangsung lambat (sekitar 2-8 jam) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah.
- d. Kekuatan pasta semen, banyaknya air yang dipakai selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan beton jadi. Pada dasarnya jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi tersebut adalah sekitar 25% dari berat semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25%, maka kelecakan atau kemudahan dalam pengerjaan tidak dapat dicapai. Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan ke dalam campuran semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai.

2.5.1.3 Jenis-jenis Semen

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama, semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Menurut SNI 2049-2015 membagi semen portland menjadi :

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.5.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar. Agregat terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah atau pecahan dari blast furnace)
2. Agregat halus (pasir alami atau batuan)

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak didalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton. Dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

2.5.2.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm. (SNI 03-2834-2000)

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir dengan ukuran yang bervariasi. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel

yang lebih halus, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan. Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus.

2.5.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. (SNI 03-2834-2000).

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap desintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan sel semen. Jenis-jenis agregat kasar yang umum yaitu :

1. Batu pecah alami

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

2. Kerikil alami

Kerikil ini didapat dari proses alami yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dari batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

3. Agregat kasar buatan

Kemungkinan pemakaian benda limbah padat buangan sebagai bahan pengganti akhir-akhir ini banyak dibicarakan. Hal ini sebenarnya bukan konsep yang baru. Limbah padat ini dapat berupa kaleng-kaleng bekas, bahan-bahan bekas bongkaran bangunan maupun sampah padat dari hasil limbah industri maupun limbah rumah tangga. Sebelum barang ini dipakai sebaiknya ditinjau aspek ekonomi keuntungan penggunaan bahan-bahan ini

dibandingkan dengan pemakaian agregat alami. Harus pula dipertimbangkan aspek teknisnya, yang meliputi pengerjaan dan kekuatan beton yang akan dihasilkan.

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat

Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan disini, misalnya batu pecah, barit, magnetik dan limonit. Sifat-sifat beton penahan radiasi yang berbobot berat ini bergantung pada kerapatan, hampir tidak bergantung pada seklor air sampai semennya. Dalam hal demikian, kerapatan yang tinggi merupakan satu-satunya kriteria disamping kerapatan dan kekuatannya.

Sifat-sifat agregat kasar juga mempengaruhi lekatan antara agregat, mortar dan kebutuhan air pencampur. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki potensial untuk menghasilkan beton yang memiliki kekuatan yang tinggi.

2.5.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan dapat menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan

proses hidrasi yang tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

2.5.3.1 Sumber-Sumber Air

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut merupakan air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Berikut sumber-sumber air yang ada adalah sebagai berikut (Tri Mulyono, 2019):

1. Air yang terdapat di udara

Air yang terdapat di udara atau air atmosfer adalah air yang terdapat di awan kemungkinan air ini sangat tinggi. Sayangnya hingga sekarang belum ada teknologi untuk mendapatkan air atmosfer ini secara mudah. Air yang terdapat dalam atmosfer ini kondisinya sama dengan air suling, sehingga sangat mungkin untuk mendapatkan beton yang baik dengan air ini.

2. Air Hujan

Air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara ketika jatuh ke bumi. Udara terdiri dari komponen-komponen utama yaitu zat asam atau oksigen, nitrogen dan karbondioksida. Bahan-bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terbentuk akibat peristiwa kondensasi.

3. Air Tanah

Air tanah terutama terdiri dari unsur kation dan anion, pada kadar yang lebih rendah, terdapat juga unsur Fe, Mn, Al, B, F dan Se. disamping itu air tanah juga menyerap gas-gas serta bahan-bahan organik.

4. Air Permukaan

Air permukaan dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan dan air *reservoir*. Erosi yang disebabkan oleh aliran air permukaan, membawa serta bahan-bahan organik dan mineral-mineral. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai bahan campuran beton asal tidak tercemar oleh air buangan industri. Air rawa-rawa atau air genangan tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, kecuali setelah melalui pengujian kualitas air.

5. Air Laut

Air laut yang mengandung 30.000 – 36.000 mg garam per liter (3%-3,6%) pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran untuk beton tidak bertulang, beton pra-tegang dan beton pra-tekan atau dengan kata lain untuk beton-beton mutu tinggi.

2.6 Bahan Tambahan

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminologi Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

2.6.1 Jenis Bahan Tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah admixture ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

Bahan tambah ini biasanya merupakan bahan tambah kimia yang dimaksud lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah aditif adalah bahan tambah

yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

2.6.2 Cangkang Kerang Laut

Kerang adalah hewan liar yang termasuk hewan bertubuh lunak (*Moluska*) dan termasuk ke kelas Bivalva yang memiliki sepasang cangkang (Bivalva yang berarti dua cangkang). Nama lainnya adalah *Lamellibranchia*, *Pelecypoda*, atau *Bivalve*. Dalam pengertian paling luas, kerang merupakan semua moluska dengan sepasang cangkang. Kata kerang dapat pula diartikan semua kerang-kerangan yang hidupnya menempel pada semua objek. Kedalamanya termasuk jenis-jenis yang dapat dimakan, seperti kerang darah dan kerang hijau sejenis kerang budidaya yang umum dijumpai diwilayah Indo-Pasifik dan banyak dijual diwarung atau rumah makan yang menjual hasil laut.

Cangkang kerang terbagi dalam dua belahan yang diikat oleh ligmen sebagai pengikat yang kuat dan elastis. Ligmen ini biasanya selalu terbuka, apabila diganggu maka akan menutup. Penggunaan cangkang kerang sebagai bahan campuran atau bahan tambah pada beton dapat dilakukan dengan menghancurkan kerang untuk dijadikan bahan tambah agregat dan bisa dengan cara menghancurkan kerang hingga menjadi serbuk sebagai bahan tambah semen.

Cangkang kerang adalah bahan sumber mineral yang pada umumnya berasal dari hewan laut berupa kerang yang telah mengalami penggilingan dan mempunyai karbonat tinggi. Kandungan kalsium dalam cangkang kerang adalah 28%. Komposisi kimia serbuk kulit kerang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.3 Komposisi kimia serbuk cangkang kerang

Komponen	Kadar (% Berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

Sumber : Setyaningrum 2009

Berdasarkan Tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa kandungan komposisi kimia dalam serbuk cangkang kerang hampir sama dengan kandungan komposisi kimia yang terkandung dalam semen. Dan diharapkan penambahan serbuk cangkang kerang yang homogen akan menjadikan campuran beton yang lebih reaktif.

2.6.2.1 Jenis Kerang

Kerang merupakan sumber bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, karena mengandung protein dan lemak. Jenis kerang yang sering menjadi olahan masyarakat, yaitu Kerang Hijau (*Mytilus Viridis*). Kerang hijau hidup di laut tropis seperti Indonesia, terutama di perairan pantai dan melekatkan diri secara tetap pada benda-benda keras yang ada disekelilingnya. Kerang ini tidak mati walaupun tidak terendam selama air laut surut. Kerang hijau termasuk binatang lunak, mempunyai dua cangkang yang simetris, kakinya berbentuk kapak, insangnya berlapislapis satu dengan lainnya dihubungkan dengan cilia.

Habitat kerang hijau belum diketahui secara merata di perairan Indonesia, namun dapat dicatat karakteristik perairan yang sesuai bagi budidaya kerang hijau antara lain suhu perairan berkisar antara 27°C – 37°C, pH air antara 3 – 4 , arus air dan angin tidak terlalu kuat dan umumnya pada kedalaman air antara 10 m-20 m. Laju pertumbuhan kerang hijau berkisar 0,7-1,0 cm/ bulan. Ukuran konsumsi yang panjangnya sekitar 6 cm dicapai dalam waktu 6-7 bulan. Gambar Kerang Hijau dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Kerang hijau

Komposisi kimia Abu Cangkang Kerang Hijau dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Komposisi kimia Abu Cangkang Kerang Hijau

Komponen	Kerang Hijau (%)
SiO ₂	0,7
Al ₂ O ₃	0,1
Fe ₂ O ₃	0,0
CaO	53,3
MgO	0,0
K ₂ O	0,0
Na ₂ O	0,4
SO ₃	0,3
Cl	0,0
SO ₄	0,1
CaCO ₃	95,6

Sumber : Elfarisna 2023

Berdasarkan tabel diatas bahwa senyawa yang terkandung pada abu cangkang kerang hijau memiliki senyawa yang terkandung dalam semen maka abu cangkang kerang hijau dapat digunakan sebagai bahan tambah semen.

2.7 Uji Propertis Bahan Campuran Beton

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk memahami sifat-sifat dan karakteristik bahan-bahan tersebut serta untuk menganalisis dampaknya terhadap sifat dan karakteristik beton yang dihasilkan, baik pada kondisi beton segar, beton muda maupun beton yang telah mengeras. Pengujian dilakukan menggunakan alat yang telah tersedia dilaboratorium. Pengujian bahan ini meliputi pemeriksaan agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambah lainnya.

2.7.1 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4. Agregat harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering kuat, awet

dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut:

2.7.1.1 Pengujian Berat isi

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat isi Agregat B} = \frac{W^3}{V} \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A-W)-B}{(A \times B)} \times 100$$

Keterangan :

V = Isi wadah (dm³)

A = *Bulk specific gravity* agregat (kg/dm³)

B = Berat isi agregat (kg/dm³)

W = Berat isi air (kg/dm³)

2.7.1.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini dimaksudkan untuk menentukan kandungan air agregat yang ada didalamnya. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton, adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

Keterangan :

W3 = Berat contoh semula (gram)

W5 = Berat contoh kering (gram)

2.7.1.3 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar spesifikasi umum 2018. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat

kasar dengan menggunakan saringan. Hasil ini harus memenuhi persyaratan yang tercantum sebagai berikut :

Tabel 2.4 Gradasi kombinasi agregat kasar

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat					
ASTM	(mm)	Halus	Kasar				
			Ukuran Nominal maksimum 37,5 mm	Ukuran Nominal maksimum 25 mm	Ukuran Nominal maksimum 19 mm	Ukuran Nominal maksimum 12,5 mm	Ukuran Nominal maksimum 9,5 mm
2"	50,8	-	100	-	-	-	-
1 ½"	38,1	-	90 - 100	100	-	-	-
1"	25,4	-	-	95 - 100	100	-	-
¾"	19	-	35 - 70	-	90 - 100	100	-
½"	12,7	-	-	25 - 60	-	90 - 100	100
⅜"	9,5	100	10 - 30	-	30 - 65	40 - 75	90 - 100
No.4	4,75	95 - 100	0 - 5	0 - 10	5 - 25	5 - 25	20 - 55
No.8	2,36	80 - 100	-	0 - 5	0 - 10	0 - 10	5 - 30
No.16	1,18	50 - 85	-	-	0 - 5	0 - 5	0 - 10
No.50	0,300	10 - 30	-	-	-	-	0 - 5
No.100	0,150	2 - 10	-	-	-	-	-

2.7.1.4 Pengujian Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen dapat dipisahkan.

2.7.1.5 Berat Jenis Penyerapan Air (Absorsi)

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan bulk dan *apparent gravity* dan absorpsi dari agregat kasar. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan absorpsi air adalah:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{BK}{Bj - Ba}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bk - Ba}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Ba} \times 100\%$$

Keterangan:

Bk : Berat benda uji kering oven (gram)

B_j : Berat benda uji kering permukaan (gram)

B_a : Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2.7.1.6 Pengujian Jumlah Bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200

Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan no. 200 sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jenuh. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200, sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan adalah :

1. Berat kering benda uji awal : $W_3 = W_1 - W_2$
2. Berat kering benda uji sesudah pencucian : $W_5 = W_4 - W_2$
3. Bahan lolos saringan no. 200 :

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$$

Keterangan :

W_1 = Berat Kering benda uji + wadah (gram)

W_2 = Berat wadah (gram)

W_3 = Berat kering benda uji awal (gram)

W_4 = Berat Kering uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W_5 = Berat Kering Benda uji sesudah pencucian (gram)

W_6 = % bahan lolos saringan no. 200

2.7.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut:

2.7.2.1 Pengujian Berat isi

Pengujian berat isi adalah untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat halus. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat isi Agregat B} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/dm}^3\text{)}$$

$$\text{Rongga udara} = \frac{(A-W)-B}{(A \times B)} \times 100$$

Keterangan :

V = Isi wadah (dm³)

A = *Bulk specific gravity* agregat (kg/dm³)

B = Berat isi agregat (kg/dm³)

W = Berat isi air (kg/dm³)

2.7.2.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

Keterangan :

W3 = Berat contoh semula (gram)

W5 = Berat contoh kering (gram)

2.7.2.3 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan, Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang akan digunakan pengujian.

Pengujian analisa saringan dilakukan dengan menggunakan dua buah benda uji, dengan hasil yang telah ditampilkan sebelumnya. Selain untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus, analisa saringan juga berguna untuk mencari besarnya nilai *finnes modulus*, nilai *finnes modulus* adalah nilai yang digunakan pada perhitungan rancang campur, namun nilai ini tidak dapat menggambarkan sebaran

ukuran butiran agregat, sehingga antara gradasi agregat dan finnes modulus merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

2.7.2.4 Berat Jenis dan penyerapan air absorpsi

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, SSD, dan *apparent* dari agregat halus, disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorpsi dari agregat halus.

Pada tahapan rancang campuran, berat jenis yang akan digunakan adalah berat jenis yang akan digunakan adalah berat jenis SSD, karena pada kondisi ini akan sama dengan kondisi agregat pada saat pengecoran beton. Kondisi SSD digunakan karena pada kondisi ini kandungan air pada agregat jenuh (mengisi seluruh pori-pori) namun air tidak ada yang berada diantara butiran agregat, sehingga pada saat pengecoran air yang digunakan tidak lagi diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antar butiran agregat.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) air adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis permukaan kering jenuh} = \frac{B_a}{B+B_a-B_t}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B+B_k-B_t}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_a-B_k}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

B_k = Berat Benda uji kering oven (gram)

B = Berat Piknometer berisi air (gram)

B_t = Berat Piknometer berisi benda uji dan air (gram)

B_a = Berat Benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2.7.2.5 Pengujian Gumpalan Lempung

Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

halus maupun kasar, sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pelaksana pembangunan jalan.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{(W-R)}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

P = gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

W = berat Benda uji (gram);

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

2.7.2.6 Pengujian Jumlah bahan yang lolos saringan No.200

Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan No. 200 sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jenuh. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200, sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan adalah :

1. Berat kering benda uji awal : $W_3 = W_1 - W_2$
2. Berat kering benda uji sesudah pencucian : $W_5 = W_4 - W_2$
3. Bahan lolos saringan no. 200 :

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$$

Keterangan :

W_1 = Berat Kering benda uji + wadah (gram)

W_2 = Berat wadah (gram)

W_3 = Berat kering benda uji awal (gram)

W_4 = Berat Kering uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W_5 = Berat Kering Benda uji sesudah pencucian (gram)

W_6 = % bahan lolos saringan no. 200

2.8 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan untuk menerima gaya persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang biasa digunakan yaitu berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 30 mm, diameter 150 mm. kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tekanan tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang dipakai benda uji pada umur 28 hari akibat benda tekan selama percobaan. Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus:

$$(f'c) = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

Keterangan :

- $F'c$ = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban tekan maksimum (N)
- A = Luas penampang tertekan mm^2

Kuat tekan beton (normal) naik secara cepat sampai umur 28 hari. Seterusnya kenaikan kuat tekan berlangsung lambat dalam hitungan bulan atau tahun. Sehingga pada umumnya leluatan beton dipakai sebagai acuan pada umur 28 hari. Kuat tekan beton pada umur 7 hari sekitar 70% terhadap umur beton 28 hari. Sedangkan kuat tekan beton pada umur 14 hari sekitar 80% terhadap beton umur 28 hari.

Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat karena agregat mencapai 70-80% volume beton. Oleh karena itu, kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah permukaan dan bentuk agregat, gradasi agregat dan umuran maksimum agregat. Apabila dalam pengujian kuat tekan beton mencapai yang telah ditargetkan, maka beton tersebut memenuhi dan mampu memberikan informasi yang cukup.

2.8.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor. Selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor penting lainnya sebagai berikut:

1. Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Kekuatan dan kebersihan agregat yang digunakan dalam pencampuran beton.
3. Pencampuran yang tepat dari bahan pembentuk beton
4. Ketepatan dalam pemadatan beton memiliki pengaruh yang signifikan pada kekuatan beton sebagai hasil akhir dari pengecoran.
5. Efisiensi dan perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji. Kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Hal ini dilakukan dengan menjaga kelembaban dan suhu yang sesuai agar beton terhidrasi dengan tepat sesuai dengan mutu yang diinginkan.
6. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

2.8.2 Perhitungan kuat tekan beton

Berdasarkan kuat tekannya, beton dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya :

1. Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur, misalnya dinding bukan penahan beton.
2. Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa kuat tekan minimum 20 MPa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya.
3. Beton Prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan dilentur dahulu sebelum diberi beban.
4. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus, misalnya pada gedung bertingkat banyak.

Tabel 2.5 Jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana (Plain Concrete)	Sampai 10 MPa
Beton Normal	10-30 MPa
Beton Prategang	30-40 MPa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 MPa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa

Sumber: Tjokrodinuljo 2007

2.9 Campuran Beton Optimal

Campuran beton yang optimal adalah campuran beton rencana yang menghasilkan kekuatan tertinggi diantara campuran beton yang lainnya. Campuran beton optimal harus memenuhi unsur workabilitas.

Workabilitas adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak, dan dipadatkan. Menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Beberapa parameter untuk mengetahui workabilitas beton segar adalah:

1. *Compactible* adalah kemudahan beton untuk dipadatkan dengan baik. Pemadatan bertujuan untuk mengurangi rongga-rongga udara yang terjebak didalam beton sehingga diperoleh susunan yang padat dan memperkuat ikatan antara partikel beton.
2. *Mobilitas* adalah kemudahan beton untuk mengalir atau dituang dalam cetakan dan dibentuk
3. *Stabilitas* adalah kemampuan beton untuk tetap stabil, homogen selama pencampuran, serta tidak terjadi segregasi dalam *bleeding*.