

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Miswar (2011), melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur air campuran terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi air semen dan suhu terhadap kuat tekan beton dengan beberapa level suhu yaitu suhu normal (24°C), 50°C, 75°C, dan 100°C. Faktor air semen (FAS) yang digunakan 0,45 dan 0,55. Objek uji pada penelitian ini adalah selinder beton standar dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada 24 sampel ini. Penelitian ini mengevaluasi kemerosotan mortar dan kuat tekan beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio degradasi menilai kemerosotan maksimum untuk FAS 0,45 dan FAS 0,55 adalah 80,64% dan 90,33%. Hal ini terjadi ketika campuran beton dengan suhu air 100°C. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa campuran beton dengan suhu air normal (24°C) kekuatan tekanan maksimum adalah 33,83 MPa untuk FAS 0,45 dan 20,80 MPa untuk FAS 0,55.

Kullit, dkk (2013), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi suhu pada perawatan *elevated temperature* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi suhu pada perawatan *elevated temperature* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, juga untuk melihat perilaku kuat tekan dan kuat tarik belah beton menurut umur beton. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton terhadap benda uji silinder 10/20 cm yang dirawat dengan perawatan *elevated temperature* dengan 3 variasi suhu yaitu 40°C, 50°C dan 60°C. Berdasarkan perawatan yang dilakukan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang dihasilkan pada umur muda beton akan semakin tinggi sedangkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang dihasilkan pada umur 28 hari akan semakin rendah.

Aiyub (2013), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi suhu terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar

pengaruh variasi air pencampuran kuat tekan masing – masing suhu air melalui proses hidrasi semen dengan menggunakan variasi air dingin yang berbeda untuk campuran beton. penelitian ini menggunakan campuran beton air dingin dengan suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C terhadap FAS 0,5 dan nilai *slump* yang digunakan 75-100 mm. Penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm sebanyak 30 buah mutu beton yang digunakan 22,5 MPa, dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan pada umur 7 hari dengan suhu air 5°C: 4,80 MPa, 10°C: 13,09 MPa, 15°C: 15,71 MPa, 20°C: 19,72 MPa. 14 hari dengan suhu air 5 °C: 9,93 MPa, 10°C: 15,51 MPa, 15°C: 17,40 MPa, 20°C: 19,67 MPa . Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari suhu air 5 °C: 12,67 MPa, 10°C: 17,21 MPa, 15°C: 19,48 MPa, 20°C: 21,55 MPa. Sedangkan untuk suhu normal 26 °C kuat tekan 23,56 MPa. Jadi kuat tekan beton ada pengaruhnya bila dipakai air dingin pada campuran beton pada grafik menunjukkan bahwa air makin dingin kuat tekan beton makin rendah.

Junaid, dkk (2014), melakukan penelitian tentang studi kekuatan beton yang menggunakan air laut sebagai air pencampur pada daerah pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan air laut pada daerah pasang surut. Beton silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Jumlah benda uji masing-masing 24 buah untuk beton yang menggunakan air laut dan beton yang menggunakan air tawar. Perawatan benda uji masing-masing terbagi menjadi empat variasi, yaitu pertama (beton air tawar) dilakukan *curing* air tawar sedangkan variasi kedua (beton air laut) dilakukan *curing* air laut. Untuk variasi ketiga (beton air laut) dan variasi keempat (beton air tawar) dilakukan *wet and dry curing* dengan menggunakan air laut. *Wet and dry curing* yang dimaksud adalah dua hari perendaman dalam air laut kemudian disimpan pada tempat kering (suhu ruang) selama lima hari, dengan perendaman umur 3, 14, 28 dan 91 hari. Hasil penelitian menunjukkan beton air laut dengan *curing* basah air laut, menunjukkan nilai kuat tekan yang sama dengan beton air tawar dengan *curing* basah air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 0,9% dari kuat tekan beton air tawar umur 28 hari. Sedangkan pada pengujian dengan *curing* kering-basah air laut, nilai kuat tekan pada beton air laut menunjukkan nilai yang lebih tinggi

dibandingkan beton air tawar. Peningkatan kuat tekannya sebesar 2,75% dari kuat tekan beton air tawar dengan perawatan sama. Secara umum, beton dengan *curing* basah menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan *curing* kering-basah (daerah pasang surut) menggunakan air laut. Penurunan kuat tekan beton air laut mencapai 4,09% dan kuat tekan beton air tawar mencapai 6,73% dari beton biasa.

Sari, dkk (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah semen dan FAS terhadap kuat tekan beton dengan agregat yang berasal dari sungai. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan proporsi campuran yang memberikan kekuatan tekan optimum serta mempelajari bagaimana pengaruh variasi Faktor Air Semen (FAS) dan jumlah semen terhadap kuat tekan beton. Benda uji yang dibuat adalah kubus yang berukuran 150 x 150 x 150 mm dengan variasi Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,4, 0,5 dan 0,6. Sedangkan proporsi jumlah semen bervariasi dari 350 kg, 400 kg, 450 kg, dan 500 kg. Benda uji kubus diuji dengan beban tekan pada saat berumur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Faktor Air Semen (FAS) optimum berada pada FAS 0,4 dan dengan jumlah semen 350kg, yaitu sebesar 37,05 MPa. Kuat tekan tersebut memenuhi persyaratan beton mutu normal dengan nilai kuat tekan kurang dari 42 MPa pada umur 28 hari.

Mulyono dan Prayitno (2015), melakukan penelitian tentang studi pengaruh penggunaan air payau dalam *mix design* beton untuk pembuatan konstruksi dermaga akibat rendaman air laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kuat tekan beton dengan variabel campuran air bersih dan air payau, untuk mengetahui kuat tekan beton dengan variabel campuran air bersih dan air payau pada umur beton 28 hari. Untuk mengetahui kuat tekan beton dengan variabel campuran air bersih dan air payau pada umur beton 56 hari, untuk mengetahui persentase perbedaan kuat tekan beton dengan variabel campuran. Dalam penelitian ini akan diuji penggunaan masing-masing variabel, penggunaan air PDAM dan air payau pada campuran beton dengan rendaman air laut dan diuji kuat tekannya pada umur beton 28 hari dan 56 hari, pada mutu beton rencana K-250 menggunakan benda uji beton kubus. Hasil penelitian diantaranya yaitu: penggunaan air payau

hasil uji lebih tinggi 1,92% dibandingkan dengan kuat tekan rencana, sementara penggunaan air PDAM hasil uji lebih rendah 1.3% dari kuat tekan rencana pada umur 28 hari. Pada beton uji umur 56 hari penggunaan air PDAM hasil uji lebih tinggi 5,55% dibandingkan dengan kuat tekan rencana, sementara pada beton campuran air payau hasil uji mengalami penurunan atau lebih rendah 13,48% dari kuat tekan rencana. Perbandingan nilai kuat tekan yang didapat pada beton campuran air PDAM kuat tekannya mempunyai trend meningkat, sementara beton campuran air payau mempunyai trend menurun.

Sumarno (2018), melakukan penelitian tentang analisis pengaruh temperatur tinggi terhadap kuat tekan beton yang menggunakan air laut dan bahan tambah *Superplasticizer*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh air laut sebagai pengganti air tawar dan penggunaan *Superplasticizer* pada beton air laut terhadap kuat tekan beton normal serta mempelajari seberapa besar pengaruh temperatur tinggi terhadap kuat tekan beton pasca bakar. Penelitian ini adalah studi eksperimen dengan melakukan percobaan langsung dilaboratorium. Benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 44 buah dengan rincian 26 buah untuk beton normal (BN), 9 buah beton untuk material air laut (BL), dan 9 buah untuk beton air laut + *Superplasticizer* (BSP). Variasi pembakaran pada suhu ruang (29°C), 300°C dan 500°C dengan waktu 1 jam pada umur 28 hari kemudian diuji kuat tekannya. Kuat tekan rencana 20 Mpa, *Superplasticizer* yang digunakan adalah *Sikament LN* dengan dosis 0,8% dari berat semen dan perawatan benda uji dengan curing air tawar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan material air laut (BL) dengan variasi suhu pemanasan suhu ruang 300⁰ C dan 500⁰ C mengalami penurunan terhadap beton normal (BN) berturut-turut sebesar 18,42%, 10,95% dan 5,03%. Kuat tekan beton yang menggunakan material air laut + bahan tambah *Superplasticizer* (BSP) dengan variasi suhu ruang dari 300⁰ C mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton normal (BN) berturut-turut sebesar 16,28% dan 8,81% sedangkan pada suhu 500⁰C mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,03%. Beton yang telah mengalami perlakuan panas/bakar pada suhu 300⁰ c dan 500⁰ C selama 1 jam menunjukkan penurunan kekuatan tekan

untuk beton normal (BN) berturut-turut sebesar 15,56% dan 29,77% untuk beton material air laut (BL) berturut-turut sebesar 7,83% dan 18,25% . dan beton air laut + bahan tambah *Superplasticizer* (BSP) berturut-turut sebesar 8,04% dan 14,41%. hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka kekuatan beton semakin rendah.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton Normal

Menurut Tjokrodinuljo (2007), secara umum beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen *portland*, agregat halus dan agregat kasar yang bersifat keras seperti bebatuan. Beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan yang umumnya tersedia didekat lokasi pembangunan.
2. Bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
3. Kuat tekan cukup tinggi sehingga dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi).
4. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan.

Walaupun mempunyai kelebihan, namun beton juga mempunyai kekurangan sebagai berikut:

1. Bahan dasar penyusun beton (agregat halus maupun agregat kasar) bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.
2. Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga harus disesuaikan dengan bagian bangunan yang dibuat, cara perencanaan dan pelaksanaannya bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas/rapuh dan mudah retak.

2.2.2 Semen *Portland*

Menurut Tjokrodimuljo (2007), semen *portland* ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu [Speksifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), SK-SNI-S-04-1989-F].

Fungsi semen ialah untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat dan juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *portland* di Indonesia [Speksifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F] dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

1. Jenis I, semen *portland* untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II, semen *portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal tinggi.
4. Jenis IV, semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi rendah.
5. Jenis V, semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

Semen *portland* dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Susunan unsur semen *portland* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Susunan unsur semen *portland*

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

Semen menjadi kebutuhan penting untuk konstruksi yang kuat di era moderen ini. Semen diperlukan hampir di semua jenis konstruksi bangunan, mulai dari konstruksi umum hingga konstruksi khusus. Semen *portland* memiliki beberapa jenis yang diproduksi dan digunakan untuk keperluan yang berbeda-beda. Berikut ini jenis semen *portland* campuran yang digunakan untuk konstruksi beton berdasarkan tujuan penggunaannya.

1. Semen *Portland Komposit / Portland Composite Cement (PCC)*

Berdasarkan SNI 15-7064-2004, kegunaan semen *portland* komposit ini adalah sebagai bahan pengikat untuk konstruksi beton umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya. Karakteristik semen *portland* komposit lebih mudah dikerjakan, kedap air, tahan sulfat, dan tidak mudah retak. Material ini terdiri dari beberapa unsur diantaranya terak, gypsum, dan bahan anorganik.

2. Semen *Portland Pozzoland / Pozzolan Portland Cement (PPC)*

Berdasarkan SNI 15-0302-2004, kegunaan semen *portland* pozzoland cukup beragam berdasarkan keempat jenisnya yaitu IP-U (untuk semua pembuatan beton), IP-K (semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang), P-U (tidak disyaratkan kekuatan awal tinggi) dan P-K (tidak disyaratkan kekuatan awal tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah). Beberapa jenis bangunan yang menggunakan produk ini diantaranya perumahan, jalan raya, dermaga, irigasi, dan sebagainya. Semen ini merupakan pengikat hidrolis seperti halnya PCC namun terdiri dari campuran terak, gypsum, dan pozzolan.

3. Semen *Portland* Campur / *Mixed Portland Cement* (MPC)

Berdasarkan SNI 15-3500-2004, kegunaan semen *portland* campur untuk konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus dengan kuat tekan karakteristik (f_c) setinggi-tingginya 20 Mpa (200 kg/cm^2) pada umur 28 hari. Semen ini merupakan suatu bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama dari terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik yang bersifat tidak bereaksi (*inert*).

Semen *portland* komposit digunakan untuk konstruksi pada umumnya, hampir sama dengan semen portland jenis I. Semen *portland* komposit mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan semen *portland* jenis I, sehingga pengerjaan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton atau plester yang lebih rapat dan lebih halus. Selain itu, semen *portland* komposit lebih mudah didapatkan karena semen jenis ini paling banyak dijual pada toko bangunan di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, sehingga pada penelitian ini menggunakan semen *portland* komposit sebagai bahan utama pembuatan benda uji.

2.2.3 Air

Menurut Tjokrodimuljo (2007), air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dan dipadatkan).

Untuk bereaksi dengan semen *portland*, air yang diperlukan sekitar 25-30 persen saja dari berat semen, namun dalam kenyataannya jika nilai faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih dari 0,40 (berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen).

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

(Standar SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A).

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
3. Tidak mengandung garam-garam larut yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram per liter.

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedang dipandang.

2.2.4 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai pengisi, tetapi agregat kasar sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/beton. (Tjokrodimuljo, 2007).

1. Agregat berdasarkan ukuran butiran

Berdasarkan SNI-03-2834-1993, agregat dibedakan menjadi dua bagian,

 - a. Agregat Halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar No. 4 (5,00 mm).
 - b. Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara No. 4 (5,00 mm) – No. 1½ (40,00 mm).
2. Gradasi Agregat

Menurut Tjokrodimuljo, (2007) gradasi agregat ialah distribusi ukuran

butiran dari agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan itu ialah ayakan dengan lubang: 76 mm, 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,80 mm, 2,40 mm , 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, dan 0,15 mm. Gradasi agregat dibedakan atas sebagai berikut.

a. Gradasi agregat halus

Adapun batas-batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Batas-batas gradasi agregat halus

Ukuran saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan jenis agregat halus			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
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 : Tjokrodimuljo, 2007

b. Gradasi agregat kasar

Adapun batas-batas gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Batas-batas gradasi agregat kasar

Ukuran saringan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

c. Gradasi khusus

1) Gradasi sela

Gradasi sela didefinisikan sebagai suatu agregat dengan salah satu fraksi atau lebih yang berukuran tertentu tidak ada. Agregat dengan gradasi sela tidak tampak berpengaruh terhadap kuat tekan maupun kuat tarik betonnya.

2) Gradasi seragam

Agregat dengan gradasi seragam adalah agregat yang terdiri dari butiran-butiran yang sama besar. Suatu agregat seragam dengan ukuran 20 mm adalah agregat yang butir-butirnya lolos pada ayakan 20mm dan tertahan pada ayakan 10 mm.

3. Persyaratan Agregat

Menurut Standar SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) dalam Tjokrodimuljo (2007), agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Agregat halus

- 1) Butir-butirnya tajam, dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- 2) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.

- 3) Tidak mengandung lumpur (butir halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5 %.
- 4) Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar/pembanding.
- 5) Modulus halus butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 6) Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif terhadap alkali.
- 7) Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

b. Agregat kasar

- 1) Butir-butir kasar dan tidak berpori. Indeks kekerasan $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bajana Rudeloff atau Los Angeles.
- 2) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
- 4) Tidak boleh mengandung zat-zat reaktif terhadap alkali.
- 5) Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
- 6) Modulus halus butir antara 6-7,10 dan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 7) Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

2.2.5 Air Payau

Menurut Suprayogi (2006), Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut (air asin). Jika kadar garam yang dikandung dalam satu liter air adalah antara 0,5 sampai 30 gram, maka air ini disebut air payau. Namun jika konsentrasi garam melebihi 30 gram dalam satu liter air disebut air asin.

Menurut Neville (1981) dalam Mulyono dan Prayitno (2015), kerusakan beton di air laut/air payau disebabkan *khlorida* yang terkandung di air tersebut, yaitu NaCl dan MgCl, senyawa ini bila bertemu senyawa semen menyebabkan *gypsum* dan *kalsium sulphoaluminat (effinngite)* dalam semen mudah larut.

2.2.6 Pengaruh Temperatur Terhadap Mutu Beton

Pelaksanaan dilapangan, bahan campuran beton seperti air, agregat halus dan agregat kasar tidak diberi perlindungan dari panas matahari. Akibatnya temperatur bahan-bahan tersebut lebih tinggi beberapa derajat dibandingkan dengan bahan-bahan yang mendapat perlindungan. Temperatur bahan campuran yang tinggi akan menyebabkan temperatur campuran beton akan tinggi. Peningkatan temperatur beton segar juga dipengaruhi oleh jenis semen.

Menurut Miswar (2011), karena pengaruh kenaikan temperatur air campuran menyebabkan terjadi penurunan lekatan antara agregat dan pasta semen, yang ditandai dengan terjadinya retak-retak dan kerapuhan beton sehingga kekuatan beton menjadi kecil. Penelitian yang dilakukan oleh Park dan Paulay (1974) terhadap pasta semen menunjukkan bahwa kekuatan dan kualitas pasta semen dipengaruhi oleh temperatur dari pasta semen pada saat masih segar. Temperatur beton segar yang tinggi, jika tidak mendapatkan perlakuan khusus, dapat menyebabkan terjadinya internal crack, terlebih pada pengecoran bervolume besar. Hal ini disebabkan sifat beton yang tidak menghantar panas sehingga pada bagian tengahnya temperatur meningkat selama proses hidrasi berlangsung. Sedangkan pada bagian luar relatif rendah karena panas mudah terbebaskan ke udara sekitarnya.

Menurut Raju (1983) dalam Miswar (2011), internal crack akan terjadi jika terdapat perbedaan temperatur antar lapisan beton melebihi 20 °C.

Murdock dan Brook (1991) dalam Miswar (2011) menyebutkan bahwa pengembangan dan penyusutan temperatur tidak selalu seragam pada seluruh massa beton. Kombinasi kimiawi dari semen dan air diikuti pelepasan sejumlah panas dan hanya dapat lepas dengan cara konduksi pada permukaan luar beton. Hal ini berarti semakin besar massa beton, maka semakin besar temperatur dalam beton yang masih muda umurnya dibandingkan dengan temperatur pada permukaan luar. Konsekuensinya adalah jika perbedaan penyusutan karena temperatur maka akan menyebabkan terjadinya tegangan tarik yang disertai retak-retak pada beton. Peningkatan temperatur beton saat masih dalam keadaan segar disamping mempengaruhi kecepatan proses hidrasi juga akan mempengaruhi kecepatan penguapan air dari permukaan beton yang dapat menyebabkan *plastic shrinkage* sehingga menyebabkan timbulnya retak plastis. Besar kecilnya retak plastis menurut Neville dan Brooks (1987), tergantung pada kelembaban dan temperatur beton.

2.2.7 Pengaruh Faktor Air Semen (FAS) Terhadap Mutu Beton

Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio (wcr)* adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan bleeding. Pada umumnya tiap partikel membutuhkan air supaya plastis sehingga dapat dengan mudah dikerjakan. Harus ada cukup air terserap pada permukaan partikel, yang kemudian air tersebut akan mengisi ruang antar partikel. Partikel halus memiliki luas permukaan yang besar sehingga butuh air yang banyak. Dilain pihak tanpa partikel halus beton tidak akan mencapai plastisitas. Jadi faktor air semen (FAS) tidak dapat dipisahkan dengan grading agregat.

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton. Menurut L. J. Murdock dan K. M. Brook (1986) dalam Sari, dkk (2015), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan. Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut Tjokrodimulyo (2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

Menurut S. Mindess, Young dan D. Darwin, (2003) dalam Sari, dkk (2015), bila faktor air semen terlalu rendah, maka adukan beton sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras. Adanya udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat tekan beton sampai 35% dan pori-pori sebanyak 10% dapat mengurangi kuat tekan beton sampai 60%.

2.2.8 Pengujian Bahan

Material-material yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan pada campuran beton.

1. Analisis saringan agregat kasar dan halus (SNI 03-1968-1990)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Analisis saringan adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

a. Persentase tertahan pada masing-masing saringan

$$(\%) \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat tertahan}}{\text{Berat total}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

b. Persentase lolos pada masing-masing saringan

$$(\%) \text{ lolos} = 100\% - \text{Persentase Tertahan} \dots\dots\dots 2.2$$

c. Persentase berat tertahan kumulatif

$$(\%) \text{ Berat Kumulatif Tertahan} = 100\% - \text{Persentase Lolos} \dots\dots\dots 2.3$$

d. Modulus kehalusan

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan Kumulatif}}{100\%} \dots\dots\dots 2.4$$

2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 03-1969-2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan agregat kasar. Hasil dari pengujian ini nantinya akan digunakan untuk menentukan berat jenis campuran.

a. Berat jenis (*Bulk*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (*Apparent*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam

keadaan kering pada suhu tertentu.

- d. Penyerapan (*Absorption*) adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$1) \text{ Berat Jenis (Bulk)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots 2.5$$

$$2) \text{ Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots 2.6$$

$$3) \text{ Berat Jenis semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots 2.7$$

$$4) \text{ Penyerapan (Absorption)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan :

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (*SSD*) (gram).

Bk = Berat benda uji kering oven (gram).

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram).

Bt = Berat piknometer + benda uji + air (gram).

3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 03-1970-2008)
- Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) serta penyerapan agregat halus. Hasil dari pengujian ini nantinya akan digunakan untuk menentukan berat jenis campuran.
- Berat jenis (*Bulk*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
 - Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
 - Berat jenis semu (*Apparent*) adalah perbandingan antara agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
 - Penyerapan (*Absorption*) adalah perbandingan berat air yang dapat

diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$1) \text{ Berat Jenis (Bulk)} = \frac{Bk}{Ba + Bj - Bt} \dots\dots\dots 2.9$$

$$2) \text{ Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Ba + Bj - Bt} \dots\dots\dots 2.10$$

$$3) \text{ Berat Jenis semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Ba + Bk - Bt} \dots\dots\dots 2.11$$

$$4) \text{ Penyerapan (Absorption)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots 2.12$$

Dengan:

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (gram).

Bk = Berat benda uji kering oven (gram).

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram).

Bt = Berat piknometer + benda uji + air (gram).

4. Pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus (SNI 03-1973-2008)

Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi. Pengujian berat isi agregat bertujuan untuk mengetahui berat isi dari agregat tersebut. Adapun rumus yang digunakan yaitu :

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm} \dots\dots\dots 2.13$$

Dengan :

D = berat isi beton, kg/m³.

Mc = berat wadah ukur yang diisi beton, kg.

Mm = berat wadah ukur, kg.

Vm = volume wadah ukur, m³.

5. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus (SNI 03-1971-2011)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air

yang dikandung agregat basah dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen.

Rumus yang dipergunakan yaitu:

$$p = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.14$$

Dengan :

P = Kadar air benda uji satuan dalam persen.

W_1 = Massa benda uji dalam satuan gram.

W_2 = Masa benda uji kering oven dalam satuan gram.

6. Pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles* (SNI 03-2417-2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat tahan aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula dalam persen. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{Keausan Agregat} = \frac{a-b}{b} \times 100\% \dots\dots\dots 2.15$$

Dengan :

a = Berat benda uji semula (gram).

b = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram).

7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus (SNI 03-4142-1996)

Pengujian dimaksudkan menghitung nilai kadar lumpur yang ada dalam agregat yang akan dipakai dalam pembuatan campuran beton. Adapun rumus yang dipakai dalam pengujian ini adalah:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.16$$

Dengan :

W_1 = Berat benda uji semula (gram).

W_2 = Berat benda uji setelah kering oven (gram)

2.2.9 Perancangan Campuran Adukan Beton

Dalam bidang pembuatan bangunan banyak digunakan beton normal dengan kuat tekan bervariasi. Akibat variasi kuat tekan serta variasi sifat bahan dasarnya, maka pelaksanaan pembuatan beton dituntut untuk dapat merancang perbandingan adukan beton agar diperoleh mutu beton yang sesuai harapan.

Langkah-langkah pokok cara perancangan campuran adukan beton normal menurut (SNI 03-2834-2000), sebagai berikut:

1. Perhitungan nilai deviasi standar

Deviasi standar S ialah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan pembetonan. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada Perencanaan Campuran Adukan Beton.

Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton pada masa lalu, maka nilai deviasi standar S tidak dapat dihitung.

Nilai deviasi standar dihitung dengan rumus

$$S = \sqrt{\sum \frac{(f_c - f_{c,r})^2}{N-1}} \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan:

S = deviasi standar

f_c = kuat tekan masing-masing silinder beton (MPa)

$f_{c,r}$ = kuat tekan rata-rata (MPa)

N = banyaknya nilai kuat tekan beton

2. Perhitungan nilai tambah m (*margin*)

Perhitungan nilai *margin* (m) dihitung dengan 2 cara:

- a. Jika pelaksanaan mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar dari rumus sebelumnya, dan dengan 2 rumus berikut (diambil yang terbesar):

$$m = 1,34 \cdot S \dots\dots\dots 2.18$$

atau

$$m = 2,33 S - 3,5 \dots\dots\dots 2.19$$

- b. Jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah m diambil dari Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Nilai tambah m jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman

Kekuatan tekan disyaratkan (MPa)	Kekuatan rata-rata perlu (MPa)
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10 f'_c + 5,0$

Sumber: SNI 2847:2013

3. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.
 - a. Kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan
 - b. Kuat tekan minimum
 - c. Diambil yang terbesar dari a dan b

4. Kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr})

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots 2.20$$

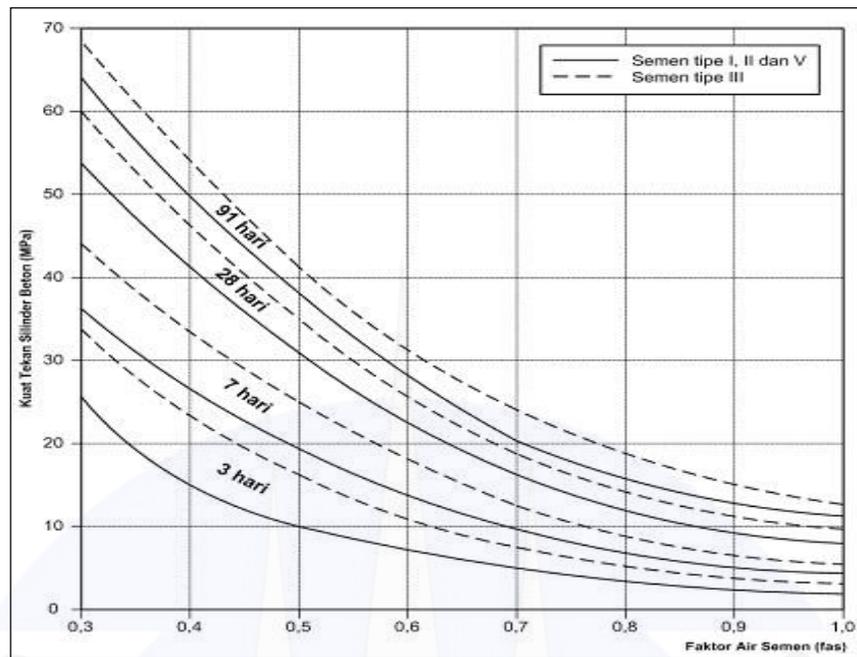
Dengan :

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu, MPa

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen
6. Penetapan jenis agregat
Jenis agregat kasar dan agregat halus, berupa agregat alami (kerikil alami dan pasir alami).
7. Penetapan nilai faktor air semen
Penetapan nilai faktor air semen dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Sumber: SNI 03-2834-2000

Gambar: 2.1 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton

8. Penetapan nilai *slump*

Penetapan nilai *slump* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor:

- Cara pengangkutan adukan beton.
- Cara penuangan adukan beton.
- Cara pemadatan beton segar.
- Jenis struktur yang dibuat.

9. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton normal, ada 3 pilihan, yaitu 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Diambil ukuran butiran agregat 20 mm.

10. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton

Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, diperkirakan berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan *slump* yang diinginkan seperti pada tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel: 2.5 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

Besarnya ukuran maks. agregat (mm)	Jenis agregat	Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)			
		Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

Keterangan: Dalam tabel apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecah), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki oleh rumus:

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots\dots\dots 2.21$$

Dengan:

A = jumlah air yang dibutuhkan, jenis/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

11. Berat semen yang diperlukan.

$$W_{smn} = 1/FAS \cdot W_{air} \dots\dots\dots 2.22$$

Dengan:

Fas = nilai faktor air semen

W_{air} = berat air per meter kubik

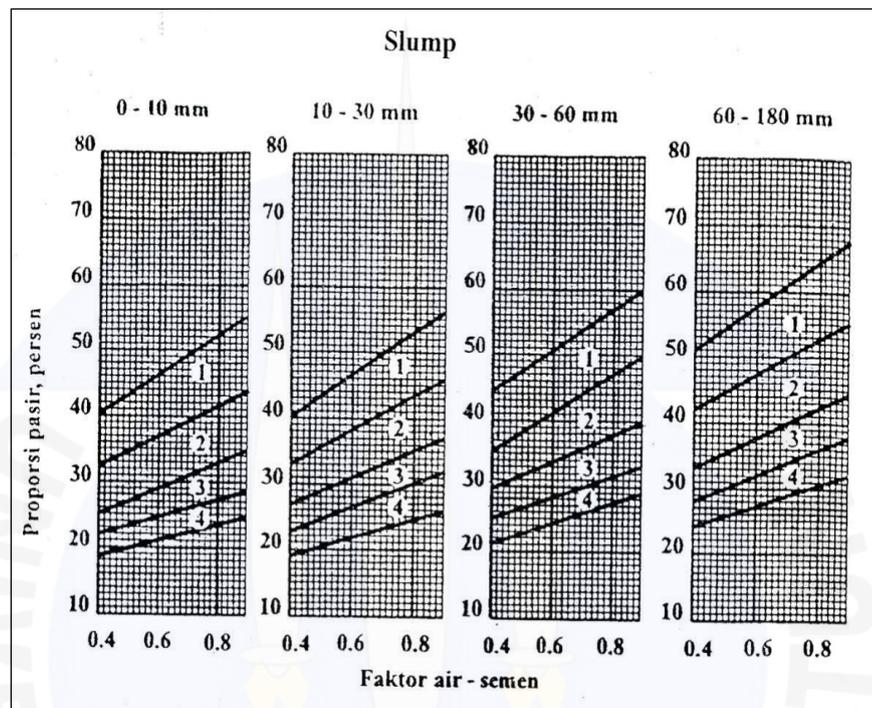
12. Penetapan jenis agregat halus

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus, penentuan jenis agregat halus itu didasarkan pada Tabel 2.2.

13. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran

Perbandingan nilai antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Penetapan

perbandingan ini dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan Gambar 2.2 maka akan diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Sumber: SNI 03-2834-2000

Gambar 2.2 Proporsi agregat halus pada agregat maksimum 20 mm

14. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = \frac{kh}{100} \times b_{jh} + \frac{kk}{100} \times b_{jk} \dots\dots\dots 2.23$$

Dengan:

$b_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran

$b_j \text{ h}$ = berat jenis agregat halus

$b_j \text{ k}$ = berat jenis agregat kasar

kh = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

kk = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

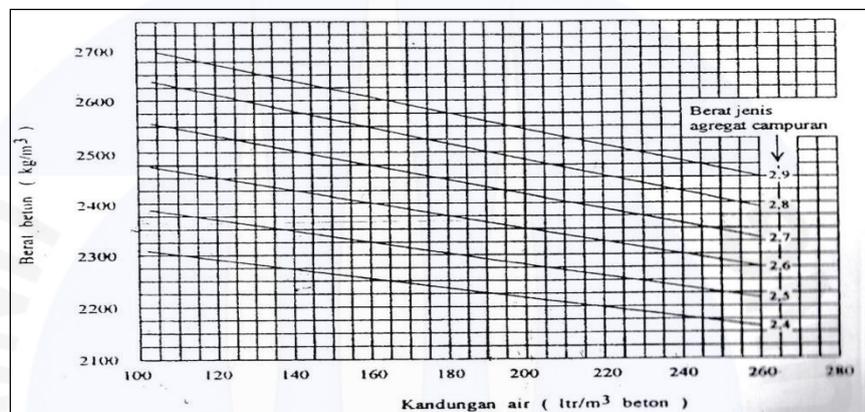
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan uji laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil nilai sebesar.

$b_j = 2,60$, untuk agregat tak dipecah/alami

$b_j = 2,70$, untuk agregat pecahan

15. Perkiraan berat beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka berat beton dapat diperkirakan dengan Gambar 2.3 berikut ini.



Sumber: SNI 03-2834-2000

Gambar 2.3 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton.

16. Kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus;

$$W_{agr.cap} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \dots\dots\dots 2.24$$

Dengan:

$W_{agr.cap}$ = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg)

W_{btn} = berat beton per meter kubik beton (kg)

W_{air} = berat air per meter kubik beton (kg)

W_{smn} = berat semen per meter kubik beton (kg)

17. Hitung berat agregat halus yang diperlukan

Kebutuhan agregat harus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr.h} = kh \cdot W_{agr.cap} \dots\dots\dots 2.25$$

Dengan:

kh = Presentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

W_{agr.cap} = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton
(kg)

18. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan

Kebutuhan agregat harus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr.h} = kk \cdot W_{agr.cap} \dots\dots\dots 2.26$$

Dengan:

kh = Presentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

W_{agr.cap} = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton
(kg)

2.2.9 Slump

Menurut Tjolrodumuljo (2007), kelecakan (sifat plastis, yaitu sifat kekentalan beton segar, antara cair dan padat) merupakan ukuran kemudahan beton segar untuk diaduk dalam bejana pengaduk, diangkut dari tempat pengadukan ke lokasi penulangan, dituang dari bejana pengaduk ke cetakan beton dan diadatkan setelah beton segar berada dalam cetakan. Secara umum dapat dikatakan bahwa biasanya semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar tersebut dikerjakan.

Menurut SNI-03-1972-2008 *slump* beton ialah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat. *Slump* ditetapkan sesuaikan dengan pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dikerjakan, mudah dituangkan, dan diratakan. Penetapan nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut.

Tabel 2.6 Penetapan nilai *Slump* adukan beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber: Tjokrodimuljo 2007

2.2.10 Kuat Tekan

Menurut SNI-03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Besaran kuat tekan beton didapatkan dengan rumus:

$$f_c' = P/A \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots 2.27$$

Dengan:

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm²).

P = Beban maksimum (kg).

A = Luas Penampang (cm²).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor- faktor sebagai berikut:

1. Umur beton.
2. Faktor air semen.
3. Kepadatan.
4. Jumlah pasta semen.
5. Jenis semen.
6. Sifat semen.

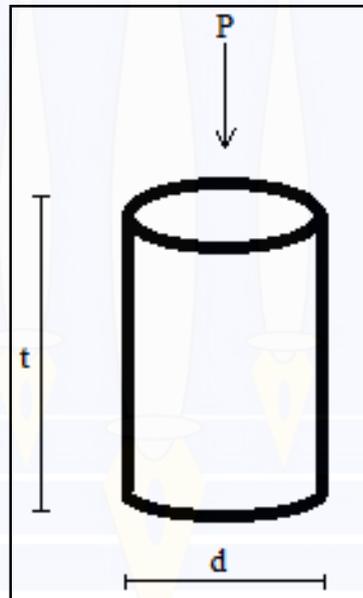
Jenis beton menurut kuat tekannya dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber: Tjokrodimuljo, 2007

Adapun pola pembebanan pada pengujian kuat tekanan beton dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini.



Sumber: Dokumen pribadi, 2019

Gambar 2.4 Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton

Keterangan gambar dengan:

P = Beban

t = Tinggi silinder (cm)

d = Diameter silinder (cm)

Adapun contoh formulir pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Formulir pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Nomor benda uji	Tanggal pembuatan	Tanggal pengujian	Umur (hari)	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm^2)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (N/mm^2)	Keterangan
					L (mm)	D (mm)				

Sumber : SNI 1974:2011