

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan bangunan yang banyak dipakai oleh kalangan masyarakat. Beton telah dipakai secara luas sebagai bahan konstruksi baik pada konstruksi skala kecil, menengah, hingga konstruksi besar seperti bangunan-bangunan gedung yang tinggi, hingga sarana transportasi.

Beton memiliki kelebihan dalam penggunaannya. Diantaranya bahan pembuatan yang mudah didapat, kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap aus, rapat air dan juga tahan lama. Beton merupakan campuran dari bahan penyusun air, semen, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil). Akan tetapi beton memiliki kelemahan terhadap kuat tarik. Untuk menambah kuat tarik dibuatlah beton bertulang yaitu dengan menambahkan tulangan pada beton sehingga kuat menahan gaya tekan dan tarik,(McCormac,2000:3).

Rokan Hulu merupakan kabupaten yang sangat memperhatikan infrastruktur pembangunannya, terutama terhadap pembangunan jalan dan jembatan. Didalam perencanaan konstruksi sarana dan prasarana, penggunaan agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas dan karakteristik beton yang dihasilkan.

Untuk menjawab ini semua, penulis mengangkat judul ***“ANALISIS CAMPURAN BETON K-250 ($f_c'24,5$ MPa) DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR UKURAN BUTIR MAKS BP 20 MM DAN BP MAKS 10 MM”***.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian Analisa Campuran Beton K-250 Menggunakan Agregat Kasar Ukuran Butir Maks 20 mm dan 10 mm adalah:

1. Bagaimana karakteristik campuran beton K-250 menggunakan agregat kasar maks20mm dan karakteristik campuran beton K-250 menggunakan agregat 10mm?

2. Berapa komposisi campuran beton K-250 menggunakan agregat kasar maks 20 mm dan komposisi campuran beton K-250 menggunakan agregat kasar maks 10 mm?
3. Apakah ada perbedaan kuat tekan antara campuran beton dengan menggunakan bahan agregat kasar maks 20 mm dan agregat kasar maks 10 mm dengan komposisi yang sama?

1.3 Tujuan Penelitian :

Penelitian Kuat Tekan Beton Mutu K-250 Dengan Menggunakan Agregat Kasar maksimal 20mm dan 10mm ini bertujuan:

1. Menemukan karakteristik dan sifat-sifat campuran beton K-250 yang menggunakan agregat kasar maks 20 mm dan campuran beton K-250 yang menggunakan agregat kasar maks 10 mm.
2. Mendapatkan komposisi campuran bahan penyusun beton K-250 yang menggunakan agregat kasar maks 20 mm dan komposisi campuran beton K-250 menggunakan agregat kasar maks 10 mm.
3. Menemukan perbedaan kuat tekan antara campuran beton K-250 yang menggunakan agregat kasar Maks 20 mm dan agregat kasar Maks 10 mm.

1.4 Manfaat Penelitian :

Manfaat Penelitian Campuran beton K-250 Dengan Menggunakan Agregat Kasar BP maks 20mm dan BP Maks 10mm ini yaitu:

1. Memperoleh karakteristik campuran beton mutu K-250 dengan menggunakan agregat maksimal 10 mm dan 20 mm.
2. Sumber ilmu dan pengetahuan desain campuran beton K-250 dengan menggunakan agregat maksimal 10 mm dan 20 mm.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka dalam penyusunan penelitian ini, penulis membatasi penelitian antara lain :

1. Rencana *Mix Design* Standar SNI 03-2834-2000 tata cara campuran beton normal.
2. Adapun semen digunakan adalah PT.Semen Padang.

3. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan di umur 7 hari, nilai kuat tekan 28 hari diperoleh dari konversi.
4. Standar acuan pemeriksaan bahan mengacu pada PBI-1971.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar penelitian ini, digunakan beberapa penelitian mengenai kuat tekan beton dengan mutu dan agregat yang berbeda. Penelitian tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Purnama Putra, 2011. Melakukan penelitian perbandingan kuat tekan beton dengan menggunakan semen PCC dan agregat kasar yang umum digunakan dalam pembangunan rumah masyarakat. Dari penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan beton yang berbeda dari material yang digunakan. Batu nona ayak memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan Batu Split dan Batu Nona Tak Ayak. Hal ini disebabkan oleh properties agregat yang digunakan berbeda.
2. Firnimus KBhara, dkk 2015. Melakukan penelitian kuat tekan beton terhadap penggunaan agregat kasar dari Quarry di kabupaten sikka. Dari penelitian ini diperoleh hasil pengujian karakteristik menunjukkan bahwa agregat kasar Quarry Nebe dan Waigete memenuhi syarat sebagai agregat normal untuk pekerjaan struktur, sedangkan agregat kasar Batu Apung memenuhi syarat untuk pekerjaan beton kelas II dan mutu beton K-125, K-175, K-225, dan hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa agregat kasar quarry Nebe dan Waigete memenuhi syarat untuk pekerjaan struktur bangunan di kabupaten sikka dengan hasil uji kuat tekan rata-rata masing-masing adalah agregat kasar quarry Nebe 24, 32 MPa, agregat kasar quarry Waigete 20, 66 MPa, selisih perbandingan 15, 05%, sedangkan Batu Apung memperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 10, 73 MPa.
3. Siti Ulfah, dkk 2017. Melakukan penelitian pemanfaatan limbah industri mill scale oleh PT. Krakatau posco dan sandblast oleh PT. Cilegon fabricators sebagai campuran agregat halus dalam pencampuran beton. Dari hasil penelitian ini perbandingan pencampuran dengan limbah yaitu 0%, 10%, 20% dan 30% dengan menggunakan mutu beton K-250 (21.7 MPa). Jumlah benda

uji sebanyak 84 buah kubus. Pengujian beton dilakukan umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Rata-rata kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 22.59 MPa, kadar LMS 10% sebesar 20.74 MPa, kadar LMS 20%, sebesar 19.63 MPa, kadar LMS 30%, sebesar 20.74 MPa kadar LS 10%, sebesar 19.26 MPa kadar LS 20%, sebesar 25.26 MPa kadar LS 30%. Persyaratan untuk beton normal yaitu K-250 sebesar 21.7 MPa. Bahkan limbah dengan kandungan sandblast yaitu dengan kadar LS 30% mendapatkan hasil kuat tekan tertinggi sebesar 25.26 MPa.

4. I Gusti Ngurah Eka Pratama, 2019. Melakukan penelitian hubungan kuat tekan beton antara hasil uji tekan kubus dan uji tekan silinder dengan agregat pulau timor. Dari hasil penelitian ini sesuai PBI 1971 untuk melakukan konversi kuat tekan beton berdasarkan benda uji kubus sehingga setara dengan kuat tekan beton dengan benda uji silinder dikalikan faktor 0,83 atau menggunakan formula $f'c = (0,76 + 0,2 \log(f'ck/15)) \cdot f'ck$ (Nugraha, et al, 2007 dan Mulyono, 2003). Agregat alam berupa pasir dan kerikil di pulau timor merupakan batuan endapan bukan batuan hasil erupsi gunung api sehingga karakteristiknya berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan benda uji beton berjumlah 30 buah terdiri dari 15 buah silinder dan 15 buah berbentuk kubus. Masing-masing beton disiapkan 3 benda uji untuk mutu K-175, K-200, K-225, K-250 dan K-300 dirawat selama umur 28 hari di laboratorium kemudian dilakukan uji kuat tekan. Hasil ratio rata-rata hubungan kuat tekan benda uji kubus dan silinder sebesar 0,83 dan dalam fungsi regresi linear dengan persamaan $f'c = 0,822 f'ck + 0,312$ dimana $f'c$ dan $f'ck$ dalam MPa dengan nilai slump 30-60mm dengan koefisien korelasi $(r) = 0,905$ dan koefisien determinasi $(r^2) = 0,819$ menunjukkan 81,90% nilai kuat tekan beton $f'c$ dapat ditentukan berdasarkan hasil benda uji kubus 18,10% ditentukan faktor lain. Rata-rata faktor konversi hasil penelitian sebesar 0,83 sama dengan yang dicantumkan dalam PBI 1971 dan formula konversi $f'c = 0,822 f'ck + 0,312$ menunjukkan rerata perbedaan absolut sebesar 0,82 MPa atau 3,17% dengan formula $f'c = (0,76 + 0,2 \log(f'ck/15)) \cdot f'ck$.
5. Mulyati, Herman, 2015. Melakukan penelitian komposisi dan kuat tekan beton pada campuran Portland Composite Cement, pasir dan kerikil sungai dari

beberapa quarry di Kota Padang. Didalam hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton berkisar antara $131,97 \text{ kg/cm}^2 - 238,2 \text{ kg/cm}^2$, oleh karena itu mutu beton dapat mencapai K-225 yang biasa digunakan paada pekerjaan pembangunan rumah tinggal dan jalan rabat beton.

3.2 Keaslian Penelitian

Setelah melihat dan membaca metode dari penelitian terdahulu Sebagaimana tersebut diatas, terdapat beberapa perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan. Perbedaan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Waktu pelaksanaan penelitian.
2. Tempat pelakasanaan penelitian.
3. Sumber bahan agregat yang digunakan untuk penelitian.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Saat ini beton merupakan bentuk dasar dari kehidupan sosial modern. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sebagai material pembentuknya (Nawy,1985:8). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1)

Dalam perancangan yang baik atau dapat memenuhi kriteria dalam berbagai aspek, seperti aspek ekonomi artinya rendah dalam biaya dan aspek teknik yaitu memenuhi kekuatan struktur, maka perancangan ini harus memenuhi standar yang berlaku. Peraturan dan tata cara tersebut antara lain adalah SNI (Tri Mulyono,2003).

3.2 Kekurangan Dan Kelebihan Beton

Dalam keadaan yang mengeras beton memiliki kekuatan mumpuni, beton dapat diberi berbagai macam bentuk jika dalam keadaan segar. Secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri yaitu :

Kelebihan

- a. Tahan terhadap temperatur tinggi.
- b. Mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi.
- c. Biaya pemeliharaan yang murah.
- d. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi.
- e. Tidak membusuk atau berkarat terhadap pengaruh kondisi lingkungan.

Kekurangan

- a. Lemah terhadap gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.

- b. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan.
- c. Daya pantul suara besar.
- d. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- e. Berat dan setelah dicampur beton segera mengeras

3.3 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan campuran antara bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen, campuran tersebut apabila dituangkan ke dalam cetakan kemudian didiamkan akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu, hal ini menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan waktu. Adapun bahan penyusun beton sebagai berikut :

3.3.1 Sement Portland

Semen merupakan bahan pengikat yang penting dan banyak digunakan didalam sektor konstruksi sipil. Jenis semen ini paling umum digunakan sebagai bahan dasar beton, mortar, plester dan adukan non-plashtis. Mungkin banyak orang mengira bahwa semua jenis semen sama saja. Beragam jenis semen dapat menentukan kualitas semen itu sendiri. Tipe semen untuk membangun rumah, tentu berbeda dengan tipe semen yang digunakan untuk proyek besar seperti membuat sumur bumi.

Semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan serbuk halus yang diproduksi dengan memanaskan batu gamping dan mineral tanah liat dalam tanur untuk membentuk klinker, penggilingan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik yang mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama bahan utamanya, menurut ASTM C-150,1985. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Semen portland yang digunakan di indonesia harus memenuhi syarat SNI 03-2834-2000 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi

persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB. 1989: 3.2-8). Proses Pembuatan Semen Portland.

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3.12 dan 3,16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm³ (Nawy, 1985:9).

Klinker semen Portland dibuat dengan pemanasan, dalam tanur semen, campuran bahan mentah sampai suhu kalsinasi di atas 600 °C (1112 °F) dan kemudian suhu Fusi, yaitu sekitar 1450 °C (2640 °F) untuk semen modern, untuk melengketkan bahan ke dalam klinker. Bahan dalam klinker semen adalah alit, belit, tri-kalsium aluminat, dan tetra-kalsium aluminat ferit. Aluminium, besi, dan magnesium oksida hadir sebagai fluks yang memungkinkan kalsium silikat terbentuk pada suhu yang lebih rendah, dan sedikit memberi kontribusi pada kekuatan. Pembuatan semen portland terjadi melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Penambangan di *quarry*
2. Pemecahan di *crushing plant*
3. Penggilingan (*blending*)

Untuk semen khusus, seperti tipe *Low Heat* (LH) dan *Sulfate Resistant* (SR), perlu untuk membatasi jumlah trikalsium aluminat, (3 CaO·Al₂O₃) terbentuk. Bahan baku utama untuk pembuatan klinker biasanya batu kapur (CaCO₃) dicampur dengan bahan kedua yang mengandung tanah liat sebagai sumber alumino-silikat. Biasanya, batu kapur tidak murni yang mengandung tanah liat atau SiO₂ digunakan. Kandungan CaCO₃ pada batu kapur tersebut dapat serendah 80%. Bahan baku sekunder (bahan dalam campuran mentah selain batu kapur) bergantung pada kemurnian batu kapur. Beberapa bahan yang digunakan adalah tanah liat, serpih, pasir, bijih besi, bauksit, abu terbang, dan terak. Ketika tanur semen dibakar oleh batu bara, abu batubara bertindak sebagai bahan baku sekunder.

3.3.1.1 Sifat Dan Karakteristik Sement Portland

Semen portland bersifat kaustik sehingga bisa menyebabkan luka bakar kimia. Bubuk tersebut dapat menyebabkan iritasi atau, dengan paparan yang parah, kanker paru-paru, dan dapat mengandung beberapa komponen berbahaya; Seperti kristal silika dan kromium heksavalensi. Kekhawatiran lingkungannya adalah konsumsi energi yang tinggi yang dibutuhkan untuk menambang, memproduksi, dan mengangkut semen; serta polusi udara terkait, termasuk pelepasan gas rumah kaca (misalnya, karbon dioksida), dioksin, NO_x, SO₂, dan partikulatnya.

3.3.1.2 Penyimpanan Sement Portland

Untuk keperluan pembuatan campuran beton, semen harus Memenuhi syarat-syarat standar normalisasi indonesia (NI)-8, sebagai berikut:

1. Waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak lebih dari 1 jam (60 menit)
2. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, terbebas dari zat organik yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal
3. Proses pengikatan semen normal 60-120 menit
4. Suhu ruangan 23° C



*Gambar 3. 1 Cara menyimpan semen agar tahan lama
Sumber : Asia.com*

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyimpanan semen antara lain :

1. Semen harus terlindung dari kelembaban atau keadaan cuaca lain yang merusak
2. Semen sebaiknya diletakkan di atas lantai kayu setinggi 30 cm dari lantai gudang agar terhindar dari kelembaban
3. Semen ditumpuk tanpa menyinggung dinding gudang dengan jarak bebas 30 cm
4. Tiap tumpukan tidak boleh lebih dari 10 kantong atau melampaui 2 meter, untuk menghindari menegerasnya semen bagian bawah akibat tekanan
5. Gudang harus terlindung dari cuaca dan memiliki ventilasi dan cukup lapang untuk memuat semen dalam jumlah besar

Perlu diingat karena penimbunan semen dalam waktu lama juga akan mempengaruhi mutu semen, maka diperlukan pengaturan dalam penyimpanan serta pengaturan dalam penggunaan semen secara teliti.

3.3.2 Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Fungsi agregat adalah sebagai material pengisi dan biasanya menempati sekitar 75 % dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton.

3.3.2.1 Jenis Agregat

Agregat terbagi beberapa macam jenis, diantaranya :

a. Agregat Halus

Agregat Halus merupakan bahan pengisi diantara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat yang mempunyai B_j 1400 kg/m. Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih besar 5 % dari berat, tidak mengandung bahan organis lebih banyak, terdiri dari butiran yang tajam dan keras, dan bervariasi. Berdasarkan SNI 03-6820-2002,

agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi. Berdasarkan ASTM C33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

b. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*Finnes Modulus*) atau biasa disingkat MHB adalah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Abrams, 1918). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38; 19; 9,6; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 dan 0,15 mm), kemudian angka tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley 1942).

Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,50-3,80 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. Nilai ini juga dapat dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai MHB yang biasa dipakai sekitar 5,0-6,0. Hubungan ketiga nilai MHB tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = \frac{K-C}{C-P} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

W = Presentase berat agregat halus terhadap berat agregat kasar.

K = Modulus halus butir agregat kasar.

P = Modulus halus butir agregat halus.

C = Modulus halus butir agregat campuran.

c. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari

industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm.

3.3.2.2 Kekuatan Agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat, oleh karena itu sepanjang kekuatan tekan agregat lebih tinggi dari beton yang akan dibuat maka agregat tersebut masih cukup aman digunakan sebagai campuran beton. Pada kasus-kasus tertentu, beton mutu tinggi yang mengalami konsentrasi tegangan lokal cenderung mempunyai tegangan lebih tinggi daripada kekuatan seluruh beton. Dalam hal ini kekuatan agregat menjadi kritis.

A. Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Agregat

Kekuatan agregat dapat bervariasi dalam batas yang besar. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua hal, yaitu:

- a. Karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan (*interlocking*). Granite misalnya, terdiri dari bahan yang kuat dan keras yaitu kristal *Quartz* dan *Feldspar*.
tetapi bersifat kurang kuat dan Modulus elastisitasnya lebih rendah daripada *gabbros* dan *diabases*. Hal ini terjadi karena butir-butir granit tidak terikat dengan baik.

- b. Porositas yang besar.

Porositas yang besar mempengaruhi keuletan yang menentukan ketahanan terhadap beban kejutan. Kekerasan atau kekuatan butir-butir agregat tergantung dari bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antar butir satu dengan lainnya. Agregat yang lebih kuat biasanya mempunyai modulus elastisitas (sifat dalam pengujian beban uniaxial) yang lebih tinggi. Butir-butir yang lemah (lebih rendah dari pasta semen) tidak dapat menghasilkan kekuatan beton yang dapat diandalkan. Kekerasan sedang mungkin justru lebih

menguntungkan, Karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi, atau pembasahan atau pengeringan, atau pemanasan dan pendinginan dengan demikian membantu mengurangi kemungkinan terjadinya retakan dalam beton. Butiran yang lemah dan lunak perlu dibatasi nilai minimumnya jika ketahanan terhadap abrasi yang kuat diperlukan. Modulus elastisitas agregat juga penting diketahui karena memberikan kontribusi dalam modulus elastisitas beton.

B. Cara Pengujian Kekuatan Agregat

Cara uji kekuatan yang dilakukan dengan menggunakan alat *Los Angelos Test*. Mesin ini berupa silinder baja yang tertutup di kedua sisinya dengan diameter 71 cm dan panjang 50 cm. Silinder bertumpu pada sebuah sumbu horizontal tempat berputar. Pada silinder terdapat lubang untuk memasukkan benda uji dan tertutup rapat sedemikian sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat blade baja melintang penuh setinggi 8.9 cm. Silinder ini dilengkapi dengan bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm dan berat masing-masing antara 390-445 gram atau sesuai dengan gradasi benda uji.

Untuk mengetahui nilai *Los Angelos*, silinder diputar dengan kecepatan 30-33 rpm. Pengujian ini nampak lebih memuaskan jika dipakai untuk menguji agregat normal. Caranya dengan mengukur butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 kali yang pertama dibandingkan dengan putaran ke-500. Umumnya jika butiran yang pecah pada akhir ke-100 sudah lebih besar dari 20% (SNI memberi nilai batas 27%) daripada ke-500 dianggap bagian yang lunak sudah terlalu banyak. Cara lainnya dengan melakukan uji keuletan (*toughness*) caranya diberi beban dengan sebuah mesin kejut (*crushing value*) dimana nilai kejut ini biasanya berhubungan dengan kekerasan agregat. Uji kejut dilaksanakan dengan menggunakan silinder baja dengan diameter dan tebal 25 cm yang dijatuhkan hammer seberat 2kg, dengan tinggi jatuh mulai

dari 1 cm dan kelipatannya. Nilai kejut yang baik lebih besar dari 19, sedangkan nilai yang kurang dari 13 dianggap jelek. Uji kuat tekan pada campuran beton dapat juga digunakan untuk mengukur kekuatan agregat yaitu dengan embuat kubus ukuran 50-200 mm yang kemudian diberi tekanan dengan menggunakan mesin tekan sampai pecah.

3.3.2.3 Sifat-sifat Agregat Dalam Campuran Beton

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0052-80, “mutu dan cara uji agregat beton” dalam hal-hal yang tidak termuat dalam SII.0052-80 maka agregat tersebut harus memenuhi syarat dan ketentuan yang diberikan oleh ASTM C-33-82 “*Standard Specification For Concrete Aggregates*”(Ulasan PB,1989:14).

A. Serapan Air Dalam Agregat

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JPK) atau *saturated surface dry* (SSD) kondisi ini merupakan :

1. Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton.
2. Kadar air dilapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD dari pada kondisi kering oven.

Resapan efektif dinyatakan dengan banyaknya jumlah yang diperlukan agregat dalam kondisi kering udara (WKU) menjadi SSD (WSSD), dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Ref = W_{ssD} - W_{kux} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Resapan efektif (Ref) dipakai untuk menghitung berat air yang akan diserap (W_{sr}) oleh agregat (W_{ag}) dalam adukan beton, yaitu dengan rumus :

$$W_{sr} = Ref \cdot W_{ag} \dots \dots \dots (3)$$

Sehingga kelebihan air dalam campuran beton yang merupakan kontribusi dari agregat dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Akel} = \text{WBSH} - \text{WssD} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Air kelebihan ini dipakai untuk menghitung berat tambahan (Wtam) terhadap campuran adukan beton, yaitu :

$$\text{Wtam} = \text{Akel} \cdot \text{Wag} \dots\dots\dots(5)$$

Kelebihan (Wagr) dan berat kondisi SSD (WSSD) dapat digunakan untuk menghitung banyaknya kandungan air (Kair) dalam agregat yang dinyatakan dengan rumus :

$$\text{Kair} = \text{Wagr} - \text{WssD} \times 100\%$$

B. Kadar Air Agregat

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Kadar air dapat dibedakan dalam empat jenis :

1. kadar air kering oven, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
2. kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
3. Jenuh kering permukaan (JKP), yaitu kondisi dimana tidak ada Air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air, kondisi ini air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dalam campuran beton.
4. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Dari empat kondisi ini, hanya dua yang sering dipakai yaitu kondisi kering oven dan kondisi SSD. Dinyatakan dalam presentase dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{KA} = \text{W1} - \text{W2} \times 100\%$$

Dimana :

W1 = Berat agregat basah (gram)

W2 = Berat agregat kering oven (gram)

W₃=Kadar air, biasanya juga dilambangkan dengan symbol : ω

3.3.2.4 Dasar Perancangan Campuran Beton Normal Menurut SNI 03-2834-2000

Dalam perancangan beton menurut SNI 03-2834-2000, agregat yang digunakan harus memenuhi syarat. Jenis agregat dapat ditentukan berdasarkan sumbernya yakni batuan alami atau batuan buatan/pecahan. Butiran maksimum dapat dicari berdasarkan ketentuan pada PBI.1971 pasal 3.3.3. susunan besar butir agregat halus dapat dilihat dan hasil uji analisis ayak.

Didalam hal ini penulis memilih sendiri jenis agregat yang digunakan. Pemilihan jenis agregat yang akan penulis gunakan adalah agregat mutu K-250 dengan butiran maksimal 20mm dan 10mm, stock field dari PT.Sarana Andalan Semesta. Untuk mengetahui berat jenis agregat campurannya, dilakukan pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar. Dari sini dapat diketahui berat jenis beton relatif yang dihasilkan. Grafik dalam SNI dan kandungan air pada agregat digunakan untuk memeriksa campuran. Jika agregat dilapangan berada dalam keadaan kering, agregat tersebut akan menyerap air dalam beton atau campuran beton akan mengalami kehilangan, begitu juga sebaliknya.

Secara garis besar tahapan perancangan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut, perancangan campuran beton adalah merupakan suatu usaha untuk mendapatkan berbagai sifat-sifat fisik beton yang seekonomis mungkin dengan menggunakan material yang ada. Material yang baik belum menjamin akan menghasilkan beton yang baik apabila proporsi campuran tidak dirancang dengan benar. Ada beberapa macam metode yang dapat digunakan untuk merancang komposisi campuran beton, namun belum tentu dapat menghasilkan proporsi campuran yang optimum.

Pada dasarnya semua metode perancangan campuran beton berasal dari informasi pendekatan. Demikian pula semua perancangan campuran beton mengikuti prosedur yang sama yang pada akhirnya dengan modifikasi tertentu akan menghasilkan proporsi campuran yang

kira-kira sama. Pada umumnya untuk merancang campuran beton, harus didahului dengan *trial mix*. Dari hasil *trial mix* akan diketahui kekurangan-kekurangan pada campuran, misalnya nilai slump yang belum tercapai, terjadinya segregasi pada adukan atau adukan belum kohesif. Pada dasarnya berat air yang tercantum di tabel pada perancangan campuran beton bukanlah merupakan harga mutlak, tetapi dapat dikoreksi.

Untuk merancang beton dengan kuat tekan karakteristik (yang disyaratkan), maka langkah pertama yang harus ditentukan adalah menentukan kuat tekan rata-rata rencana (target). Kuat tekan rencana didasarkan atas probabilitas bahwa kuat tekan yang berada dibawah kuat tekan karakteristik terbatas sampai 5 % saja. Dianggap bahwa distribusi kuat tekan beton mengikuti distribusi normal, maka dapat ditulis hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tekan rata-rata rencana.

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,64 S$$

Dimana :

σ_{bk} = Kuat tekan karakteristik

σ_{bm} = Kuat tekan rencana (rata-rata)

S = Standar deviasi

Pada metode ini, besarnya slump rencana untuk berbagai type struktur diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Nilai Slump yang Disyaratkan sesuai dengan Penggunaan Beton

| Tingkat Keleccakan | Slump (mm) | Penggunaan Beton |
|--------------------|------------|---|
| Sangat rendah | 0-25 mm | Pembetonan jalan yang dipadatkan dengan mesin penggetar |

| | | |
|--------|------------|---|
| Rendah | 25-50 mm | Pembetonan jalan yang dipadatkan dengan mesin penggetar |
| Sedang | 25-100 mm | Beton bertulang, seperti pelat, balok, dan kolom yang dipadatkan dengan mesin penggetar |
| Tinggi | 100-175 mm | Beton bertulang dengan tulangan rapat, pada umumnya tidak perlu dipadatkan lagi |

Sumber SNI 03-2834-2000

Pada metode SNI 03-2834-2000, penentuan faktor air semen diawalidengan menentukan perkiraan kuat tekan beton untuk faktor air semen 0,5diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen 0,5

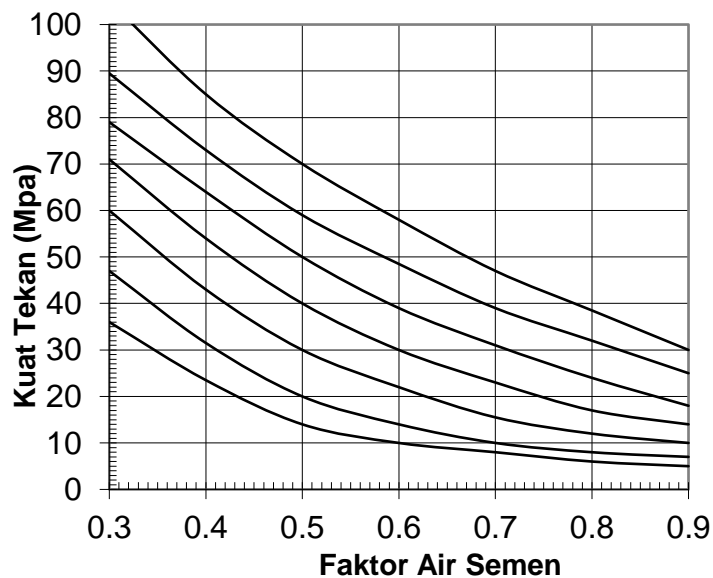
| Tipe Semen | Jenis Agregat Kasar | Kuat Tekan (MPa) pada Umur (hari) | | | |
|------------|---------------------|-----------------------------------|----|----|----|
| | | 3 | 7 | 28 | 91 |
| Tipe I | Tidak dipecah | 22 | 31 | 43 | 50 |
| Tipe V | Dipecah | 27 | 36 | 48 | 55 |
| Tipe III | Tidak dipecah | 29 | 37 | 49 | 55 |
| | Dipecah | 34 | 43 | 54 | 60 |

Sumber SNI 03-2834-2000

Penentuan faktor air semen untuk kuat tekan rencana ditentukan denganlangkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan kuat tekan rencana, tipe semen, jenis agregat kasar serta umur kubus beton dimana kuat tekan rencananya ditinjau.
2. Dari Tabel 3.2 ditentukan kuat tekan kubus beton untuk faktor air semen sebesar 0,5.
3. Dengan menggunakan kurva pada Gambar 3.1, tarik garis vertikal ke atas dari faktor air semen 0,5 sehingga memotong kuat tekan beton sesuai dengan Tabel 3.2 pada langkah 2.
4. Dari perpotongan antara faktor air semen 0,5 dan perkiraan kuat tekan menurut tabel 3.2 dapat digambarkan kurva mengikuti kurva disebelahnya pada kurva hubungan kuat tekan beton dengan faktor air semen seperti pada Gambar 3.1.
5. Nilai faktor air semen untuk kuat tekan yang direncanakan dapat dicari dengan menarik garis horizontal dari kuat tekan rencana hingga memotong kurva yang telah digambar pada langkah 4, kemudian dari titik potong tersebut ditarik garis vertikal ke bawah hingga memotong faktor air semen.

Nilai faktor air semen inilah yang dijadikan dasar untuk menentukan berat semen bagi kuat tekan yang direncanakan.



Gambar 3.2. Kurva Hubungan Kuat Tekan -Faktor Air Semen

Dengan telah ditetapkan nilai faktor air semen maka berat semen yang dibutuhkan dalam perancangan dapat dihitung yaitu dengan menggunakan data banyaknya air bebas yang diperlukan untuk setiap m³ beton seperti tercantum pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Perkiraan Jumlah Air Bebas yang Diperlukan untuk Tingkat *Workability*

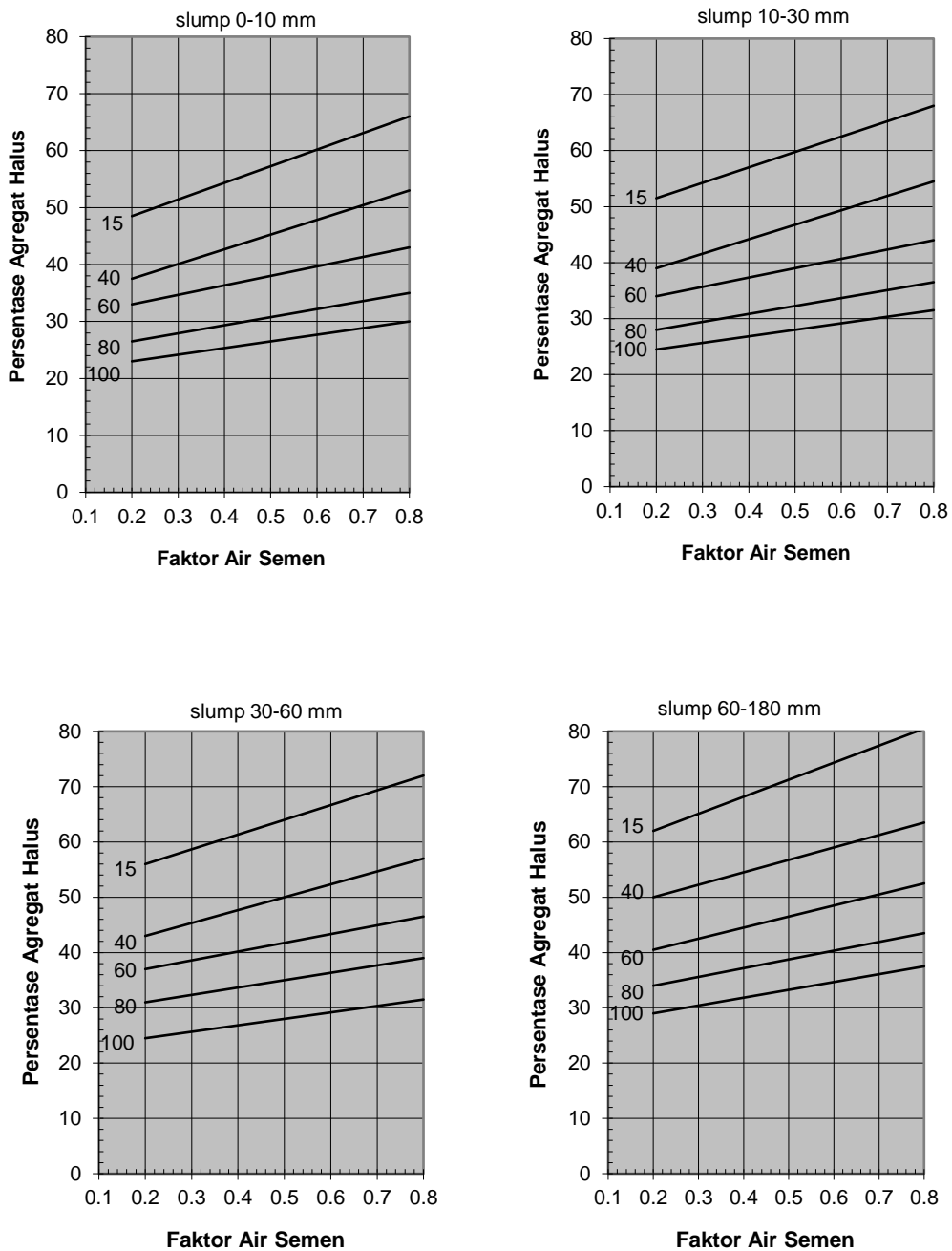
| Ukuran Maksimum Agregat | Jenis Agregat | Berat Air (kg/m ³) untuk | | | |
|-------------------------|---------------|--------------------------------------|-------|-------|--------|
| | | Nilai Slump (mm) | | | |
| | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
| 10 mm | Tidak dipecah | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Dipecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 mm | Tidak dipecah | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Dipecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 mm | Tidak dipecah | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Dipecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Sumber SNI 03-2834-2000

Besarnya berat semen yang dihitung atas dasar berat air bebas dan faktor air semen yang sebelumnya telah ditetapkan tidak boleh kurang dari berat semen minimum yang disyaratkan pada kondisi *exposure* tertentu untuk menjamin keawetan beton.

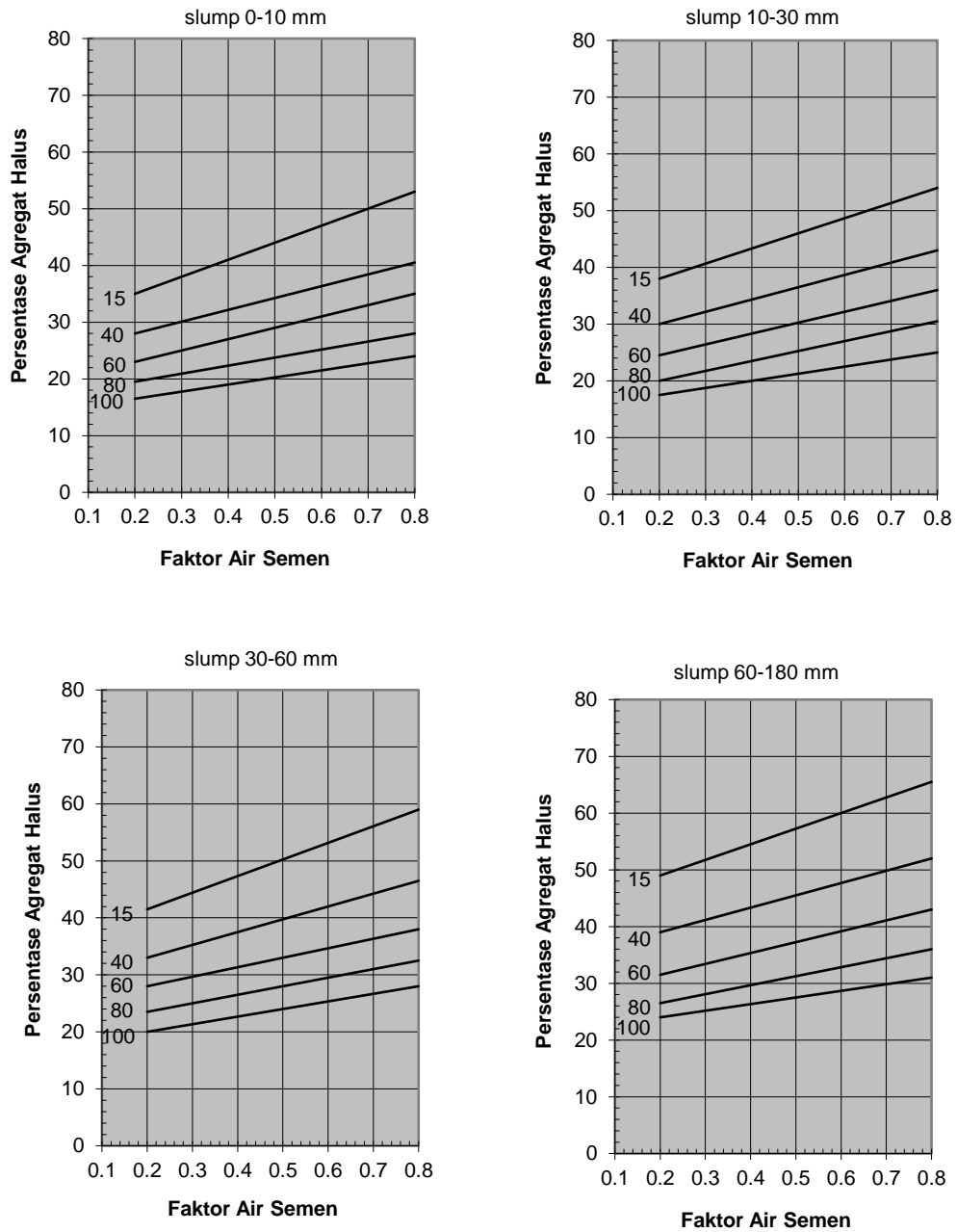
Langkah selanjutnya dari perancangan beton dengan metode British ini adalah memperkirakan berat jenis adukan beton dengan memanfaatkan data berat air dan berat jenis agregat gabungan. Untuk memperkirakan berat jenis adukan beton, terlebih dahulu dibutuhkan persentase masing-masing agregat halus dan agregat kasar sehingga langkah untuk memperkirakan berat jenis adukan beton dapat dilakukan.

Persentase berat agregat halus terhadap total agregat dapat ditentukan dengan memanfaatkan kurva hubungan antara besar faktor air semen dengan persentase agregat halus untuk beberapa nilai slump dan ukuran maksimum agregat yang dipakai, yang diperlihatkan pada Gambar 3.3a, 3.3b, dan 3.3c.



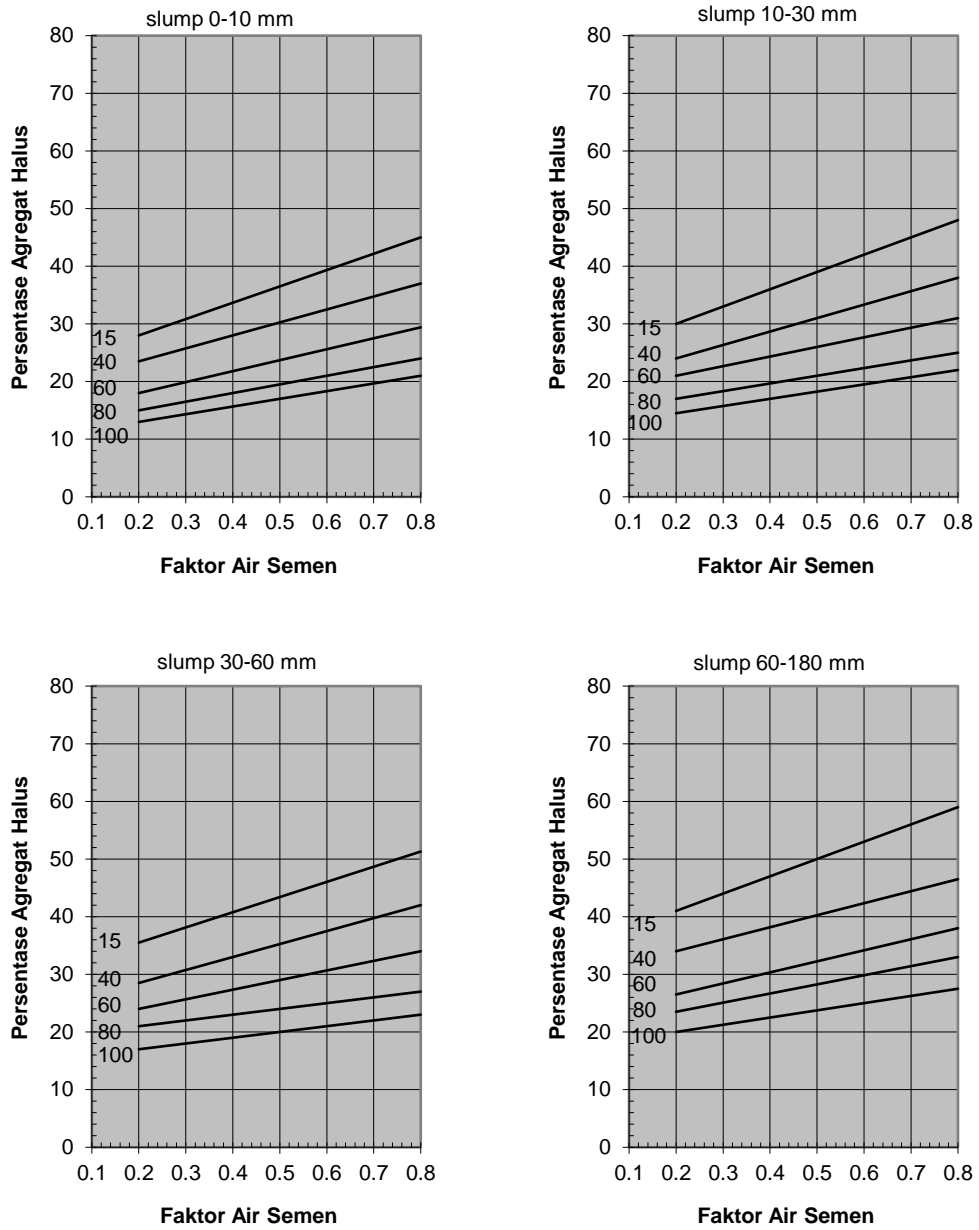
Gambar 3.3.a.

Persentase Agregat Halus Terhadap Total Agregat untuk Diameter Maksimum 10 mm



Gambar 3.3.b.

Persentase Agregat Halus Terhadap Total Agregat untuk Diameter Maksimum 20 mm

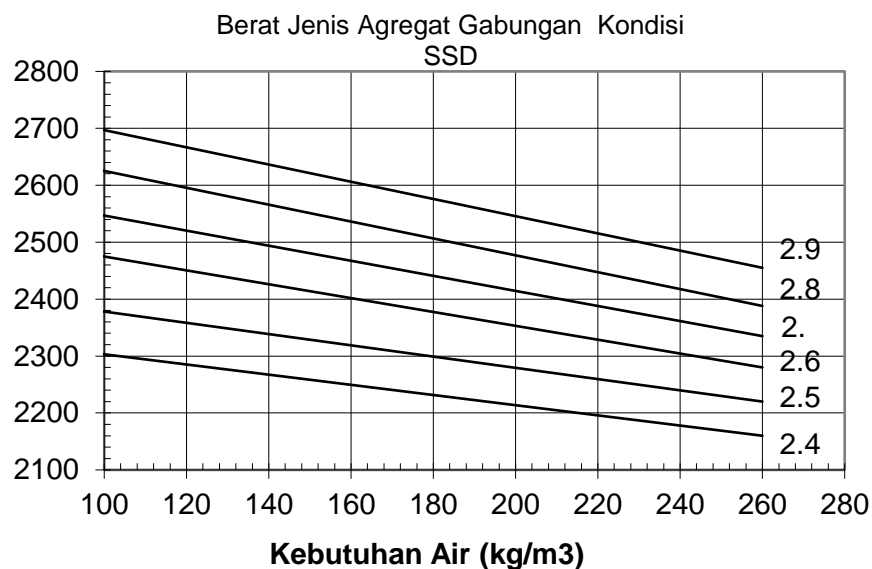


Gambar 3.3.c.

Persentase Agregat Halus Terhadap Total Agregat untuk Diameter Maksimum 40 mm

Angka-angka disebelah kiri garis pada gambar 3.3a, 3.3b, dan 3.3c menunjukkan persentase agregat halus lolos saringan 0,6 mm. Dengan telah ditentukannya persentase agregat halus, maka persentase agregat kasar adalah 100-persentase agregat halus, sehingga besarnya berat jenis agregat gabungan dapat ditentukan. Berat jenis agregat gabungan ditentukan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara masing-masing persentase dengan berat jenisnya.

Perkiraan berat jenis adukan beton dapat dihitung dengan menggunakan bantuan berat air dan berat jenis agregat gabungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Kurva Perkiraan Berat Jenis Adukan Beton

3.3.2.5 Penyimpanan Agregat

Agregat biasanya tidak ditempatkan dalam ruang tertutup tetapi di letakkan di udara terbuka atau *stock field*. Ada persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyimpanan agregat yaitu :

- a. Pengawasan agregat harus dimulai dan saat kedatangannya sampai dengan pengambilan kembali.

- b. Agregat harus ditimbun diatas bak-bak berlantai jika volumenya dibawah 10 kubik meter.
- c. Jika agregat yang ditimbun dalam keadaan kering, terutama untuk agregat yang ditimbun di *stock field*.sebaiknya agregat disiram dengan menggunakan sprinkle (slang air).
- d. Agregat diuji secara berkala sebelum digunakan, sebagai control kualitas bahan.

3.3.3 Air

Air adalah pelarut yang kuat, melarutkan banyak jenis zat kimia. Zat-zat yang bercampur dan larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat "hidrofilik" (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah tercampur dengan air (misalnya lemak dan minyak), disebut sebagai zat-zat "hidrofobik" (takut-air). Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh dapat tidaknya zat tersebut menandingi kekuatan gaya tarik-menarik listrik (gaya intermolekul dipol-dipol) antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu menandingi gaya tarik-menarik antar molekul air, molekul-molekul zat tersebut tidak larut dan akan mengendap dalam air.

Dalam pembuatan beton air merupakan salah satu faktor penting karena air akan bereaksi dengan semen menjadi pasta pengikat agregat. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo, 2007).

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

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat antara air dan semen Portland di dalam campuran adukan beton. Dalam praktek pembuatan beton nilai fas berkisar antara 0,4 sampai dengan 0,6. Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum

dapat ditulis menurut Abrams (dalam Tjokrodimulyo, 2007) dengan persamaan :

$$f'c = A/Bx$$

dimana ;

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

x = Perbandingan volume antara air dan semen (fas)

A, B = Konstanta

3.4 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton itu sendiri. Akan naik secara cepat atau linear sampai umur 21 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan semen tipe I (*PCC*).laju kenaikan umur beton sangat tergantung dengan bahan penyusunnya. Yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya.

3.5 Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi Pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan beton dinotasikan sebaga berikut (PBI,1971).

$F'c$ = Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)

Fck =Kekuatan tekan beton yang didapatkan dan hasil uji kubus 150mm atau silinder diameter 150mm dan tinggi 300mm (MPa)

fc = Kekuatan tarik dan hasil uji belah silinder beton (MPa)

$f' cr$ = Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (MPa)

S = Deviasi standar (s) (MPa)

Menurut Standar Nasional Indonesia kuat tekan harus memenuhi $0,85 fc$ untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi $fc+0.82 s$ untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya.

Faktor Konversi Umur Beton

Kuat tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton mulai dicetak, laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, namun seiring berjalannya waktu, laju kenaikannya melambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari (*Johan Oberlyn Simanjuntak, 2015*). Dalam PBI N.I.-2 telah tercantum mengenai perbandingan kekuatan tekan beton normal pada umur beton tertentu yang tercantum dalam Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Perbandingan kuat tekan pada berbagai umur

| Umur Beton (Hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Semen Porthland Biasa | 0,4 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 1,20 | 2,35 |
| Semen Porthland dengan kekuatan awal tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |

(sumber: PBI N.I.-2, 1971)

Dalam SNI 03-2834-2000 juga terdapat tabel yang menyatakan kekuatan beton dengan berbagai macam jenis semen yang tercantum dalam tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Perkiraan kuat tekan (MPa) beton dengan faktor air semen, dan agregat kasaryang biasa dipakai di Indonesia

| Jenis Semen | Jenis Agregat kasar | Kekuatan Tekan (MPa) | | | | | Bentuk Benda Uji |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|----|----|----|----------|------------------|
| | | Pada Umur (Hari) | | | | | |
| | | 3 | 7 | 28 | 29 | | |
| <i>Semen Porthland Type 1</i> | Batu Tak dipecah | 17 | 23 | 33 | 40 | Silinder | |
| | Batu Pecah | 19 | 27 | 37 | 45 | | |
| <i>Semen Tahan Sulfat Type II, IV</i> | Batu Tak dipecah | 20 | 28 | 40 | 48 | Kubus | |
| | Batu Pecah | 25 | 32 | 45 | 54 | | |
| <i>Semen Porthland Type III</i> | Batu Tak dipecah | 21 | 28 | 38 | 44 | Silinder | |
| | Batu Pecah | 25 | 33 | 44 | 48 | | |
| | Batu Tak dipecah | 25 | 31 | 46 | 53 | Kubus | |
| | Batu Pecah | 30 | 40 | 53 | 60 | | |

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Faktor Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton menjadi tulang punggung dalam dunia konstruksi, sesungguhnya tergantung pada bahan penyusun dan metode. berikut yang mempengaruhi kuat tekan beton :

a. Kandungan semen

Semakin banyak material semen yang digunakan maka akan dihasilkan konstruksi beton bertulang yang kuat dan baik, karena penggunaan semen berbanding lurus dengan kekuatan konstruksi beton.

b. Kandungan air

Penggunaan air yang banyak maka akan menghasilkan kuat tekan beton yang buruk. Kuncinya gunakan air sedikit mungkin, hanya agar campuran konstruksi beton bisa dikerjakan diangkut, dicor dan dipadatkan. Faktor air dan bahan material semen dapat disimbolkan dengan W=air dan C=semen maka rumusnya $FAS=W/C$ dimana berat jenis air adalah 3150 kg/m^3 (ASTM).

c. Agregat

Campuran yang menggunakan banyak pasir walaupun akan menjadi beton halus membuat kekuatannya sedikit berkurang. Dan akan menurun jika campuran menggunakan molen terlalu lama, tetapi jika terdiri dari koral yang banyak konstruksi beton akan menjadi kasar dengan kekuatan yang lebih baik.