

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bata Ringan

Bata ringan adalah batu bata yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada bata pada umumnya. Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis: *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* dan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. Perbedaan bata ringan AAC dengan CLC dari segi proses pengeringan yaitu AAC mengalami pengeringan dalam oven autoklaf bertekanan tinggi sedangkan bata ringan jenis CLC yang mengalami proses pengeringan alami. CLC sering disebut juga sebagai *Non-Autoclaved Aerated Concrete (NAAC)*.

Bata ringan umumnya dibuat secara masal oleh pabrik dengan olahan bahan dari campuran pasir kuarsa, semen, kapur, gypsum, dan alumunium pasta. Menurut Gatut Susanta, 2008, bata ringan memiliki karakteristik yang ringan, halus dan sangat rata. Pada umumnya, bata ringan memiliki ukuran 60 cm x 20 cm dengan ketebalan yang bervariasi 7–15 cm. Seperti yang tertera pada website resmi bata citicon (www.bataciticon.com), bata ringan memiliki berat jenis kering sekitar 530 Kg/m³. Karena beratnya yang lebih ringan ketimbang batu bata merah, maka produktivitas pekerja untuk bata ringan tentu berbeda dengan produktivitas dinding bata merah. Adonan bata ringan umumnya terdiri dari pasir silika, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumunium pasta. Bahan-bahan ini dicampur kemudian dipanaskan dengan mesin *autoclave* pada suhu dan waktu yang telah ditentukan.

Bahan material yang terkandung dalam Bata ringan memiliki beberapa unsur yang sama persis dengan material yang terkandung dalam pasir, tabel berikut akan memperlihatkan kandungan dalam pasir dan bata ringan:

Tabel 0.1 Material dan Unsur Senyawa Pasir dan Bata Ringan

| Kandungan Material | |
|--------------------|-------------------------|
| Pasir | Bata Ringan |
| Mineral quarts | Pasir kuarsa /silika |
| Feldspor | Semen |
| Mineral silika | Batu Kapur |
| Besi | Gypsum |
| Kalsium | Air |
| | Aluminium pasta / bubuk |

Sumber : depobeta.com, 2022

Berdasarkan analisis kandungan material pada tabel 2.1 ditemukan komposisi yang sama antara material pasir dan bata ringan yaitu terdapat kalsium dan pasir kuarsa yang mengandung *silicon dioxide* atau silika dioksida (SiO₂). Terbuktinya material penyusun pasir dan bata ringan memiliki kandungan yang sama, penulis merencanakan penelitian dengan menggabungkan pasir dan bata ringan sebagai bahan campuran beton.

2.2. Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Tidak semua material substitusi berhasil meningkatkan kinerja beton karena berbagai sebab seperti karakteristiknya yang tidak baik sehingga interaksinya dengan komponen–komponen lain pembentuk beton tidak efektif, demikian pula halnya dengan komposisi penyusun material substitusi yang pada tingkat tertentu justru menurunkan kinerja beton (Karwur, R. Tenda, Wallah, & Windah, 2013).

Tingkat mutu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik dalam pemilihan bahan-bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonomis dari segi biayanya (Pujo Aji, Rachmat Purwono, 2010).

Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik. Bentuk material substitusi bervariasi, antara lain : berbentuk serat, bubuk, serbuk, bahkan cairan dengan hasil bervariasi ditampilkan melalui uji karakteristik mekanik, kimiawi, dan termal.

Beton adalah suatu massa yang terjadi dengan mencampurkan bahan semen, air dan agregat dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan. Beton dapat diklasifikasikan atas :

- a. Beton non struktural, yaitu beton yang hanya terdiri dari bahan campuran semen, air dan agregat serta bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan.

- b. Beton struktural, yaitu beton yang menggunakan bahan campuran semen, air, agregat dan bahan tambah bila di perlukan serta baja tulangan (besi beton).

Perbaikan kualitas serta sifat beton dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengganti maupun menambah material pokok semen dan agregat, sehingga dihasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik seperti beton ringan, beton berat, beton tahan bahan kimia tertentu dan sebagainya. Beton serat (*fibre reinforced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambahkan serat pada adukannya. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain, bambu, dan lain-lain.

2.3. Material Penyusun Beton

Tjokrodimuljo (1992) menyatakan bahan penyusun dalam campuran beton terdiri dari kelompok aktif dan kelompok pasif. Kelompok aktif merupakan bahan perekat atau pengikat yang terdiri dari semen, air dan bahan tambah kimia apabila digunakan. Kemudian kelompok pasif merupakan bahan pengisi yang terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil).

2.3.1. Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesi dan kohesi yang memungkinkan melekatnya fragmen fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Berdasarkan sifatnya semen dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Semen non hidrolis yaitu semene yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil didalam air. Contohnya: gips dan kapur keras
2. Semen hidrolis, yaitu semen yang dapat mengeras bila dicampur dengan air.
Contohnya: semen *portland*

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Jika dilihat dari komposisi semen maka ada empat oksida senyawa utama yang membentuk bahan semen terhadap proses pengikatan dan pengerasan yang terdiri dari batu kapur (*lime stone*) CaO, *Silika* (SiO₂), *Alumina* (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃). Keempat senyawa tersebut bereaksi satu sama lain didalam *klin* membentuk *klinker*. Total kandungan keempat oksida ini \pm 90% dari total berat semen, sedangkan sisanya terdiri dari oksida magnesium dan beberapa unsur lainnya (*impurities*) seperti alkali, titanium, sulfur dan fosfor. Keempat senyawa kompleks tersebut tercantum pada tabel berikut :

Tabel 0.2 Komposisi Utama Semen

| Nama Senyawa | Rumus Kimia | Singkatan | Kadar rata-rata (%) |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| Trikalsium Silikat | 3CaO.SiO ₂ | C ₃ S | 37-60 |
| Dikalsium Silikat | 2CaO.SiO ₂ | C ₂ S | 15-37 |
| Trikalsium Aluminate | 3CaO.A12O3 | C ₃ A | 7-15 |
| Tetrakalsium Alumina Ferit | 4CaO.A1O3.Fe2O3 | C ₄ AF | 10-20 |

Sumber : S. Mindess, Francis Y., dan D. Darwin, 2003

2.3.2 Bahan Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara 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 jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut dan bahan pengisi yang saat ini sering digunakan (Ghafur, 2009).

2.3.3 Air

Air pada pembuatan beton digunakan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan pada pekerjaan beton. Air yang digunakan sebagai campuran beton umumnya air yang bersih, tidak mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar garam, minyak, dan bahan kimia lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan kimiawi berlebih yang terkandung pada air dapat menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. (Mulyono, 2004).

SNI 03-2847-2002 menetapkan syarat-syarat mutu air yang digunakan untuk campuran beton, sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan yang merusak beton, seperti mengandung oli, alkali, garam, dan bahan organik,
- b. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton kecuali setelah melalui pengujian kualitas air,
- c. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama

Berdasarkan keterangan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa air yang dapat digunakan sebagai campuran beton ialah air hujan, air tanah, dan air limbah yang masih memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan.

2.3.4 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Agregat untuk beton adalah butiran mineral keras yang

bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran antara 0,063 mm — 150 mm. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam hal ini, agregat yang digunakan adalah agregat alami yang berupa *coarse agregat* (kerikil), *coarse sand* (pasir kasar), dan *fine sand* (pasir halus). Dalam campuran beton, agregat merupakan bahan penguat (*strengter*) dan pengisi (*filler*), dan menempati 60% — 75% dari volume total beton.

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam beton :

- a. Menghemat penggunaan semen Portland
- b. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- c. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
- d. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat.

2.3.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm — 150 mm..

Ketentuan agregat kasar antara lain:

Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
 - Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
 - Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana pengujian Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
 - Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
 - Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk Coarse Aggregate antara 6–7,5.
- Jenis agregat kasar yang umum adalah:
- Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
 - Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
 - Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
 - Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

2.3.4.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm — 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (*Coarse Sand*) dan pasir halus (*Fine Sand*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus. Menurut PBI, agregat halus memenuhi syarat:

- Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton berkurang 5 %.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Fine Sand* antara 2,2–3,2.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Sand* antara 3,2–4,5.
- Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya.

Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama.

Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2%
- Sisa diatas ayakan 1mm minimum beratnya 10%
- Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.

2.3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan campuran beton selain semen, air, dan agregat yang dimasukkan pada saat sebelum atau selama proses pencampuran beton dilakukan. Bahan tambah hanya digunakan pada kondisi atau tujuan tertentu dengan jumlah yang relatif sedikit, namun membuat pengaruh yang cukup besar terhadap campuran beton. (Nugraha, dan Antoni, 2007).

Standar ASTM C 494 membedakan bahan tambah kimia dalam pencampuran beton menjadi beberapa bagian, diacu dalam Mulyono (2004), antara lain:

1. Tipe A "*Water Reducing Admixture*" merupakan bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi air pencampur agar didapat beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B "*Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi waktu pengikatan beton agar memberikan waktu yang lebih lama dalam pengerjaan dan tetap mudah dikerjakan.
3. Tipe C "*Accelerating Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D "*Water Reducing and Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton.
5. Tipe E "*Water Reducing and Accelerating Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan

mempercepat waktu pengikatan serta kekuatan awal beton.

6. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixture*” merupakan bahan yang berguna untuk mengurangi air pencampur sebanyak 12% atau lebih atau lebih dikenal dengan nama “*Superplasticizer*”.
7. Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*” merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton. Tipe ini merupakan gabungan tipe B dan F.

Menurut Kosmatka, dkk (2003) terdapat beberapa alasan utama digunakannya bahan tambah dalam campuran beton, diantaranya adalah:

1. Untuk mengurangi biaya konstruksi,
2. Untuk mencapai sifat atau karakteristik tertentu pada beton, dengan menggunakan bahan tambah dirasa lebih efektif dibandingkan dengan cara lain,
3. Untuk menjaga kualitas beton selama tahap pencampuran, pengangkutan, penempatan, dan perawatan dalam kondisi cuaca yang buruk,
4. Untuk mengatasi keadaan darurat tertentu yang terjadi selama proses pengecoran.

2.3.6 Perancangan Campuran Beton

Pada penelitian ini akan menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton yang mengacu pada standar SNI-03-2834-2000. Tata cara urutan perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan beton dan menghitung nilai deviasi standar. Apabila jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali sedangkan bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa. Faktor nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 0.3 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar

| Jumlah Benda Uji | Faktor Pengali |
|------------------|----------------|
| <15 | - |
| 15 | 1,16 |
| 20 | 1,08 |
| 25 | 1,03 |
| ≥ 30 | 1,00 |

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 0.4 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

| Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan | Sd (MPa) |
|-------------------------------------|----------|
| Memuaskan | 2,8 |
| Sangat Baik | 3,5 |
| Baik | 4,2 |
| Cukup | 5,6 |
| Jelek | 7,0 |
| Tanpa Kendali | 8,4 |

Sumber: SNI 03-2834-2000

2. Menghitung nilai tambah dengan Persamaan berikut:

$$M = 1,64 \times S_d \quad (2.1)$$

dengan:

M = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

S_d = Deviasi standar rencan

3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$f_{cr} = f'c + M \quad (2.2)$$

dengan:

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

$f'c$ = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

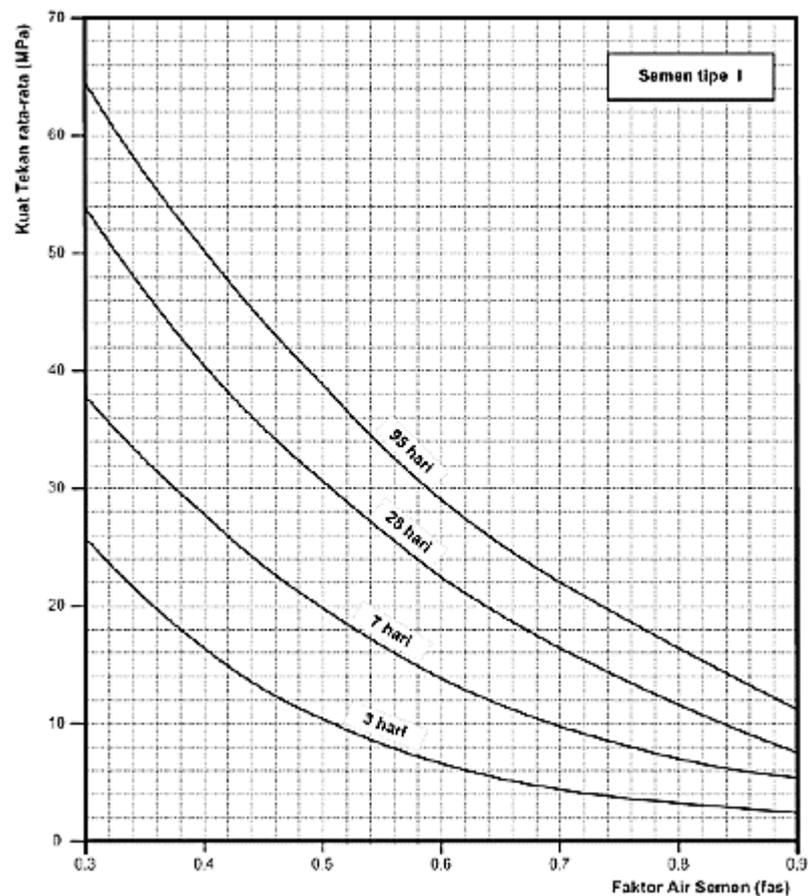
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menentukan jenis semen yang digunakan.
5. Menentukan jenis agregat yang digunakan.
6. Menentukan faktor air semen (*fas*) dengan menggunakan Tabel 2.3 dan grafik pada Gambar 2.1 dari kedua nilai diambil *fas* yang terkecil.

Tabel 0.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $fas = 0,5$

| Jenis Semen | Jenis Agregat Kasar | Kuat Tekan (MPa) | | | | Benda Uji |
|--------------------------------|---------------------|------------------|----|----|----|-----------|
| | | Pada Umur (hari) | | | | |
| | | 3 | 7 | 28 | 91 | |
| Semen <i>Portland</i> Tipe I | Batu tak dipecahkan | 17 | 23 | 33 | 40 | Silinder |
| | Batu pecah | 19 | 27 | 37 | 45 | |
| Semen tahan sulfat Tipe II, V | Batu tak dipecahkan | 20 | 28 | 40 | 48 | Kubus |
| | Batu pecah | 23 | 32 | 45 | 54 | |
| Semen <i>Portland</i> Tipe III | Batu tak dipecahkan | 21 | 28 | 38 | 44 | Silinder |
| | Batu pecah | 25 | 33 | 44 | 48 | |
| | Batu tak dipecahkan | 25 | 31 | 46 | 53 | Kubus |
| | Batu pecah | 30 | 40 | 53 | 60 | |

Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 0.1 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton Untuk Benda Uji Silinder. (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tabel 0.6 Persyaratan FAS Maksimum dan Jumlah Semen Minimum
Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus

| Jenis Pembetonan | Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg) | Nilai fas maksimum |
|---|--|--------------------|
| Beton didalam ruangan bangunan | | |
| a. Keadaan keliling non-korosif | 275 | 0,60 |
| b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 325 | 0,52 |
| Beton diluar ruangan bangunan | | |
| a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0,60 |
| b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung | 275 | 0,60 |
| Beton masuk ke dalam tanah | | |
| a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 325 | 0,55 |
| b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | | Tabel 5 |
| Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut | | Tabel 6 |

Sumber: SNI-03-2834-2000

Sumber: SNI 03-2834-2000

7. Nilai slump yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton ditentukan. Tingkat kelecakan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Penetapan nilai slump dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Slump ditetapkan sesuai

dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan.

8. Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.
9. Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (2.3)$$

dengan:

Wh = perkiraan jumlah air untuk agregat halus, dan

Wk = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari tabel berikut:

Tabel 0.7 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

| Ukuran Maksimum Agregat (mm) | Jenis Agregat | Slump (mm) | | | |
|------------------------------|------------------|------------|-------|-------|--------|
| | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-100 |
| 10 | Batu tak dipecah | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu Pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Batu tak dipecah | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu Pecah | 170 | 190 | 160 | 225 |
| 40 | Batu tak dipecah | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu Pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Sumber: SNI 03-2834-2000

10. Jumlah kadar semen yang dipakai per meter kubik beton dihitung

- a. Dengan menggunakan tabel

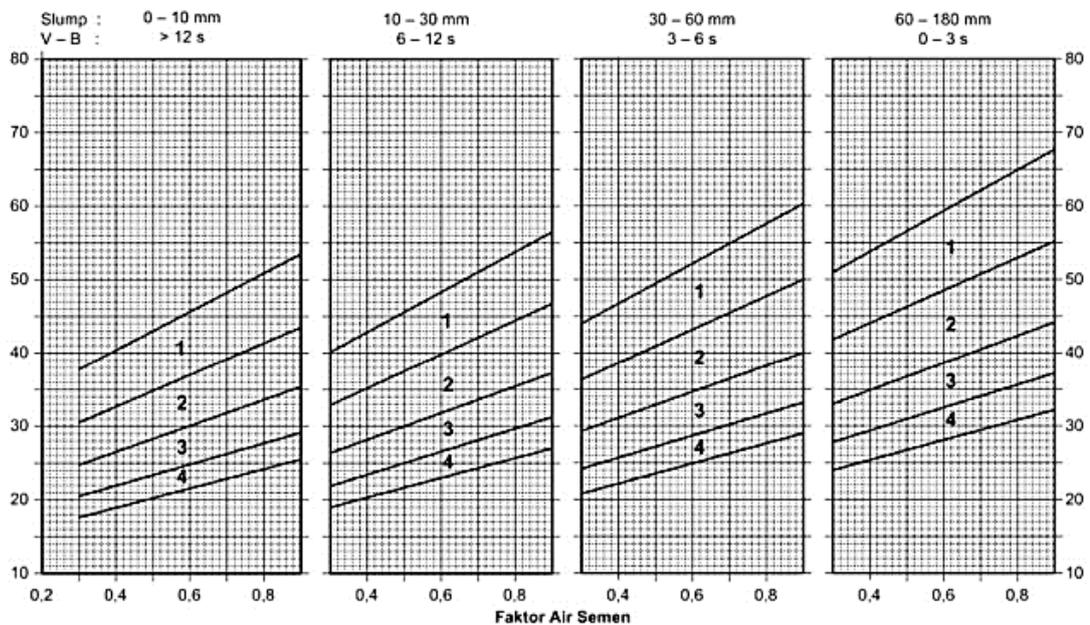
Tabel yang digunakan adalah Tabel 2.5 yang telah tertera dalam perhitungan nilai f_{as} dan kondisi lingkungan beton.

- b. Dengan menggunakan rumus

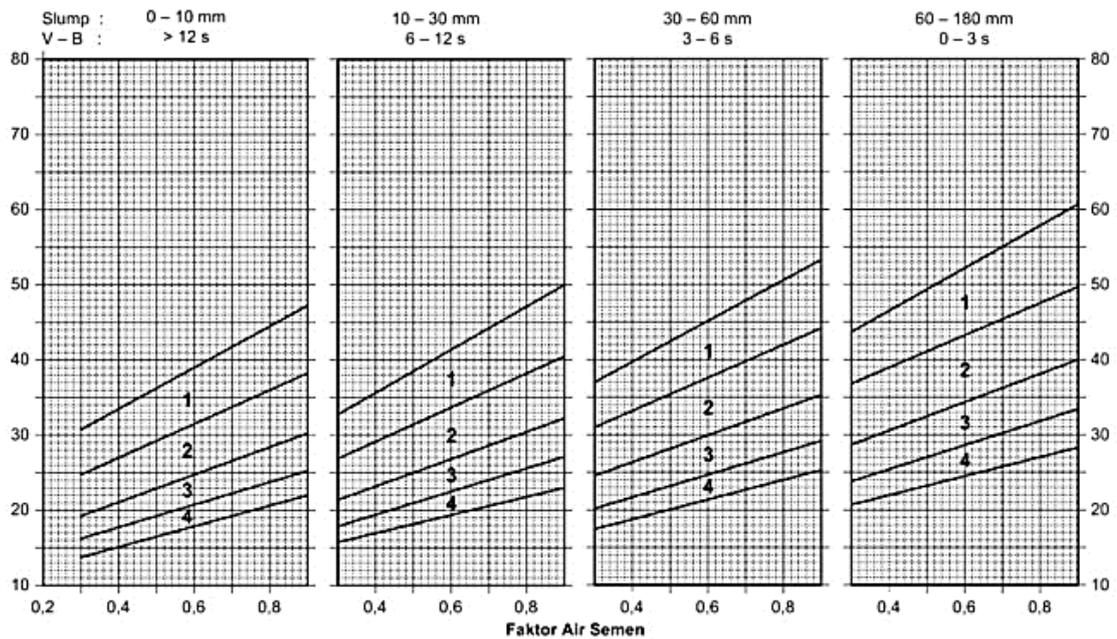
Jumlah kadar semen yang dipakai per m³ beton dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{f_{as}} \quad (2.4)$$

11. Persentase agregat halus dan agregat kasar ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 berikut:



Gambar 0.2 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm (Sumber SNI 03-2834-2000)



Gambar 0.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm (Sumber: SNI 03-2834-200)

Adapun untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- Pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 diatas, grafik yang akan dipakai ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Garis vertikal ke atas ditarik sampai ke kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- Kemudian, garis horizontal ditarik ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- Rata-rata dari kedua nilai tersebut diambil.

Untuk nilai persentase agregat kasar dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Nilai persentase agregat kasar} = (100\% - \text{Persentase agregat halus}) \quad (2.5)$$

12. Berat jenis relatif agregat yang diambil dihitung berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan dibawah:

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (2.6)$$

dengan:

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan,

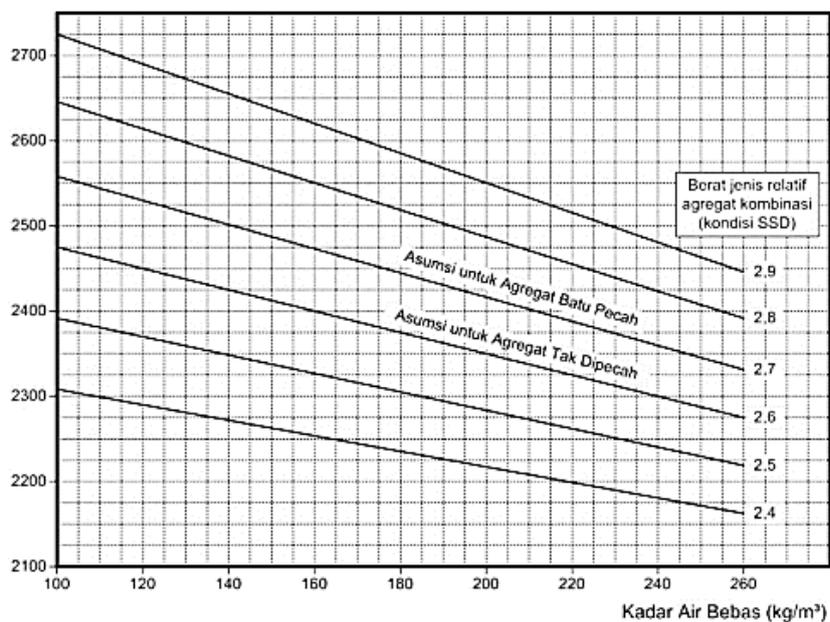
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus,

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar,

$\%AH$ = Persentase agregat halus dan

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

13. Nilai berat isi beton ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 0.4 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah selesai

dipadatkan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Pada Gambar 2.3 diatas, garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan ditarik sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik,
- b) Garis vertikal ditarik ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian garis horizontal ditarik ke kiri pada perpotongan kedua garis di atas dan dicatat nilainya.

14. Kadar agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \quad (2.7)$$

15. Kadar agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ Agregat Halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (2.8)$$

16. Kadar agregat kasar dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ Agregat Kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (2.9)$$

17. Proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD) dihitung dan kemudian didapatkan susunan campuran proporsi teoretis untuk setiap 1 m³ beton.

18. Berat masing- masing dihitung setiap variasi campuran

2.4 Faktor Air Semen (*fas*)

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. Jadi dapat dikatakan, Fungsi *fas*, yaitu:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan bleeding terhadap bahan campuran beton.

Menurut S. Mindess, Young dan D. Darwin, (2003), 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.

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.

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh L. J. Murdock dan K. M. Brook (1986, Hal. 97), 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.

Faktor air semen (*fas*) dan kepadatan Beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan

beton yang terbaik. Menurut Tjokrodimulyo (2007) umumnya nilai *fas* yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

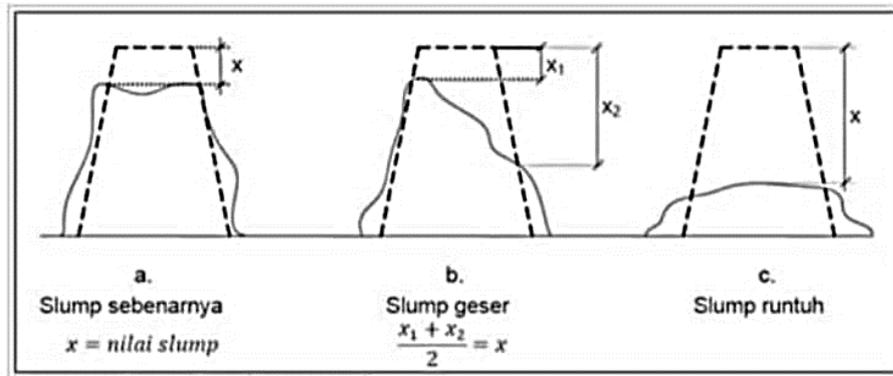
2.5 Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing–masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan.

Menguji nilai *slump* dalam pelaksanaannya terdapat tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

- *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.

- *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.



Sumber: lawtjunnji.weebly.com

Gambar 0.5 Macam-macam tipe *slump*

2.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2002) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang dimaksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³. Terdapat juga agregat halus (pasir) alam sebagai hasil disintegrasi secara 'alami' dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar (kerikil) sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian, yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tagangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, dan kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Khusus beton saja yang

tidak bertulang disebut beton tanpa tulang (*plain concrete*). Untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategis) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (*prestressed concrete*).

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.10)$$

dengan:

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa),

P = Beban tekan maksimum (N),

A = luas bidang tekan (mm²)

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

