

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu komposit terdiri dari beberapa bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Pasta semen mengikat bahan-bahan agregat pasir, batu kerikil, basit, mangan dan sebagainya. Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus.

Beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Dalam perkembangan selanjutnya penggunaan beton tidak hanya terbatas pada bangunan-bangunan gedung saja, tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan perisai radiasi. Untuk itu dibutuhkan campuran beton yang mempunyai kekompakan dan kerapatan tinggi, kuat tekan tinggi yang tahan terhadap radiasi.

Untuk mendapatkan beton (tanpa tulangan) yang baik, dibutuhkan pengetahuan dan pengalaman dalam hal sebagai berikut :

1. mengenali sifat-sifat bahan dasar pembentuknya.

2. menghitung perbandingan campuran yang tepat,
3. cara pelaksanaan,
4. cara perawatan.

Perbandingan air terhadap semen merupakan salah satu faktor penting didalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen semakin tinggi kekuatan tekan yang diperoleh, sebaliknya kelebihan air akan menurunkan kekuatan tekan.

2.2 Material Penyusun Beton

Pada saat ini dalam pembuatan bangunan banyak digunakan beton mutu tinggi. Untuk itu seorang perencana dituntut untuk dapat merancang campuran yang tepat sehingga dapat diperoleh beton yang baik dan sesuai dengan mutu beton yang disyaratkan.

Adapun syarat-syarat beton yang baik adalah sebagai berikut :

1. kuat tekan tinggi,
2. mudah dikerjakan,
3. tahan lama,
4. murah.

Untuk mendapatkan beton yang baik dan sesuai dengan mutu yang disyaratkan, maka sifat-sifat dan persyaratan-persyaratan material penyusun beton

mutlak harus diketahui karena sifat bahan yang tidak sesuai dan tidak memenuhi syarat, akan berpengaruh terhadap mutu beton yang akan diperoleh.

2.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat.

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butir agregat. Semen mengisi kira-kira 10 % dari volume beton (Kardiono Tjokrodimulyo, 1992).

Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekuatan yang cukup untuk memikul suatu tekanan tertentu yang diberikan.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengikatan semen adalah sebagai berikut ini.

1. Umur semen

Selama semen itu disimpan untuk jangka waktu lama, semen itu akan menghisap air dan zat asam arang dari udara, sehingga terjadi pra-hydrasi. Sebagai akibatnya, semen itu akan menunjukkan proses pengikatan yang lambat disamping itu akan diperoleh kuat tekan lebih rendah.

2. Jumlah air

Agar supaya reaksi kimia antara semen dan air berlangsung dengan memuaskan, dibutuhkan air sebanyak kira-kira 20% dari berat semen.

3. Suhu

Kecepatan sesuatu reaksi kimia tergantung pada suhu dari masa yang bereaksi serta suhu lingkungannya. Reaksi antara semen dan air berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi.

4. Penambahan zat kimia

Penambahan zat-zat kimia tertentu dapat mempercepat waktu pengikatan, seperti Calcium Chlorida, Aluminium Chlorida, Natrium Sulfat dan sebagainya.

2.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70-75 % dari volume mortar atau beton. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus adalah pasir alam, yaitu hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu, dengan ukuran terbesar 5,0 mm. Pasir sungai termasuk pasir alam yang diperoleh langsung dari sungai. Umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses gesekan.

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam atau berasal dari mesin pemecah batu, dengan ukuran 5-40 mm. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan atas tiga golongan, yaitu :

1. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat dengan berat jenisnya antara 2,5-2,8 gr/cm³.

2. Agregat Berat

Agregat berat ialah agregat dengan berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³. Agregat jenis ini misalnya adalah serbuk besi, barit dan limonit. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis sampai 5 gr/cm³, biasa dipergunakan sebagai dinding penahan radiasi sinar X.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan ialah agregat dengan berat jenisnya kurang dari 2,0 gr/cm³. Biasa dipakai untuk beton non-struktur, namun dapat juga untuk beton struktural atau blok dinding tembok.

Gradasi baik adalah sesuatu yang penting pada penggunaan agregat kasar. Bila agregat bergradasi sama atau seragam, maka volume pori akan besar dan sebaliknya jika gradasi bervariasi, maka volume pori akan kecil.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus ("abration test") dengan menggunakan mesin uji

Los Angeles atau bejana Rudeloff. Syarat maksimum bagian hancur lolos saringan 1,7 mm adalah 50 %.

2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus, jumlah kotoran tidak boleh lebih dari 5 %. Pada agregat kasar, kandungan kotoran dibatasi hingga 1 %. Jika kandungan kotoran melebihi batas maksimum, harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Modulus Halus Butir (MHB) pasir berkisar antara 1,5-3,8 sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen.
6. Bersifat kekal, tidak hancur karena pengaruh cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus mempunyai tingkat keawetan reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang.

2.2.3 Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirannya lebih besar dari 0,15 mm dan lebih kecil dari 5 mm. Pasir dapat berupa pasir alam atau pecahan batu yang dihasilkan dari alat pemecah batu.

Pasir halus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras. Bentuk tajam diperlukan untuk ikatan yang baik dalam adukan. Tetapi bentuk tajam menimbulkan gesekan yang besar, yang dapat mengurangi sifat mudah gerak ("mobilitas") adukannya. Sifat keras diperlukan untuk dapat menghasilkan beton yang keras pula. Butiran pasir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh perubahan cuaca.

Pasir tidak boleh mengandung lumpur melebihi 5% terhadap berat keringnya. Apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka pasirnya harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan pengujian warna dari Abrams Harder. Pasir yang tidak memenuhi pengujian warna ini dapat juga dipakai asal kuat desak adukan dengan pasir tersebut pada umur 7, 14 dan 28 hari tidak kurang dari 95% kuat desak adukan dengan pasir yang sama, tetapi telah dicuci dalam larutan NaOH 3 % yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih.

2.2.4 Air

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir agregat, pasir dan semen agar memudahkan pelaksanaan dan pencetakan. Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi yang tertentu. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan sekitar 20 % dari berat semen, namun dalam kenyataannya beton

sulit untuk dikerjakan, oleh karena itu dibutuhkan tambahan air untuk menjadi pelumas. Tetapi perlu diketahui bahwa tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan menurun dan beton menjadi porous. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan "bleeding" dan kemudian menjadi lapisan buih yang mengurangi lekatan antara lapisan-lapisan beton.

Adapun syarat-syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat beton adalah sebagai berikut ini.

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam (asam, zat organik) yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram /liter.

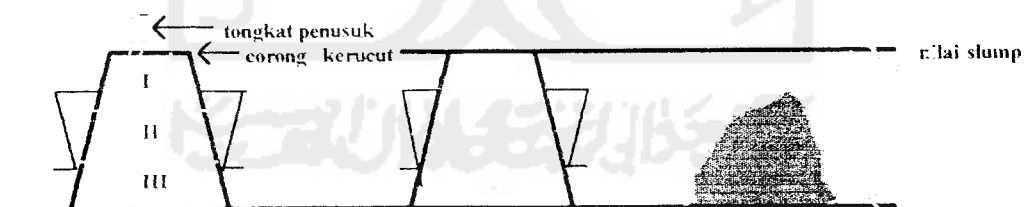
Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Untuk air rawatan, dapat dipakai juga air yang digunakan untuk pengadukan.

2.3 Kekentalan

Beton yang padat dan kuat adalah beton dengan jumlah volume rongga yang minimal. Beton yang padat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal

konsisten dengan derajat workabilitas adalah ukuran tingkat kemudahan pengadukan, pengangkutan, penuangan, dan pemadatan adukan beton.

Tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton berkaitan erat dengan tingkat kekentalan adukan beton, makin kental suatu adukan beton makin susah cara pengerjaannya. Kekentalan adukan beton harus disesuaikan dengan cara pengangkutan, cara pemadatan, jenis konstruksi, dan kerapatan dari tulangan. Kekentalan tersebut tergantung pada jumlah dan jenis semen, nilai faktor air semen, jenis dan susunan butir agregat serta penggunaan bahan-bahan pembantu. Untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton, dapat dilakukan dengan percobaan "slump". Adukan beton untuk keperluan pengujian "slump" ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk. Hasil pengukuran dari tingkat kekentalan beton yang dilakukan disebut ukuran "slump", yang merupakan nilai atau ukuran dari kekentalan adukan beton yang dibuat, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1 Pelaksanaan pengujian "slump"

Untuk maksud-maksud dan alasan-alasan tertentu, maka nilai "slump" dapat diambil sesuai dengan keinginan tapi harus memenuhi hal-hal berikut :

1. beton dapat dikerjakan dengan baik,

2. tidak terjadi pemisahan dari adukan,
3. mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.

2.4 Workabilitas

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan Newman, 1965 mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah :

1. kompaktilitas, atau kemudahan sehingga beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil,
2. mobilitas, atau kemudahan sehingga beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali,
3. stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan butiran dari bahan-bahan utamanya.

"Slump test" adalah petunjuk yang baik dari mobilitas dan stabilitas beton dengan workabilitas menengah atau tinggi. Perubahan faktor air semen lebih sensitif terhadap campuran yang banyak semen daripada campuran yang kurang semen dimana terjadi pencampuran partikel. Oleh karena itu penambahan air harus diikuti penambahan semen agar tidak merubah faktor air semennya dan untuk mencegah terjadinya "bleeding" serta "segregasi".

2.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton ialah kuat tekan yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji kubus yang bersisi 15 cm pada umur 28 hari. Apabila kuat tekan beton tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji kubus yang bersisi 20 cm atau dengan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kuat tekan yang didapat dari benda-benda uji terakhir ini dan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm. harus diambil menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan kuat tekan beton

Benda Uji		Perbandingan Kuat Tekan Beton
kubus	15 * 15 * 15 cm	1,00
kubus	20 * 20 * 20 cm	0,95
silinder	15 * 30 cm	0,83

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, kuat tekan lekat tinggi, rapat air, susut kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca serta tahan terhadap zat-zat kimia yang akan merusak beton mutu beton. Apabila kuat tekan beton tinggi, maka sifat-sifat lainnya cenderung baik. Peninjauan secara kasar biasanya hanya ditujukan pada kuat tekan saja.

Kuat tekan beton dipengaruhi beberapa faktor. Perbandingan berat air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kuat tekan beton. Selain itu faktor-faktor yang berpengaruh adalah sebagai berikut ini.

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata beton.

2. Jenis dan bentuk permukaan agregat.

Penggunaan agregat kasar dengan permukaan kasar pada kenyataannya akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih besar daripada agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi rawatan ("curing").

Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu, direncanakan suatu cara rawatan untuk mempertahankan beton supaya terus-menerus berada dalam keadaan basah selama perioda beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan beberapa selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang. Pengeringan yang dilakukan sebelum waktunya dapat menghilangkan kekuatan beton hingga sekitar 40 %.

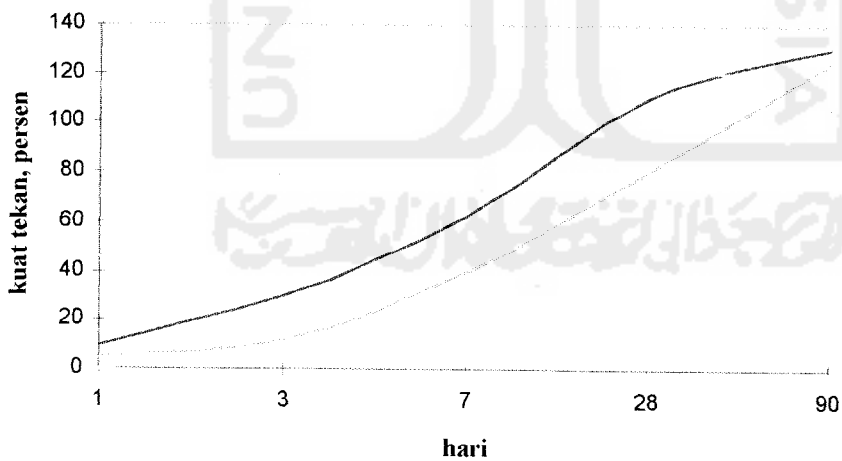
4. Faktor umur.

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Pengerasan beton berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : faktor air semen dan suhu rawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi

suhu rawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya, Seperti terlihat pada gambar 2.2 dan gambar 2.3.



Gambar 2.2 Pengaruh faktor air-semen terhadap laju kenaikan kuat tekan beton



Gambar 2.3 Pengaruh suhu pada laju kenaikan kuat tekan beton

5. Mutu agregat.

Pada umumnya, kuat dan tahan terhadap aus ("abrasi") agregat kasar sangat berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton, disamping faktor lainnya.

Perhitungan kuat tekan beton tidak terlepas dari perhitungan kuat tekan beton karakteristik, karena kuat tekan beton karakteristik diperlukan untuk mengetahui mutu beton dan mutu pelaksanaan. Cara perhitungan kuat beton karakteristik dipergunakan rumus sebagai berikut ini.

$$\sigma_{bm}' = \frac{\sum \sigma_b'}{n} \quad (2.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

Rumus untuk menghitung kuat tekan karakteristik beton adalah :

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - Zn.S \quad (2.3)$$

dengan :

Zn = faktor pengali deviasi standart.

σ_{bk}' = kuat tekan karakteristik beton (kg/cm^2),

σ_{bm}' = kuat tekan beton rata-rata (kg cm^2),

σ_b' = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji (kg/cm^2),

S = deviasi standart (kg cm^2),

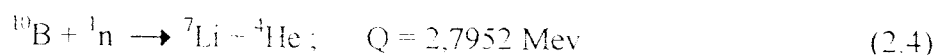
n = jumlah benda uji.

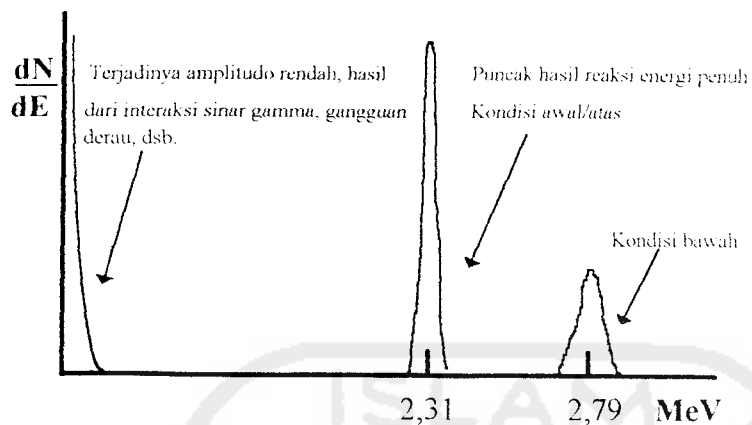
2.6 Detektor

Detektor merupakan peralatan yang mempunyai peranan sangat penting dalam eksperimen-eksperimen nuklir, termasuk eksperimen pengukuranampang lintang reaksi neutron maupun atenuasi neutron. Detektor yang digunakan dalam hal ini adalah detektor jenis BF_3 .

Pada penelitian ini tidak digunakan selektor neutron sehingga neutron yang tertangkap detektor tidak hanya neutron termal, melainkan juga neutron cepat dan epitermal. Untuk memisahkan neutron termal dari neutron cepat, digunakan sebuah pelat kadmium (Cd) tipis sebagai pengganti selektor neutron. Dengan adanya pelat kadmium ini neutron termal akan tertangkap, sedangkan neutron cepat atau epitermal akan diteruskan.

Apabila neutron termal bereaksi dengan BF_3 produk yang terjadi adalah ${}^7\text{Li}$ yang berada pada keadaan dasar atau dalam keadaan tereksitasi dengan disertai pemencaran partikel alfa. Apabila seluruh energi ${}^7\text{Li}$ dan α hasil reaksi tersebut seluruhnya diserap oleh medium gas detektor, maka spektrum pulsa idealnya menunjukkan dua puncak seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.4 (Didin Nasiruddin, 1994). Persamaan reaksinya adalah :

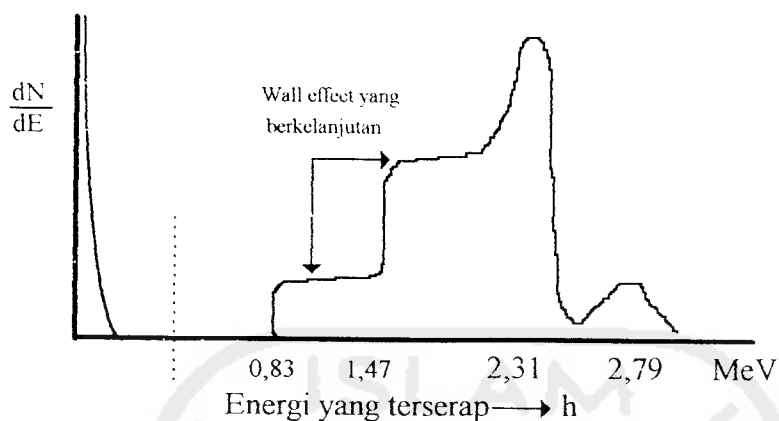




Gambar 2.4 Bentuk pulsa yang diharapkan dari tabung BF_3 berukuran besar dengan seluruh energi reaksi terserap

Dalam kenyataan ${}^7\text{Li}$ dan α tidak selalu memberikan seluruh energinya pada gas medium detektor. Ada kalanya ${}^7\text{Li}$ dan α menumbuk dinding detektor sehingga sebagian energinya diberikan pada dinding detektor tersebut. Hal ini mengakibatkan pulsa yang dihasilkan menjadi lebih rendah dan dikenal sebagai "wall-effect".

Kemungkinan yang dapat terjadi pada "wall-effect" adalah partikel α menumbuk dinding setelah memberikan sebagian energinya pada gas medium detektor, sedangkan energi yang berasal dari ${}^7\text{Li}$ seluruhnya diserap oleh gas. Kemungkinan lain adalah ${}^7\text{Li}$ yang menumbuk dinding setelah memberikan sebagian energinya kepada gas medium detektor, dan energi partikel alfa diserap seluruhnya oleh medium gas. Kedua kemungkinan dari "wall-effect" tersebut menghasilkan spektrum yang terbentuk seperti pada gambar 2.5 (Didin Nasiruddin, 1994).



Gambar 2.5 Spektrum dari tabung BF_3 berukuran besar saat terjadi "wall effect"

Detektor BF_3 juga mampu membedakan antara pulsa yang berasal dari interaksi sinar gamma dengan pulsa yang berasal dari interaksi neutron termal.

2.7 Ketentuan: Menurut Metode DREUX

Beton adalah salah satu bahan yang dapat dipakai sebagai perisai radiasi neutron. Beton yang tahan terhadap suhu tinggi, kerapatan dan kepadatan yang tinggi mampu menyerap radiasi neutron lebih tinggi.

Ada beberapa macam metode untuk mendapatkan campuran beton antara lain adalah metode "ACI", "ROAD NOTE 4", "DOE", dan "DRUEX". Masing-masing metode itu mempunyai asumsi yang berbeda untuk mendapatkan variasi campuran beton, sehingga akan mempengaruhi berat masing-masing agregat pembentuknya.

2.8 Metode "DRUEX"

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode "DREUX". Metode ini dipakai karena merupakan satu cara perhitungan komposisi campuran beton yang sangat praktis untuk mendapatkan beton mutu tinggi. Rumus yang digunakan dalam metode ini dikemukakan oleh seorang ahli dari Perancis, Prof. Dreux yaitu :

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c \cdot (C/E \pm 0,5) \quad (2.5)$$

dengan :

σ_{28} = kekuatan tekan rata-rata pada umur beton 28 hari, berdasarkan benda uji silinder,

G = faktor kekompakan butiran (faktor granulair), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar. Angka ini berkisar antara 0,35-0,65 tergantung pada kualitas dan diameter maksimal butiran,

σ_c = kekuatan semen berdasarkan data dari pabrik semen yang dipakai atau juga informasi dari Lembaga Penelitian Bahan.

C = berat semen per meter kubik beton,

E = berat air per meter kubik beton.

Didalam rumus (2.5), nilai-nilai yang ditetapkan lebih dahulu adalah :

1. kekuatan tekan rata-rata σ'_{28} yang ditetapkan berdasarkan σ'_{BK} yang direncanakan.

2. koefisien granular dari butiran G, untuk yang umum harga G ini dapat diambil sama dengan 0,5,
3. kekuatan semen σ'_c , misalnya semen Nusantara, menurut informasi dari Balai Penelitian Bahan $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$.

2.8.1 Perhitungan komposisi campuran beton

1. Umum

σ'_{28} didalam rumus 2.5 diatas merupakan kuat tekan rata-rata, sedangkan yang kita rencanakan adalah kuat beton karakteristik (σ'_{bk}). Hal ini tidak menjadi masalah, karena ada korelasi antara σ' rata-rata dan σ'_{bk} sebagai berikut :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{\text{rata-rata}} - 1,64 S \quad (2.6)$$

atau

$$\sigma'_{\text{rata-rata}} = \sigma'_{bk} + 1,64 S$$

keterangan S = deviasi standart

Jadi berdasarkan σ'_{bk} yang direncanakan senantiasa dapat dihitung $\sigma'_{\text{rata-rata}}$ dengan mengambil standart deviasi s menurut PBI 1971 Pasal 4.5 ayat (!).

Disamping itu σ'_{28} tersebut didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi = 30 cm, sedangkan σ'_{bk} didasarkan atas benda uji kubus dengan sisi 15 cm. Hal ini dapat diatasi dengan mengambil konversi menurut PBI 1971 Pasal 4.1 ayat (3) :

$$\sigma'_{\text{silinder } 15 \times 30 \text{ cm}} = 0.83 \sigma'_{\text{kubus } 15 \text{ cm}} \quad (2.7)$$

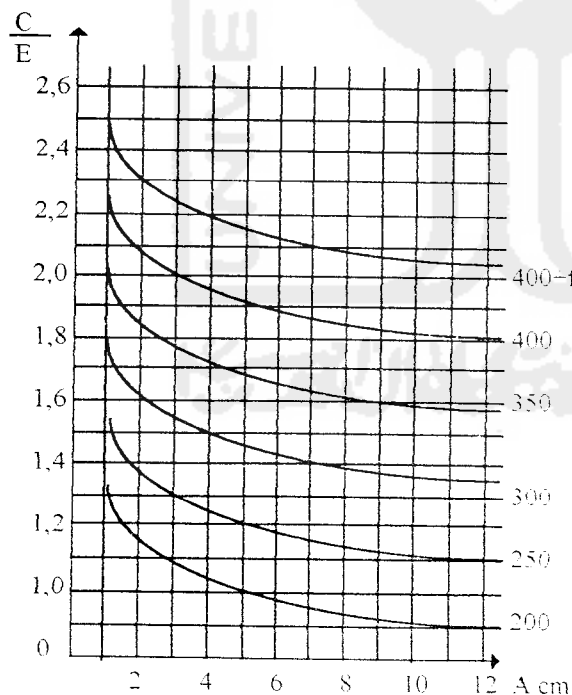
Jika memperhatikan rumus (2.5) di atas, maka hal yang sangat penting yang dapat dicatat adalah, bahwa kekuatan beton tidak bergantung pada jumlah semen yang dipakai, dengan syarat harga C/E tetap. Tetapi berhubung untuk satu campuran beton harus dapat dikerjakan ("workable") dan jumlah semen tidak boleh kurang dari nilai minimum, maka rumus (2.5) tersebut berlaku untuk :

1. nilai C/E berkisar antara 1,5 -2,5,
2. jumlah semen (c) $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ beton.

2. Menentukan jumlah (dosis) semen dan air

Didalam rumus (2.5), nilai-nilai yang ditetapkan lebih dahulu adalah :

1. kuat tekan rata-rata σ'_{28} yang ditetapkan berdasarkan σ'_{bk} yang direncanakan,



Gambar 2.6 Grafik Kebutuhan Semen
 $C = f(C/E, A)$, A = tinggi "Slump"

2. koefisien granulair dari butiran G, untuk yang umum harga G ini dapat diambil sama dengan 0,5,
3. kekuatan semen σ'_c , misalnya semen Nusantara, menurut informasi dari Balai Penelitian Bahan $\sigma'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$.

Berdasarkan nilai-nilai yang telah ditetapkan lebih dahulu di atas, maka rumus (2.5) akan menghasilkan nilai C/E, akan tetapi baik C maupun E belum diketahui nilainya masing-masing. Untuk menentukan nilai C, maka dipakai grafik pada gambar 2.6, yang menyatakan hubungan antara C dan besarnya angka "Slump" untuk setiap jumlah semen tiap meter kubik beton. Nilai C dapat ditetapkan berdasarkan besarnya "Slump" yang diinginkan, yang menunjukkan kemudahan pengerjaan ("workability") dari beton yang kita rencanakan. Sekalipun demikian perlu diingat, bahwa semen merupakan komponen yang paling mahal dalam campuran, karena itu jika dikehendaki beton dengan kekuatan tinggi dengan jumlah semen yang ekonomis (tidak kurang dari nilai minimum) maka "Slump"-nya harus diambil sekecil mungkin selagi masih dapat dikerjakan ("workable"). Jika adukan beton akan diencerkan (supaya lebih "workable") dengan mempertahankan agar kekuatannya tetap, maka dapat menempuh dua jalan, mana yang lebih ekonomis:

- a). dengan menambah air, tetapi juga menambah jumlah semen agar nilai C/E tetap.
- b). dengan tidak menambah air, tetapi harus menambah admixture ("retarder").

Dengan ditemukannya kuantitas semen yang akan digunakan, maka juga kuantitas air dapat ditentukan. Jumlah air ini dengan anggapan, bahwa bahan butiran

dalam keadaan kering (udara). Jadi jika bahan butiran sudah mengandung air dengan kadar yang melebihi kering udara harus diperhitungkan.

Perlu juga diketahui bahwa grafik pada Gambar 2.6 tersebut berlaku untuk bahan butiran alam (pasir dan kerikil sungai), jika bahan butiran yang dipakai merupakan batu pecah, maka nilai "Slump"-nya harus dikurangi 2 cm.

2.8.2 Penentuan perbandingan antara butiran halus (pasir) dan kasar (kerikil/batu pecah)

1. Menentukan kurva patokan ("Reference Curve")

Setiap onggokan pasir atau kerikil yang terdapat dalam alam, distribusi butirannya selalu dapat digambarkan sebagai sebuah kurva. Kurva ini dibuat berdasarkan analisa saringan dengan sumbu ordinat merupakan persentase ayakan (yang lolos) dan sumbu absisnya antara 0,1 dan 5,0 mm. Secara umum bentuk dari kurva distribusi butiran pasir atau kerikil ini (granulometri) merupakan garis cembung (lihat Gambar 2.7).

Jika ukuran saringan ternyata tidak sama dengan skala absis, maka dapat diambil harga yang berdekatan dengan ukuran saringan tersebut.

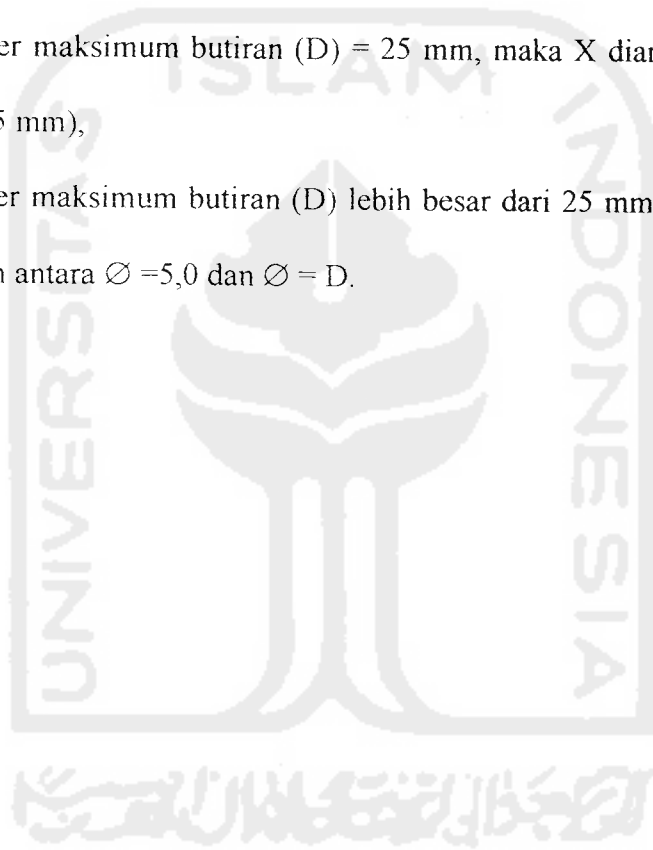
Dilain pihak campuran beton yang merupakan gabungan dari pasir dan kerikil yang kita rencanakan harus mempunyai bentuk kurva yang cekung. Untuk keperluan ini harus dicari dulu kurva patokan ("reference") yaitu kurva yang sedapat mungkin harus didekati oleh granulometri gabungan. Kurva "reference" ini merupakan bilinier

yang menghubungkan titik 0% pada diameter 0,100 mm dan titik 100% pada diameter maksimum (D) dengan titik patah (A).

2. Menentukan X

X merupakan absis yang dinyatakan dengan besarnya diameter, dengan ketentuan sebagai berikut :

- a). jika diameter maksimum butiran (D) = 25 mm, maka X diambil sama dengan $1/2D$ (=12,5 mm),
- b). jika diameter maksimum butiran (D) lebih besar dari 25 mm, maka X diambil absis tengah antara $\varnothing = 5,0$ dan $\varnothing = D$.



3. Menentukan Y

Y merupakan ordinat yang dalam %.

$$Y = 50 - D + K + K_s \quad (2.8)$$

dengan :

D = diameter maksimum butiran,

K = angka koreksi yang tergantung dari jumlah semen/m³ beton, bentuk butiran dan cara pemadatan. Nilai-nilai ini dapat diambil dari Tabel 2.2,

K_s = angka koreksi jika modulus kehalusan pasir M_{fs} ≠ 2,5. Jika modulus kehalusan pasir M_{fs} ≠ 2,5 maka K_s = 6M_{fs} - 15.

Tabel 2.2 : Nilai-nilai K, K_s, K_p

Pemadatan		Lemah		Normal		Kuat	
Macam butiran		Alam	Pecah	Alam	Pecah	Alam	Pecah
	400+fluid	-2	0	-4	-2	-6	-4
Dosis	400	0	+2	-2	0	-4	-2
Semen	350	+2	+4	0	+2	-2	0
(kg/m³)	300	+4	+6	+2	+4	0	-2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	-4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	-6
Koreksi - K _s : Jika M _f ≠ 2,5		K _s = 6 M _f - 15					
Koreksi - K _p : Untuk beton yang dipompa		K _p = +5a + 10					

2.8.3 Penentuan perbandingan persentase butiran halus dan kasar

1. Gabungan pasir alam dengan kerikil alam yang tidak diolah

Untuk beton yang terdiri dari gabung pasir alam dan kerikil alam yang tersedia secara alami (tidak diolah), besarnya persentase untuk masing-masing dapat diperoleh dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95% pada kurva

pasir dan titik 5% pada kurva kerikil. Ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva "reference" merupakan persentase pasir dan dari titik potong ini sampai 100% merupakan persentase kerikil.

2. Gabungan antara pasir alam dengan kerikil yang diolah

Yang dimaksud dengan kerikil yang diolah adalah kerikil yang dipisahkan antara diameter 5 mm sampai absis titik patah A dan antara absis titik patah A dengan diameter maksimum D. Dengan demikian susunan butiran gabungan akan mendekati kurva patokan ("reference") campuran yang tersebut pada (1), maka kekompakannya juga akan lebih baik, Jadi sekarang ada tiga fraksi yang berikut: (lihat Gambar 2.7)

- a). fraksi pasir, yaitu yang diameternya antara 0,08 mm sampai 5 mm. Persentase antara 0 sampai ordinat titik potong antara garis penghubung 95% kurva pasir dengan 5% kurva kerikil dengan kurva "reference",
- b). fraksi tengah (pasir halus), yaitu kerikil dengan diameter antara 5 mm sampai absis titik patah A. Persentasenya adalah antara ordinat titik potong antara garis penghubung 95% kurva pasir dengan 5% kurva kerikil dengan kurva "reference" sampai ordinat titik patah A,
- c). fraksi besar (kasar), yaitu kerikil dengan diameter antara absis titik patah A dan diameter D. Persentase antara ordinat titik patah A sampai 100%.

3. Gabungan antara pasir alam dengan batu pecah

Gabungan ini caranya sama dengan gabungan (2), hanya saja oleh karena besar butirannya memang dibuat (direncanakan), maka pemisahan fraksi batu pecah dengan diameter antara 5 mm sampai absis titik patah antara absis titik patah sampai diameter maksimum D kemungkinan lebih mudah dilakukan daripada kerikil sungai.

2.8.4 Penentuan proporsi agregat halus dan kasar

Sampai disini sudah diketahui berapa jumlah semen dan air untuk campuran satu m³ beton, tetapi belum diketahui jumlah pasir dan kerikil yang akan dipakai. Jumlah pasir dan kerikil yang dipakai tergantung pada kekompakan butiran. Kekompakan butiran ini dinyatakan dengan bagian dari volume absolut beton yang diisi oleh bahan-bahan padat (semen, pasir dan kerikil). Jadi koefisien kekompakan γ berarti jumlah volume absolut dari semen ditambah bahan butiran sama dengan γ m³ untuk tiap 1m³ beton (volume absolut) atau 1000 γ liter untuk 1000 liter volume absolut beton. Nilai koefisien kekompakan γ ini dapat diambil dari Tabel 2.3, yang besarnya tergantung pada besarnya diameter maksimum D, cara pemadatan dan kekentalan (besarnya "Slump") dari beton. Nilai-nilai dari Tabel 2.3 ini berlaku untuk pasir dan kerikil sungai (alam), serta jumlah semen sama dengan 350 kg/m³ beton.

Tabel 2.3 : Nilai-nilai koefisien kekompakan γ

Kekentalan Beton	Cara Pematatan	Koefisien Kekompakan γ						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
lembek	tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	pematatan lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	pematatan normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
plastis	tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	pematatan lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	pematatan normal	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	pematatan kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
kental	pematatan lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	pematatan normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	pematatan kuat	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

* Nilai-nilai di atas berlaku untuk butiran alam, jika tidak γ dikoreksi :
 - 0,01 untuk pasir alam + batu pecah
 - 0,03 untuk butiran dari batu pecah
 * Butiran ringan : dikurangi dengan 0,03
 * Untuk $C \neq 350 \text{ kg/m}^3$, koreksi dengan $(C-350)/5000$

Jika memakai campuran yang lain, maka angka-angka tersebut harus dikoreksi sebagai berikut :

- untuk campuran pasir alam dengan batui pecah, dikoreksi dengan 0,01,
- untuk campuran pasir pecah dengan batu pecah, dikoreksi dengan 0,03,
- untuk jumlah semen yang tidak sama dengan 350 kg/m^3 beton dikoreksi dengan $(C - 350)/5000$, ($C = \text{berat semen tiap } \text{m}^3$),
- untuk bahan butiran ringan dikoreksi dengan - 0,03.

Dengan demikian didalam 1000 liter volume absolut beton terdapat 1000 γ liter volume absolut (semen + pasir - kerikil). Didalam beton tersebut terdapat C kg semen yang mempunyai volume absolut sama dengan C/D.D semen.

Jadi volume absolut (pasir + kerikil) = $(1000 \gamma - C/B.D \text{ semen})$ liter. sebelumnya sudah dihitung perbandingan antara pasir dan kerikil, sehingga volume absolut untuk masing-masing dapat dihitung juga.

Dalam kenyataannya perbandingan proporsi dalam volume absolut tidak dapat dilakukan, hanya dapat dihitung secara teoritis. Oleh karena itu untuk dapat dilaksanakan secara praktis, perbandingan proporsi dilakukan dalam perbandingan berat. Untuk keperluan ini, maka volume absolut bahan dikalikan dengan Berat Jenis (B.D) masing-masing.

2.9 Analisis Daya Serap Beton K-225 dengan Variasi Agregat Kasar terhadap

Radiasi Neutron

Pada penelitian Yudi, 1996 tentang Analisis Daya Serap Beton K-225 dengan Variasi Agregat Kasar terhadap Radiasi Neutron, diperoleh hasil antara lain :

1. kekuatan desak beton tidak berpengaruh terhadap kemampuan menyerap radiasi neutron,
2. beton yang mengandung unsur mangan adalah yang paling baik dalam menyerap radiasi neutron,
3. semakin tebal beton semakin baik kemampuan beton untuk menyerap radiasi neutron.

2.10 Analisis Daya Serap Beton dengan Agregat Limbah Kerak Tanur Tinggi terhadap Radiasi Neutron

Pada penelitian Hermawan, 1997, tentang Analisis Daya Serap Beton dengan Agregat Limbah Terak Tanur Tinggi terhadap Radiasi Neutron, diperoleh hasil antara lain :

1. kekuatan desak beton tidak berpengaruh langsung terhadap kemampuan dalam menyerap radiasi neutron,
2. semakin tebal beton maka makin baik kemampuan beton tersebut dalam menyerap radiasi neutron,
3. bahan perisai radiasi neutron yang baik tidak dipengaruhi langsung oleh agregat dengan berat jenis besar,
4. beton campuran merupakan beton yang mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam menyerap radiasi neutron termal dan neutron campuran (termal dan cepat),
5. beton normal merupakan beton yang mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap radiasi neutron cepat.