

BAB III

BAHAN-BAHAN

Dalam pengujian terhadap panjang penyaluran dan tegangan penyaluran, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengujian ini adalah :

3.1. BETON

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, agregat halus, agregat kasar dan kadang-kadang menggunakan bahan tambah/zat additive, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia, pada perbandingan tertentu.

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat lemah. Kondisi yang demikian yaitu rendahnya kuat tarik dapat diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk dengan struktur komposit yang disebut dengan beton bertulang.

Dengan terbentuknya beton bertulang akan dapat menahan akibat pengaruh tarik/tekan beton yang melebihi tegangan beton itu sendiri.

Kebaikan beton antara lain : [4]

- a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen

portland.

- b. Mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan.
- c. Dapat dengan mudah dicetak dan diangkut dalam bentuk apapun.
- d. Bila dikombinasikan dengan baja tulangan, dapat digunakan untuk menahan struktur yang berat karena baja dan beton mempunyai koefisien muai yang hampir sama.
- e. Beton dapat disemprotkan dipermukaan beton lama yang retak.
- f. Tahan aus dan tahan kebakaran.

Kejelekan beton : [4]

- a. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
- b. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah.
- c. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna dan bila air mengandung kandungan garam mudah terjadi kerusakan (korosif).
- d. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama struktur tahan gempa.

3.2. SEMEN PORTLAND

3.2.1. Sejarah pembuatan semen portland

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi massa yang padat. Meskipun definisi ini dapat diterapkan untuk jenis bahan lain, semen yang dimaksud untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis. Semen semacam ini terutama terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digerinda, dicampur dan dibakar didalam pembakaran kapur (klin) dan kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen itu secara kimia dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk massa yang mengeras. Semen hidraulik yang dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan dekat Dorset, Inggris. [1]

Tabel 2. Susunan unsur semen portland [4]

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

3.2.2. Kekuatan pasta semen

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan agar beban mati dan konstruksi dapat dipikul.[2]

Pasta semen yang telah mengeras mempunyai struktur yang berpori dengan ukuran bervariasi dari yang sangat kecil ($4 \cdot 10^{-7}$ mm) sampai yang lebih besar, pori-pori itu disebut gel.[4]

Untuk mencapai kekuatan beton yang baik, diusahakan penggunaan air sesedikit mungkin sehingga saat pengujian akan didapat hasil slump yang baik/maksimum.

3.2.3. Sifat fisik semen

a. Kehalusan butir

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat hidrasinya. Menurut peraturan, paling sedikit 78 % berat semen harus dapat melewati ayakan nomor 200 (lubang $1/200$ in). Namun perlu dicatat, bahwa jika butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

b. Waktu ikatan

Semen jika dicampur dengan air membentuk bubuk

yang secara bertahap menjadi plastis dan akhirnya menjadi keras. Tahap yang dicapai ketika pasta semen menjadi kaku disebut waktu ikatan.

c. Panas hidrasi

Semen yang dicampur dengan air membentuk media perekat yang disebut dengan hidrasi. Hidrasi semen mengeluarkan panas kira-kira 120 kalori/gram. Karena perbedaan suhu antara di dalam dan di luar beton, dengan pendinginan air pada beton yang hampir mengeras akan dapat menghindari keretakan pada beton.

d. Berat jenis

Berat jenis semen berkisar antara $3,15 \text{ kg/cm}^3$. Berat jenis ini bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran bahan untuk pembuatan beton.

3.2.4. Jenis-jenis Semen

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- Jenis II : Penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfur dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V : Semen portland dalam penggunaannya menuntut sangat tahan terhadap sulfur.

3.3. AGREGAT

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Dalam struktur beton biasa agregat menempati $\pm 70\% - 75\%$ dari volume massa yang telah mengeras.[1]

3.3.1. Agregat halus

Agregat halus (pasir) adalah bahan yang lolos dari ayakan nomor 4 (yaitu lebih kecil dari 3/16 in (5 mm) dalam diameter).[2]

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 bagian :[4]

a. Pasir galian

Yaitu pasir yang diperoleh dari permukaan tanah

atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Sangat baik sebagai campuran beton.

b. Pasir sungai

Yaitu pasir yang diperoleh dari dasar sungai. Daya lekat pasir ini kurang baik karena bentuk yang halus dan bulat-bulat.

c. Pasir laut

Yaitu pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirnya halus dan bulat-bulat. Tidak baik untuk campuran beton karena mengandung garam-garaman.

3.3.2. Agregat Kasar

Yaitu semua bahan yang berukuran lebih besar dengan ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.^[4]

Agregat kasar ini terdiri dari 2 bagian yaitu:

a. Agregat alami

Yaitu agregat yang diperoleh langsung di alam (sungai, pengunungan dan sebagainya) tanpa ada proses terlebih dahulu. Kerikil ini kurang bagus untuk campuran beton karena bentuk yang bulat dan halus sehingga proses gesekan antar kerikil/bahan lain kurang baik.

b. Agregat Pecahan

Yaitu agregat dengan memecah batu menjadi ukuran butir yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecahkan dan sebagainya. Agregat ini sangat

baik dalam campuran beton karena mempunyai gaya gesekan antar kerikil/bahan lain yang besar.

3.3.3. Berat jenis agregat^[4]

a. Agregat normal

Yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 kg/cm³ sampai 2,7 kg/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dll. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 kg/cm³ dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa. Betonnya disebut beton normal.

b. Agregat berat

Yaitu agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,6 kg/cm³, misalnya magnetik (Fe_3O_4), barytes (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 5 kg/cm³. Sangat efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.

c. Agregat ringan

Yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2 kg/cm³. Biasanya digunakan untuk beton non struktur. Contoh agregat ringan adalah diatomite, punice, tanah bakar, abu terbang dan sebagainya. Agregat ini mempunyai sifat tahan terhadap api dan sebagai bahan isolasi panas yang baik.

3.3.4. Modulus halus butir agregat (mhb)

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan

atau kekasaran butir-butir agregat. Disamping itu bisa juga digunakan untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil bila kita akan membuat campuran beton.

Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir pasir antara 1,5 sampai 3,8 dan modulus halus butir kerikil antara 5 sampai 8. Dan mhb campuran (kerikil dan pasir) berkisar antara 5 sampai 6,5.

Rumus yang dipakai dalam modulus halus butir adalah :

$$mhb = \frac{\text{berat tertinggal kumulatif (\%)}}{100 \%} \dots(3.1)$$

Sedangkan rumus yang dipakai untuk mencari berat pasir terhadap kerikil adalah :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \cdot 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana :

W = persentase berat pasir terhadap berat kerikil.

K = modulus halus butir kerikil

P = modulus halus butir pasir

C = modulus halus butir campuran

3.4. AIR^[4]

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya relatif murah. Air diperlukan untuk beraksi dengan semen serta menjadi bahan

pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk dapat beraksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen (fas) yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton atau lekatan terhadap baja. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung khlorida (cl) lebih dari 0,5 gram/leter.

- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.5. FAKTOR AIR SEMEN (FAS)

Fas adalah berbanding antara berat air dan berat semen dalam campuran adukan beton. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan campuran adukan beton sangat dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang dipakai. Semakin kecil fas semakin besar kuat tekan betonnya, akan tetapi semakin sulit tingkat pengerjaan campurannya.

Tabel 3. Hubungan fas dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari [4]

fas	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

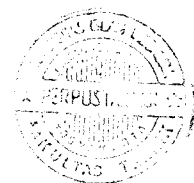
3.6. SLUMP TEST

Slump test adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Percobaan

ini menggunakan alat sebagai berikut :

- a. Corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter 10 cm serta tinggi 30 cm.
- b. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm. Bagian ujung baja ini dibulatkan.

Proses pekerjaan slump test adalah mula-mula corong baja diletakan di atas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar di bawah dan diameter kecil di atas. Adukan beton dimasukan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang erat-erat agar tidak bergerak. Jumlah adukan yang dimasukan kira-kira sebanyak $1/3$ volume corong. Setelah adukan telah masuk ke dalam corong, lalu adukan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja. Kemudian adukan kedua yang kira-kira volumenya sama dengan yang pertama dimasukan dan ditusuk-tusuk pula. Bila lapisan kedua sudah ditusuk, lalu adukan ketiga dimasukan dan ditusuk pula. Bila adukan ketiga telah selesai ditusuk, lalu permukaan adukan beton diratakan sama dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik dan kemudian corong ditarik lurus ke atas. Ukurlah penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong di tarik. Besar penurunan adukan beton disebut nilai slump. Dari cara percobaan ini dapat diketahui bahwa lebih cair adukan akan diperoleh nilai slump yang lebih besar. [4]



Tabel 4. Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

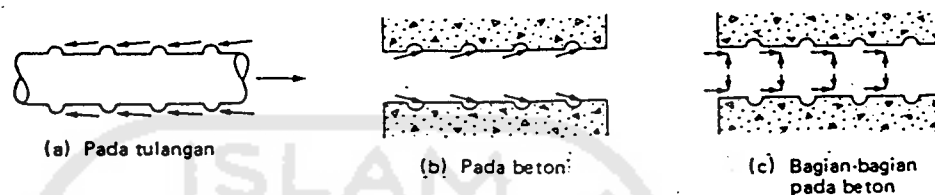
Uraian	Nilai slump	
	Max.	Min.
1. Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2. Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
3. Pelat, balok dan dinding	15,0	7,5
4. Pengerasan jalan	7,5	5,0
5. Pembetonan massal	7,5	2,5

3.7. BAJA TULANGAN

Tulangan penguat terdiri dari batang tulangan, bahan yang terbuat dari anyaman kawat yang dilas dan tali kawat. Untuk konstruksi biasa digunakan batang tulangan (dinamakan tulangan berprofil) yang mempunyai penonjolan.

Fungsi dari tulangan berprofil adalah : [7]

- a. Tulangan ulir/berprofil mempunyai kuat ikat (*bond stress*) yang 40 % lebih besar dibanding tulangan polos.
- b. Sekat-rib berfungsi sebagai batang tekan (*struts*) dalam keseimbangan rangka batang.



Gambar 4. Gaya tekan sekat tulangan ulir

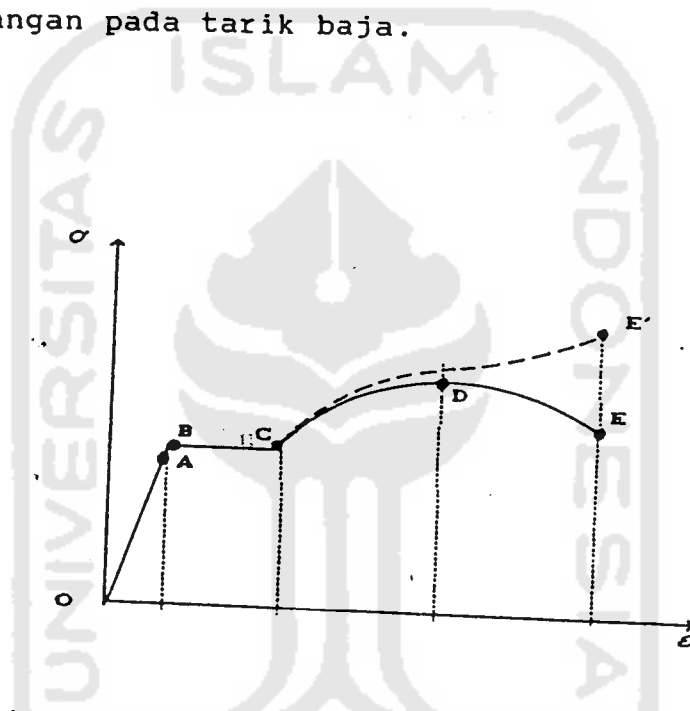
- c. Bila tegangan tarik/tekan tulangan bertambah besar akan terjadi beton pecah pada tulangan ulir (*splitting*), dibandingkan dengan tulangan menggelincir pada tulangan polos (*slipping*).
- d. Ikatan tulangan ulir dalam beton lebih tahan terhadap getaran, dibanding dengan ikatan tulangan polos yang mudah lepas.

Berdasarkan hasil percobaan para ahli, kuat ikat tulangan dan beton (tegangan penyaluran lekatan) diperoleh kesimpulan bahwa lebar retak diakibatkan oleh adanya tegangan tulangan; makin kecil tegangan penyaluran lekatan, makin halus lebar retak. Lebar retak dipengaruhi pula oleh susunan tulangan yaitu luas dan jarak tulangan.

Beberapa keuntungan dari baja tulangan adalah baja mempunyai kekuatan cukup tinggi serta merata. Kekuatan baja terhadap tarik dan tekan tidak banyak berbeda dan bervariasi dari 300 MPa sampai 2000

MPa. [5]

Untuk memahami sifat-sifat baja secara umum, kiranya perlu dipelajari diagram tegangan - regangan. Diagram ini menyajikan informasi yang penting pada baja yaitu adanya hubungan antara tegangan dan regangan pada tarik baja.



Gambar 5. Diagram tegangan regangan baja struktur [5]

Tampak pada gambar bahwa hubungan antara tegangan dan regangan OA linear, sedang diatas A diagram tidak linear lagi. Titik A disebut batas sebanding (*proporsional limit*) dan tegangannya disebut tegangan batas sebanding σ_p . Sedikit diatas A terdapat titik batas elastis bahan. Hal ini berarti bahwa batang yang dibebani sedemikian sehingga tegangan yang timbul tidak melampaui σ_e , panjangnya akan kembali ke semula jika beban dihilangkan. Pada

umumnya tegangan σ_p dan σ_e relatif cukup dekat, sehingga seringkali kedua tegangan tersebut dianggap sama, yaitu sebesar σ_e . Regangan ϵ yang timbul pada saat spesimen putus, pada umumnya berkisar antara 150 sampai 200 kali regangan elastis ϵ_e . Di atas tegangan elastis σ_e , pada titik B baja mulai leleh. Tegangan di titik B disebut tegangan leleh σ_l . Pada saat leleh ini, baja masih mempunyai kekuatan. Hal ini berarti bahwa pada saat leleh, baja masih mampu menghasilkan gaya perlawanan. Bentuk kurva pada bagian leleh ini, mula-mula mendekati datar, berarti tidak ada tambahan tegangan sekalipun regangan bertambah. Hal ini berakhir pada saat mulai terjadi pengerasan regangan (*strain hardening*) di titik C, kurva naik ke atas lagi sampai dicapai kuat tarik (*tensile strength*) di titik D. Setelah itu kurva turun dan spesimen retak (*fracture*) di titik E. Diagram tegangan regangan ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian bahan, dengan anggapan luas tampang spesimen tidak mengalami perubahan selama pembebanan. Menurut hukum Hooke, suatu batang yang dibebani tarikan secara uniaksial, luas tampangnya akan mengecil. Sebelum di titik C perubahan luas tampang itu cukup kecil, maka pengaruhnya diabaikan. Tetapi setelah sampai pada fase pengerasan regangan, hukum Hooke tidak berlaku lagi, tampang mengalami penyempitan yang besar. Kalau penyempitan itu diperhitungkan dalam

penggambaran diagram, akan diperoleh kurva dengan garis putus-putus (lihat gambar). Besar tegangan pada titik A, B, C, D dan E tersebut, dipengaruhi oleh jenis baja yang diuji.

Berdasarkan besar tegangan leleh, ASTM membagi baja dalam 4 kelompok yaitu :

- a. *Carbon steels*, tegangan leleh 210 - 280 MPa.
- b. *High-strength low-alloy steels*, tegangan leleh 280 - 490 MPa.
- c. *Heat treated carbon and high-strength low alloy steels*, tegangan leleh 322 - 700 MPa.
- d. *Heat-treated constructional alloy steels*, tegangan leleh 630 - 700 MPa.

Tabel 5. Harga tegangan leleh dan tegangan dasar [8]

Macam baja	Tegangan leleh σ_1 (MPa)	Tegangan dasar σ (MPa)
Bj 34	210	140
Bj 37	240	160
Bj 41	250	166,6
Bj 44	280	186,7
Bj 50	290	193,3
Bj 52	360	240