

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu teknologi beton adalah penggunaan zat tambah beton yang dapat memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat beton yang diinginkan. Disamping penggunaan zat tambah, perawatan terhadap beton sangat diperlukan. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia.

2.1.1 Pengertian Beton

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan yang semakin meningkat baik kualitas maupun kuantitas. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yaitu; semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu (Tjokrodimuljo, 1995). Menurut kekuatannya beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga (Lorrain, 1991) yaitu :

1. Beton mutu normal atau *Normal Strength Concrete* (NSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 200 – 250 kg/cm²,
2. Beton mutu tinggi atau *High Strength Concrete* (HSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 500 – 800 kg/cm²,
3. Beton mutu sangat tinggi atau *Very High Strength Concrete* (VHSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan lebih dari 800 kg/cm²

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik, maka harus dipilih unsur-unsur pembentuk beton seperti semen, agregat dan air yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku serta dalam tahap pelaksanaan pembuatan dan perawatannya harus mendapat perhatian yang baik pula.

Pada dasarnya beton terdiri dari dua bagian utama, yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen portland, air dan bahan campuran tambahan (*admixture*). Sedangkan agregat terdiri dari agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir). Banyaknya pasta semen bervariasi antara 25 % sampai dengan 40 % dari volume total beton. Pasta semen akan berkelakuan sebagai pelumas pada campuran beton yang masih plastis dan berperilaku sebagai bahan pengikat saat campuran beton mengeras (Agustiany, A.A dan Nanik, 1998)

Menurut Neville, (1990) secara umum mutu beton sangat tergantung pada pemakaian, yaitu :

- a. semen (mutu, komposisi dan kehalusan butiran),

- b. ukuran agregat (kekompakkan gradasi butiran),
- c. mutu agregat (kekerasan, bentuk butiran),
- d. jenis bahan tambah,
- e. perbandingan air dan semen,
- f. pemadatan yang dilakukan, dan
- g. perawatan (jenis, lama dan suhunya).

Menurut Neville (1990) campuran beton yang baik harus memenuhi faktor-faktor berikut ini.

1. Kekuatan (*strength*) tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kekuatan tarik tinggi dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
2. Tahan lama (*durability*), yakni sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukkan oleh kondisi lingkungan.
3. Kemudahan pengerjaan (*workability*), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain (Tjkrodimuljo, 1995):

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton dikerjakan tetapi mengurangi kekuatan tekannya,
2. penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaannya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air untuk memperoleh nilai fas tetap,
3. gradasi campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, sehingga adukan beton mudah dikerjakan,

4. pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempengaruhi cara pengerjaan dan kekuatan beton,
5. pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan, dan
6. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila dilakukan dengan alat penggetar maka diperlukan tingkat keenceran yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

2.1.2 Bahan pembentuk beton

Untuk mendapatkan beton yang baik dan sesuai dengan mutu yang disyaratkan, maka sifat-sifat dan persyaratan-persyaratan material beton mutlak harus diketahui. Karena sifat bahan yang tidak sesuai dan tidak memenuhi syarat akan berpengaruh terhadap mutu beton yang akan diperoleh. Material-material pembentuk beton seperti semen portland, agregat, air, dan zat tambah harus memenuhi persyaratan material beton.

a. Semen portland. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan tambahan *gips* (kalsium sulfat). Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Suatu semen jika diaduk

dengan agregat kasar, agregat halus, dan air akan terbentuk beton setelah mengalami proses pengerasan.

Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga hasilnya sangat halus. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, kapur, silika, alumina, dan besi. Dalam proses pembuatannya, ditambahkan *gips* (CaSO_4) sebanyak 2%-4% yang berfungsi sebagai pengontrol terhadap waktu pengikatan. Penambahan tersebut memberikan perubahan pada susunan kimia dasar menjadi susunan kimia yang lebih kompleks dan menjadi unsur utama yaitu:

- a. Trikalsium silikat (C_3S) atau $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,
- b. Dikalsium silikat (C_2S) atau $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,
- c. Trikalsium aluminat (C_3A) atau $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, dan
- d. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Dalam pemakaian semen portland, perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala terhadap sifat-sifat fisik agar tetap memenuhi syarat dan kualitas yang ditetapkan sehingga dapat berfungsi secara efektif. Sifat-sifat semen yang penting adalah; kehalusan butir, waktu ikatan, kekuatan, dan panas hidrasi.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentasi empat komponen utama semen, dapat menghasilkan beberapa jenis sesuai dengan tujuan pemakaian, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut ini.

- a. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada

jenis lainnya,

- b. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- c. Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan yang tinggi,
- d. Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
- e. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Pada penelitian ini dipakai semen Nusantara yang termasuk semen portland dengan jenis I kemasan 50 kg yang ada di pasaran.

b. Agregat. Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil *disintegrasi* alami dari batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam, Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 70% volume beton, karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan dalam beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar, sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm disebut

agregat kasar, sedangkan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm (Kusuma, G dan Vis, 1993). Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam (Tjokrodimuljo, 1995) seperti berikut ini.

1. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat arena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain

dari garam-garaman ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil *disintegrasi* alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran 5-40 mm (Kusuma, G dan Vis, 1993). Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi tiga golongan (Tjokrodimuljo, 1995), yaitu:

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm^3 . Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm^3 .

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm^3 , misalnya magnetik (FeO_4), barit (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm^3 . Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm^3 yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan didapat volume pori yang kecil. Pada pelaksanaan beton, diinginkan komposisi butiran dengan kemampuan tinggi karena volume porinya sedikit dan ini hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

Menilai jenis agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, bergantung pada; mutunya, tersedia bahannya, harga bahannya, dan jenis konstruksi yang akan menggunakan bahan tersebut.

Untuk memenuhi syarat mutu yang ditetapkan, agregat harus memenuhi syarat sebagai berikut; ukuran, gradasi, kekuatan, bentuk butiran, bentuk permukaan, dan kebersihan.

(a) Ukuran

Oleh karena harga agregat adalah lebih murah dari semen, maka penggunaan agregat secara maksimum dalam beton, baik jumlah maupun ukurannya sebagaimana yang disebutkan diatas akan menjadi lebih ekonomis. Penggunaan ukuran butir agregat dalam beton akan berpengaruh terhadap jumlah semen yang akan digunakan, maka jumlah kebutuhan semen semakin sedikit. Hal ini terjadi karena penggunaan agregat yang besar mengurangi volume pori-pori dalam beton yang dapat diisi oleh semen. Namun demikian, penggunaan ukuran maksimum agregat perlu mempertimbangkan faktor pelaksanaan di lapangan, sehingga harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

1. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $1/4$ kali jarak bersih antara batang-batang atau antara berkas-berkas tulangan.
2. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $1/3$ kali tebal plat.
3. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $1/5$ kali jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.

(b) Gradasi

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Penggunaan butir agregat dengan ukuran yang sama akan memperbesar pori dalam beton, sebaliknya dengan butir yang bervariasi (gradasi) volume pori akan semakin kecil. Dengan gradasi agregat, butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-pori menjadi lebih sedikit.

Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentasi dari berat agregat yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan.

(c) Kekuatan

Kekuatan agregat adalah kuat tekan yang dimiliki agregat. Sebagai bahan pembentuk beton yang menempati sebagian besar dari volume beton, kekuatan agregat yang akan digunakan harus lebih tinggi dari pada kekuatan beton yang dibuat dari agregat tersebut.

Butir-butir agregat yang lemah tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya yang dapat diandalkan, akan tetapi dengan butir-butir agregat yang kuat, akan diperoleh kekuatan beton yang dapat diandalkan. Agregat yang kuat mempunyai

modulus elastisitas yang tinggi yang merupakan sifat penting dan berpengaruh besar terhadap kekuatan beton.

Dalam pelaksanaan, kekuatan agregat juga diperlukan karena pada waktu pembuatan beton, bahan ini harus mengalami gerakan-gerakan dan gesekan-gesekan yang kuat baik pada saat pencampuran pada *mixer* maupun pada saat pengecoran dan pemadatan. Agregat harus dapat menahan keausan dan pemecahan. Cara untuk menguji kekuatan agregat ialah dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau Bejana Rodellof. Pada cara ini contoh butir-butir agregat dimasukkan ke dalam silinder logam dengan bola-bola baja pemukul, kemudian silinder diputar sehingga butir-butir tersebut terpukul-pukul dan terabrasi. Kehilangan berat tidak boleh lebih dari 50%.

(d) Bentuk butiran

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada beton setelah mengeras. Berdasarkan bentuknya, butiran agregat dapat dibedakan menjadi sebagai berikut:

- a. Agregat bulat, mempunyai rongga udara minimum 33% sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit, namun ikatan antar butir-butirnya kurang kuat sehingga lekatnya lemah. Agregat ini tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan,
- b. Agregat bulat sebagian, mempunyai rongga udara berkisar antara 35%-38%. Dengan membutuhkan lebih banyak pasta semen untuk mendapatkan beton segar yang dapat dikerjakan. Ikatan antar butir-butir

lebih baik daripada agregat bulat, namun belum cukup untuk dibuat beton mutu tinggi,

- c. Agregat bersudut, mempunyai rongga udara berkisar antara 38%-40%. Pasta semen yang dibutuhkan lebih banyak untuk membuat adukan beton yang dapat dikerjakan, akan tetapi ikatan antar butir-butirnya baik sehingga membentuk daya lekat yang baik. Agregat ini baik untuk membuat adukan beton mutu tinggi maupun lapis perkerasan jalan,
- d. Agregat memanjang, ialah agregat yang ukuran terbesarnya lebih dari 9/5 ukuran rata-rata ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Agregat ini berpengaruh jelek terhadap daya tahan beton, karena cenderung berkedudukan pada bidang rata air sehingga terdapat rongga udara di bawahnya. Agregat ini tidak boleh lebih dari 15%,
- e. Agregat pipih, ialah agregat yang ukuran terkecilnya kurang dari 3/5 ukuran rata-rata ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Sebagaimana agregat memanjang, agregat pipih juga kurang baik terhadap beton, sehingga tidak boleh lebih dari 15%.

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa agregat dengan butir-butir bulat lebih baik daripada agregat pipih atau agregat memanjang untuk membuat beton.

(e) Tekstur permukaan

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang bergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam.

Berdasarkan pemeriksaan visual butiran agregat, tekstur permukaan butiran agregat dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. sangat halus,
- b. halus,
- c. granular,
- d. kasar,
- e. berkristal,
- f. berpori, dan
- g. berlobang-lobang.

Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan juga terhadap besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran. Bentuk dari tekstur permukaan sangat berpengaruh terhadap sebagai berikut:

1. daya serapan terhadap air,
2. kemudahan pengerjaan terhadap beton segarnya,
3. daya lekat antara agregat dengan pastanya.

Suatu agregat dengan permukaan yang kasar lebih disukai daripada agregat dengan permukaan halus, karena agregat dengan permukaan kasar dapat meningkatkan rekatan antara agregat dengan semen sampai 1,75 kali dan kuat betonnya dapat meningkat sekitar 20%.

(f) Kebersihan

Agregat yang ada pada umumnya mengandung bahan-bahan yang dapat memberikan pengaruh yang merugikan terhadap kekuatan beton, permukaan beton, dan kemudahan pengerjaan.

Ditinjau dari aksi zat-zat yang berpengaruh buruk tersebut, maka dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu:

- a. zat yang mengganggu proses hidrasi semen, yaitu bahan-bahan organik berupa sisa-sisa tumbuhan dalam bentuk humus,
- b. zat yang melapisi agregat sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antar agregat dengan semen seperti tanah liat, dan lempung, dan,
- c. butiran yang kurang tahan cuaca, yang bersifat lemah dan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dengan semen seperti mika, butir-butir yang mengandung garam, arang, dan belerang.

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus dan agregat kasar yang berasal dari Sungai Kali Progo, Yogyakarta.

c. Air. Air dalam campuran beton mempunyai dua fungsi, yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pelaksanaan dan pencetakan. Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk bereaksi dengan semen, air

yang dibutuhkan sekitar 30% dari berat semen, namun dalam kenyataannya beton sulit untuk dikerjakan, oleh karena itu dibutuhkan tambahan air untuk menjadi pelumas. Tetapi perlu diketahui tambahan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan menurun dan beton menjadi porous. Selain itu, kelebihan air mengakibatkan *bleeding* dan kemudian menjadi lapisan buih yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Menurut Tjokrodimulyo (1995) syarat-syarat air yang digunakan sebagai bahan pembuat beton adalah sebagai berikut:

1. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/liter,
2. tidak mengandung garam-garam (asam, zat organik) yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/liter,
3. tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/liter,
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/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 yang memakai air suling. Untuk air rawatan, dapat juga dipakai juga air yang digunakan untuk pengadukan.

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, jalan Kaliurang km 14,4 Yogyakarta.

d. Plastocrete NC. Plastocrete NC yang berintikan pada lignosulphonate, merupakan produk sampingan dari suatu industri bubur kayu. Lignosulfonat diisolasi dari bubur kayu dalam bentuk kurang lebih murni dengan metode-metode yang berbeda. Dalam tahun-tahun terakhir proses-proses membran dan teknik eksklusi ion telah dikerjakan untuk isolasi dan pemurnian lignosulfonat. Lignosulfonat berguna untuk sejumlah pemakaian karena sifat-sifat adhesi dan dispersinya, sehingga bila ditambahkan pada campuran beton, lignosulfonat diserap dipermukaan mineral dan sedikit air dibutuhkan untuk memberikan kemudahan mengalir dan kekenyalan yang diperlukan untuk penanganan (Sjostrom, 1993). Pada Penelitian ini Plastocrete NC akan digunakan sebagai bahan tambah (mineral admixture) yang berfungsi sebagai bahan tambah yang mampu mengurangi jumlah air dalam adukan tetapi membuat campuran menjadi plastis hingga meningkatkan nilai workabilitas.

2.1.3 Perawatan.

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan juga dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang

mungkin menyebabkan retak, kecuali beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegang ini.

Perawatan yang baik terhadap beton dapat mengurangi penguapan yang terjadi dan akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Di samping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton ini juga lebih tahan terhadap aus karena lalu lintas dan lebih kedap air. Beton ini juga lebih kecil kemungkinannya, dirusak oleh agresi kimia (Murdock, L.J. dan K.M. Brook, 1986).

Di sini biasanya dipersyaratkan untuk merawat beton agar tetap basah dalam beberapa hari tertentu sejak saat pengecorannya. Untuk itu penulis melakukan perendaman terhadap beton dalam penelitian ini dengan beberapa variasi lama perendaman beton mulai dari beton berumur 1 hari.

2.1.4 Reaksi Kimia

Reaksi hidrasi yang terjadi antara senyawa lignosulfonate (bahan dasar dari Plastocrete NC) dengan semen portland (PC) adalah sebagai berikut (Neville, 1981):

Lignosulfonate didalam semen portland bekerja dengan cara memperpanjang jalannya proses reaksi pembentukan ettringite ($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot H_{32}$) ke monosulfate ($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot H_{12}$) yang berlangsung menurut persamaan berikut:



Dengan demikian mengakibatkan terjadinya proses perpanjangan terhadap setting time dan pengerasan dari beton.

2.1.5 Faktor air semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton. Hubungan antara faktor air semen dengan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5 \cdot x}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : $f'c$ = kuat desak beton

x = faktor air semen

A,B = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun menurut rumusnya tersebut tampak bahwa semakin kecil fas semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat.

2.1.6 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 yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal.

Tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton berkaitan 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 fas, jenis dan susunan butir agregat serta penggunaan bahan-bahan pembantu. Untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton, dapat dilakukan percobaan “slump”. Adukan beton untuk keperluan pengujian “slump” ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk. Hasil pengukuran dari pengujian “slump” yang dilakukan disebut ukuran “slump” yang merupakan nilai atau ukuran dari kekentalan adukan beton yang dibuat.

Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai “slump” yang terletak dalam batas-batas yang ditunjukkan dalam Tabel 2.8.

Untuk maksud dan alasan tertentu, maka dengan persetujuan pengawas ahli, dapat dipakai nilai-nilai slump yang menyimpang daripada yang tercantum dalam Tabel 2.6 asal dipenuhi hal-hal sebagai berikut:

- a. beton dapat dikerjakan dengan baik,
- b. tidak terjadi pemisahan dari adukan beton,
- c. mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.

2.1.6 Keleccakan

Keleccakan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituangkan, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton antara lain:

1. Jumlah air yang dipergunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan semakin encer, sehingga semakin mudah untuk dikerjakan,
2. Jumlah semen yang dipergunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap,
3. Penambahan bahan tambah tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan adukan pada fas rendah misalnya dengan penambahan *plastizier*.

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi mempunyai resiko yang besar terhadap pemisahan air dan semen dari adukan (*bleeding*). Hal ini terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan susun kurang mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai hitungan *mix design*,
2. pasir yang dipakai mempunyai bentuk yang beragam dan mempunyai kadar butiran yang halus,

3. gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang dipakai.

2.2 Landasan Teori

Plastocrete NC sebagai salah satu bahan tambah yang memiliki sifat pasticizer yaitu suatu bahan tambah yang mampu mereduksi air dalam campuran beton tanpa harus kehilangan workabilitasnya.

Workabilitas beton atau biasa diterjemahkan sebagai tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton. Sebagai salah satu sifat fisis beton workabilitas seringkali dipakai baik untuk pertimbangan kekuatan maupun pertimbangan pelaksanaan pengecoran dari campuran beton tersebut.

Untuk meningkatkan nilai workabilitas (nilai slump) suatu campuran beton, bahan campur bekerja dengan cara merubah muatan elektrostatik pada permukaan dari partikel semen. Muatan-muatan pada partikel semen tersebut yang sebelumnya beragam, yaitu positif dan negatif dirubah menjadi muatan yang sama. Sehingga dengan demikian yang sebelumnya terjadi gaya tarik menarik antar partikel menjadi gaya tolak menolak. Dengan berubahnya gaya tarik menarik antar partikel menjadi gaya tolak menolak mengakibatkan jarak partikel bertambah sehingga gesekan antar partikel berkurang. Hal ini mengakibatkan terbebasnya kandungan air yang sebelumnya terjebak didalam cluster-cluster partikel semen dan mengurangi geseran partikel-partikel halus lainnya (Mindness, S dan J.F. Young, 1981).

2.2.1 Kekuatan beton

Kekuatan tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kekuatan tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimia di dalam pengerasan beton. Kelebihan air akan meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan beton.

Dalam PBBI 1971 NI-2 kekuatan tekan beton ialah kekuatan tekan yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji kubus yang bersisi 15 cm pada umur 28 hari. Apabila kekuatan 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 yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kekuatan tekan yang didapat dari beda uji-benda uji terakhir ini dan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, harus diambil menurut Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan kekuatan tekan beton

Benda uji	Perbandingan kekuatan beton
Kubus 15x'5x15 cm	1,00
Kubus 20x20x20 cm	0,95
Silinder 15x30 cm	0,83

Kekuatan tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan: $f'c$ = kuat desak beton, Mpa

P = beban maksimum, kg

A = luas penampang benda uji, cm^2

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus berikut ini:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fcr)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan : S = deviasi standar, Mpa

$f'c$ = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, Mpa

$f'cr$ = kuat tekan beton rata-rata, Mpa

n = jumlah benda uji.

Sedangkan untuk menghitung kuat tekan beton yang disyaratkan dipakai rumus sebagai berikut:

$$f'cr = f'c - 1.64k.S \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan : k = pengali deviasi standar

Untuk mencari angka konversi dari jumlah benda uji yang disyaratkan berdasarkan jumlah benda uji 30 sampel dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Faktor pengali deviasi standar, bila data benda uji yang tersedia kurang dari 30 sampel

Jumlah benda uji	Faktor pengali deviasi standar
15	1,160
18	1,120
19	1,096
20	1,080
25	1,030
≥30	1,000

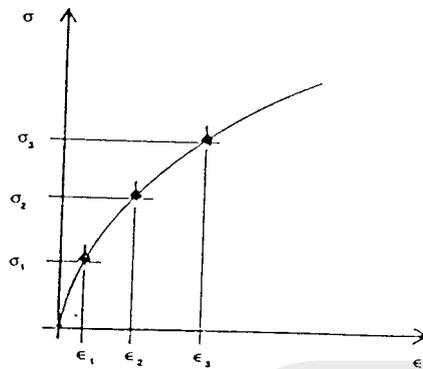
2.2.2 Modulus Elastisitas

Kebanyakan bahan struktur memiliki suatu daerah awal pada diagram tegangan regangan dalam mana bahan-bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Bila suatu bahan berkelakuan secara elastis dan juga memperlihatkan suatu hubungan linier antara tegangan dan regangan, maka ia dikatakan elastis secara linier. Elastisitas linier adalah suatu sifat dari kebanyakan bahan padat, termasuk logam-logam, kayu, beton, plastik-plastik, dan keramik.

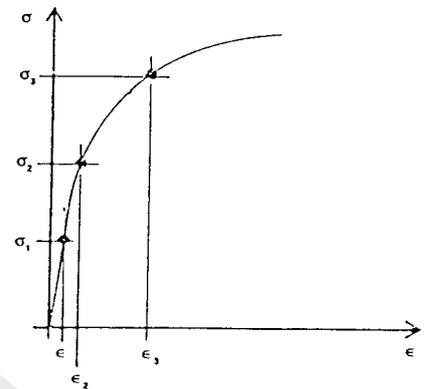
Hubungan linier antara tegangan dan regangan untuk suatu bahan yang mengalami tegangan yang rendah (dibawah σ_2 pada diagram 2.1b), berlaku hukum Hooke :

$$\sigma = E\epsilon \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana E adalah suatu konstanta pembanding yang dikenal sebagai Modulus Elastis atau Modulus Young, σ adalah tegangan dan ϵ adalah regangan. Tetapi pada tegangan (diatas σ_2 pada diagram 2.1b) yang tinggi, umumnya bahan memiliki hubungan non linier.



Gambar 2.1a
Hubungan non-linier antara
tegangan dan regangan



Gambar 2.1b
Hubungan linier tegangan-
regangan pada nilai tegangan
yang rendah, tidak lagi linier
pada tegangan yang tinggi

Pada contoh yang ditunjukkan pada Gambar 2.1a, titik-titik yang dipetakan tidak terletak pada garis lurus, sehingga tidak terdapat kesebandingan antara tegangan dan regangan. Bahan yang memiliki diagram tegangan regangan seperti diagram tersebut disebut elastis non-linier, jelas tidak mengikuti hukum Hooke. Bahan ini tidak mempunyai modulus elastis konstan. Gambar 2.1b menunjukkan kesebandingan antara tegangan dan regangan pada nilai tegangan yang rendah (di bawah σ_2 pada diagram), tetapi pada tegangan yang tinggi bahan mempunyai kelakuan non-linier.

Biasanya modulus sekan pada 25 sampai 50 % dari kekuatan bahan tekan f'_c diambil modulus elastisitas. Untuk selama bertahun-tahun modulus elastisitas didekati dengan harga $1000 f'_c$ oleh Peraturan ACI, akan tetapi dengan penggunaan dari beton ringan yang maju pesat, maka variabel kerapatan density perlu diikuti. Sebagai suatu hasil dari analisa statistik atas data-data yang tersedia, maka rumus empiris yang diberikan oleh ACI 8.5.1

$$E_c = 0,043w_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan E_c = modulus elastis beton tekan (Mpa)

w_c = berat isi beton (kg/m^3)

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

2.2.2 Metode perancangan campuran beton

Pada penelitian ini digunakan ACI (American Concrete Institute) sebagai metode perancangan beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperlihatkan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan adukan beton.

Tahapan perhitungan perancangan campuran beton berdasarkan metode ACI (Tjokrodimuljo, 1995 sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak beton rata-rata berdasarkan kuat desak karakteristik beton dan nilai margin

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan : f'_c = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda

uji, Mpa

f'_{cr} = kuat tekan beton rata-rata, Mpa

m = nilai margin, Mpa

Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai:

$$m = 1,64 \times k \cdot S_d \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan : S_d = nilai deviasi standar, yang dihitung dengan menggunakan rumus (2.3)

dan dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume Pekerjaan (m^3)	Mutu Pekerjaan		
	baik sekali	baik	cukup
kecil : < 1000	$45 < s_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 65$	$45 < s_d \leq 85$
sedang : 1000-3000	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 55$	$55 < s_d \leq 75$
besar : > 3000	$25 < s_d \leq 35$	$35 < s_d \leq 45$	$45 < s_d \leq 65$

- Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada Tabel 2.4, dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada Tabel 2.5, dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 2.4 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.5 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam ruang bangunan:	
a. Keadaan keliling non korosif:	0,60
b. keadaan keliling korosif, atau disebabkan oleh kondensasi atau uap air:	0,52
Berat di luar ruang bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung:	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung:	0,60
Beton yang mauk ke dalam tanah:	0,55
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti:	0,52
b. mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah:	0,57
Beton yang kontinu berhubungan dengan air:	0,52
a. air tawar	
b. air laut	

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, bisa dilihat dalam Tabel 2.6 dan Tabel 2.7

Tabel 2.6. Nilai-nilai "slump" untuk berbagai pekerjaan beton

Jenis Konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
- Dinding, plat pondasi, pondasi bertulang	12,5	5,0
- Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
- Plat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
- pengerasan jalan	7,5	5,0
- pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 2.7 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum, mm	balok/kolom	plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dilihat dari Tabel 2.8

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat, mm		
	10	20	30
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-75	240	212	188
Udara Terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Perkiraan kebutuhan kerikil per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butiran

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butiran			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,64	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Modulus halus butiran didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan pada lubang ayakan adalah 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan makin besar butiran agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butiran antara 1,5 sampai 3,8, sedangkan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus campuran kerikil dengan pasir berkisar antara 5 sampai 6,5.

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (lihat Tabel 2.10), dengan cara hitungan volume absolut.
8. Hitung berat masing-masing bahan susun beton.