

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk masa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1991). Perencanaan komposisi bahan pembentuk beton merupakan penentu kualitas beton, yang berarti pula kualitas sistem struktur total. Bukan hanya bahan harus baik, melainkan juga keseragaman harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton.

Karakteristik beton yang baik disimpulkan sebagai berikut :

1. Kepadatan : ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen,
2. Kekuatan : beton harus mempunyai kekuatan dan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan,
3. Faktor air semen : harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton yang direncanakan.

Untuk mencapai kondisi-kondisi yang ditulis di atas, harus ada kontrol kualitas yang baik atas faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton. Parameter-parameter yang paling penting (*Edward G. Nawy, 1990*) adalah sebagai berikut :

1. Kualitas semen.
2. Proporsi semen terhadap air dalam campuran.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dan agregat.
5. Penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar.
6. Perawatan yang baik.

Penyelidikan mengenai persyaratan ini membuktikan bahwa hampir semua kontrol menyangkut hal-hal sebelum pengecoran beton segar. Karena kontrol ini menyangkut penentuan komposisi dan kemudahan mekanis atau kemudahan pengangkutan dan pengecoran, maka perlu dipelajari kriteria-kriteria yang berdasarkan teori penentuan komposisi untuk setiap pencampuran.

Metode yang diterima secara umum untuk perancangan campuran beton berbobot ringan dan beton berbobot berat adalah metode perancangan campuran American Concrete Institute yang berupa rekomendasi praktis untuk perancangan campuran pada beton berbobot normal, berat, massal dan rekomendasi praktis untuk perancangan campuran pada beban struktural ringan.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifiknya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

2.2.1 Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBLI-1982). Semen merupakan bahan ikat yang apabila dicampur dengan air akan menimbulkan reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen. Reaksi-reaksi ini akan menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (*Ir Kardiyono Tjokrodimuljo, ME, 1992*).

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua periode, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah proses pengikatan selesai.

Tabel 2.1 Susunan unsur semen Portland

Bahan Dasar	Rumus Kimia	% dalam PC
Kapur	CaO	60 – 65
Silika	SiO ₂	17 – 25
Alumina	Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi Oksida	Fe ₂ O ₃	0.5 – 6

Tabel 2.2 Senyawa-senyawa yang terdapat dalam semen Portland

Senyawa	Rumus Kimia
Dikalsium Silikat (C_2S)	$2CaOSiO_2$
Trikalsium Silikat (C_3S)	$3CaOSiO_2$
Trikalsium Aluminat (C_3A)	$3CaOAl_2O_3$
Tetrakalsium Aluminatferrite (C_4AF)	$4CaOAl_2O_3Fe_2O_3$

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam 5 jenis (PUBI – 1982), yaitu :

- Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
- Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- Jenis III : Untuk konstruksi- konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Untuk konstruksi- konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
- Jenis V : Untuk konstruksi- konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan menempati sebanyak 70 % dari campuran

beton. Hal ini menyebabkan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat adukan beton.

Agregat dibedakan dalam 2 jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami maupun buatan. Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat halus memiliki ukuran butiran antara 0,15 – 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu (*Stone Crusher*).

Agregat halus (pasir) sangat berperan dalam menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*Strength*) dan tingkat keawetan (*durability*). Mutu pasir harus dikendalikan agar diperoleh beton yang lebih seragam. Pasir bersama semen dan air membentuk mortar yang berfungsi untuk mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan kompak. Dengan demikian baik tidaknya ikatan ini sangat tergantung dari mutu dan kuat mortar.

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah (*split*) yang diperoleh dari pemecahan batu yang lebih besar dengan ukuran 5 – 40 mm (*Kusuma dan Vis, 1993*).

Agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton terlebih dahulu harus diketahui data-data agregat, antara lain :

1. Ukuran Maksimum Butir Agregat

Suatu adukan beton yang mempunyai tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*) yang sama akan membutuhkan semen yang lebih sedikit jika digunakan butir-butir agregat yang berukuran besar. Untuk mengurangi

jumlah semen (pengurangan biaya pembuatan beton) dibutuhkan ukuran butir-butir agregat maksimal. Ukuran maksimum agregat dibatasi oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Ukuran maksimum butiran agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara baja tulangan dengan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal plat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.

Dengan pertimbangan tersebut diatas, maka ukuran maksimum agregat umumnya dipakai 10mm, 20mm, 30mm dan 40mm. Jika tidak dipakai baja tulangan, misalnya untuk pondasi sumuran dapat dipakai agregat sebesar 150mm.

2. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam memiliki volume pori yang besar. Sebaliknya bila butirnya bervariasi, maka volume pori akan kecil. Gradasi agregat sangat diperlukan, agregat dengan ukuran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar. Gradasi agregat menyebabkan pori-pori menjadi sedikit dan kemampuan menjadi tinggi. Pada pembuatan mortar beton diperlukan suatu butiran dengan kemampuan yang tinggi, karena volume pori kecil akan membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai prosentase dari berat butiran tertinggal atau

lolos didalam suatu ayakan. Susunan ayakan yang digunakan 76mm, 38mm, 19mm, 9.60mm, 4.80mm, 2.40mm, 1.20mm, 0.60mm, 0.30mm dan 0.15mm.

3. Bentuk butiran Agregat

Bentuk butiran agregat sangat berpengaruh pada kuat desak beton.

Berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi :

a. Agregat bulat

Agregat bulat mempunyai rongga udara minimum 33%. Hal ini berarti mempunyai rasio luas permukaan volume kecil, sehingga hanya memerlukan bahan ikat yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik. Agregat bulat dapat menyebabkan ikatan antar butiran kurang kuat, sehingga tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya.

b. Agregat bulat sebagian

Agregat bulat sebagian mempunyai rongga lebih tinggi, yaitu berkisar 35% sampai 38%. Dengan demikian membutuhkan bahan ikat lebih banyak untuk mendapatkan beton segar yang dapat dikerjakan. Ikatan antar butir-butir lebih baik daripada agregat bulat, namun belum cukup untuk dipakai pada beton mutu tinggi.

c. Agregat bersudut

Agregat bersudut mempunyai rongga berkisar antara 38% sampai 40%. Ikatan antar butiran baik, sehingga membentuk daya ikat yang baik. Pasta semen yang dibutuhkan lebih banyak namun baik untuk beton mutu tinggi maupun lapis perkerasan jalan.

d. Agregat pipih

Agregat pipih adalah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya. Ukuran rata-rata agregat adalah rata-rata ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Agregat mempunyai ukuran rata-rata 15mm jika lolos pada lubang ayakan 20mm dan tertahan pada lubang ayakan 10mm. Agregat dinamakan pipih, jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $\frac{3}{5} \times 15\text{mm} = 9\text{mm}$.

e. Agregat memanjang

Agregat memanjang yaitu bila ukuran terbesar (yang terpanjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata.

4. Kebersihan

Agregat pada umumnya tidak bebas dari bahan-bahan yang keberadaannya mungkin memberikan pengaruh yang merugikan terhadap kekuatan beton, kemudahan mengerjakannya, keawetannya dan permukaan beton yang jelek. Bahan-bahan yang berpengaruh buruk tersebut dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Zat yang mengganggu proses hidrasi semen, yaitu yang berupa kandungan organik.
- b. Zat yang melapisi agregat, sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antara agregat dengan pasta semen.
- c. Butiran yang kurang tahan terhadap cuaca, yang bersifat lemah dan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dan pastanya.

5. Kekuatan Agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregatnya. Sepanjang kuat tekan agregat lebih tinggi daripada beton yang dibuat dari agregat tersebut, maka agregat tersebut masih dianggap cukup kuat. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua sebab, yaitu karena terdiri dari bahan-bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tapi tidak terikat kuat.

Butir-butir agregat yang lemah yaitu butir agregat yang kekuatannya lebih rendah daripada pasta semen yang telah mengeras tidak dapat menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Untuk butir agregat yang kekuatannya sedang atau cukup akan lebih menguntungkan, karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi pada pasta beton selama terjadi pembebanan, pembasahan atau pengeringan, pemanasan atau pendinginan. Dengan demikian akan mengurangi bahaya akibat terjadinya retakan pada beton. Sifat-sifat butir agregat yang lemah dan lunak perlu dibatasi jika ketahanan terhadap abrasi yang kuat dari betonnya diperlukan.

Pengujian kekuatan agregat kasar dapat dilakukan dengan mesin uji aus Los Angeles. Pada cara uji ini, contoh butir Agregat dimasukkan dalam silinder logam dengan bola-bola baja untuk memukul. Kemudian silinder diputar sehingga butir-butir agregat butir-butir agregat tersebut terpukul-pukul dan terabrasi. Prosentase jumlah berat agregat yang hancur selama pengujian merupakan ukuran dari sifat-sifat agregat yaitu keuletan, kekerasan dan ketahanan aus. Mesin Los Angeles juga dapat digunakan untuk memeriksa

adanya bagian butiran yang lunak dalam agregat, yaitu dengan mengukur banyaknya butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 kali yang pertama dibandingkan pada akhir putaran ke-500. Jika butiran yang pecah pada akhir putaran ke-100 sudah lebih dari 20% daripada akhir putaran ke-500, maka dianggap bagian butir lunak sudah terlalu banyak.

6. Tekstur Permukaan Butiran

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butiran termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Pada umumnya permukaan butiran hanya disebut kasar, agak kasar, agak licin dan licin. Berdasarkan pemeriksaan visual butir agregat, tekstur agregat dapat dibedakan menjadi :

- a. Sangat halus ("*Glassy*")
- b. Halus
- c. Berbutir ("*Granuler*")
- d. Kasar
- e. Berkristal ("*Crystalline*")
- f. Berpori
- g. Berlubang-lubang

Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan dan juga tergantung pada besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut.

Bentuk tekstur permukaan sangat berpengaruh terhadap :

- a. Daya serap terhadap air

- b. Kemudahan pengerjaan dari beton segar.
- c. Daya lekat antara agregat dengan pasta semen

Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar, lebih baik dari agregat dengan permukaan yang halus. Agregat dengan tekstur yang kasar dapat meningkatkan rekatan antara agregat dengan semen sampai 1,75 kali dan kuat desak beton dapat meningkat sekitar 20%.

7. Berat Jenis Agregat

Berdasarkan berat jenisnya, agregat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

- a. Agregat normal, yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7 ton/m³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt dan kuarsa. Beton yang dihasilkan dari agregat ini mempunyai berat jenis sekitar 2,3 ton/m³ dengan kuat desak antara 150 sampai 400 kg/cm².
- b. Agregat berat, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 ton/m³, misalnya magnetik (Fe₃O₄), barytes (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan dari agregat jenis ini efektif sebagai dinding pelindung dari radiasi sinar X.
- c. Agregat ringan, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 ton/m³, biasanya digunakan untuk beton non struktural. Kebaikan agregat ini adalah berat sendiri yang rendah, sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan. Agregat ringan alami misalnya *diatomite*, *pumice*,

vulcanic cinder. Abu terbang (*sintered fly ash*) dan busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*).

8. Kadar Air Agregat

Kadar air yang ada pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan juga untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air di dalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat, yaitu :

- a. Kering tungku, yaitu benar-benar tidak berair dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air.
- b. Kering udara, yaitu butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air dalam porinya.
- c. Jenuh kering muka, yaitu permukaannya tidak mengandung air tetapi butir-butirnya berisi sejumlah air yang diserap. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.
- d. Basah, yaitu butiran-butiran agregat mengandung banyak air, baik dipermukaan maupun didalam butirannya, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

Dari keempat keadaan tersebut, keadaan jenuh air permukaan ("*Saturated Surface Dry/SSD*") lebih disukai sebagai ukuran standar, karena :

- a. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dalam pasta semen.

- b. Kadar air di lapangan yang mendekati keadaan “SSD”

2.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua, sebagai pelincir campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (*Murdock dan Brook, 1991*).

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 20%-30% berat semen. Tetapi dengan nilai faktor air semen yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun. (*Kardiyono, 1992*)

Perlu diperhatikan juga syarat-syarat air untuk beton. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton tidak harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum, air yang dapat digunakan untuk bahan campuran beton ialah air yang bila dipakai dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air sulingan.

Kandungan air yang digunakan dalam campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

- b. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.3 Faktor Air Semen

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

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5x}}$$

Dengan :

f_c = kuat desak beton,

x = fas (yang semula dalam proporsi volume),

A, B = konstanta.

2.4 Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*Fineness modulus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir (mhb) ini didefinisikan sebagai butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang ayakan itu ialah sebagai berikut : 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.80 mm, 2.40 mm, 1.20 mm,

0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. (Kardiyono, 1992)

Hubungan antara mhb pasir, mhb kerikil dan mhb campurannya dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100 \%$$

Dengan :

- W = Persentase berat pasir terhadap berat kerikil
- K = Modulus halus butir kerikil
- P = Modulus halus butir pasir
- C = Modulus halus butir campuran

2.5 Slump

Pengujian slump adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton segar, yaitu tingkat kecairan atau kepadatan adukan beton yang berguna dalam pengerjaan beton.

Jumlah air dalam campuran mempengaruhi kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton. Pada dasarnya pengujian slump di lapangan tujuannya adalah untuk menghasilkan beton yang seragam, untuk mempertahankan faktor air semen yang tetap dan menentukan jumlah air dalam adukan.

2.6 Workability

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan termasuk adukan, dituang dan

dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton.

Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan akan semakin cair, sehingga makin mudah untuk dikerjakan.

2. Jumlah semen yang digunakan

Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.

3. Pemakaian bahan tambah admixture tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan workability adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan *plastilizer* atau *air entrained*.

2.7 Desain Adukan Beton

2.7.1 Tujuan desain Adukan Beton

Tujuan dari desain campuran adalah untuk menentukan proporsi bahan-bahan penyusun beton agar tercapai keadaan yang sesuai atau memenuhi syarat seperti berikut ini :

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

Penggunaan atau pemilihan metode perancangan beton pada proyek-proyek yang telah ada biasanya didasarkan pada kualitas pencapaian kekuatan beton rencana, yang sesuai dengan yang telah direncanakan, kemudahan pengerjaan dan nilai ekonomis. Pada penelitian ini dipakai metode ACI, karena metode ini paling banyak dipakai di lapangan, dengan demikian akan didapatkan beton dengan keadaan sesungguhnya di lapangan.

2.7.2 Rencana Campuran Metode ACI (America Concrete Institute)

America Concrete Institute menyarankan suatu cara perencanaan campuran yang memperhatikan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air tiap meter kubik adukan menentukan tingkat konsistensi atau kekentalan (*slump*) adukan itu (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1993).

Adapun langkah langkah dalam perhitungan perancangan campuran beton dengan metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat rata-rata beton

Perhitungan kuat desak rata-rata beton didapat berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung mutu pelaksanaan serta volume pekerjaan, sesuai dengan rumus berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

$$m = k \times S_d$$

dengan :

$$f'_{cr} = \text{kuat desak rata-rata beton (Mpa)}$$

$$f'_c = \text{kuat desak rencana beton (Mpa)}$$

$$m = \text{nilai margin (Mpa)}$$

$$S_d = \text{nilai deviasi standar}$$

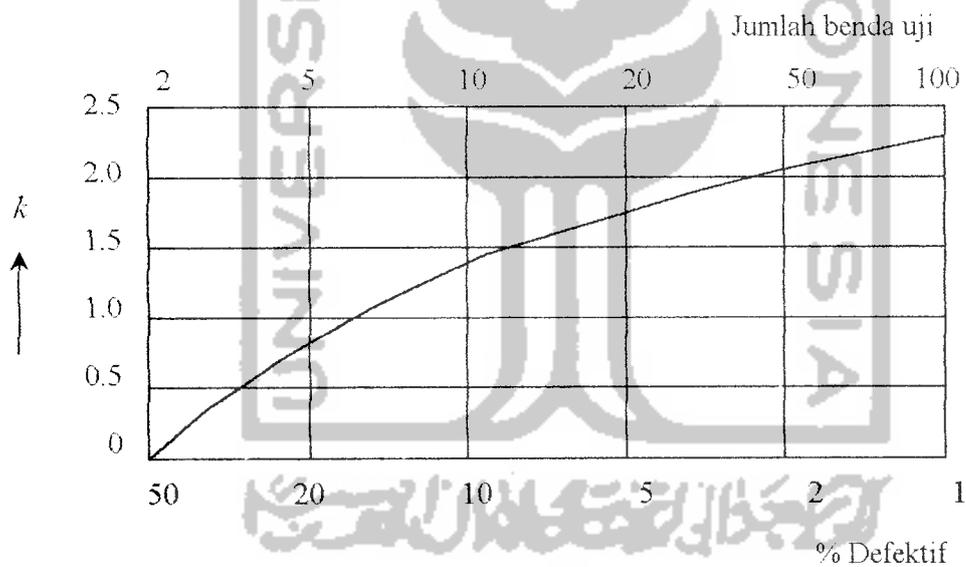
$$k = \text{Konstanta untuk mengalikan kuat desak karakteristik}$$

Tabel 2.3 Harga k untuk beberapa keadaan

k untuk 10 % defektif	1,28
k untuk 5 % defektif	1,64
k untuk 2,5 % defektif	1,96
k untuk 1 % defektif	2,33

Tabel 2.4 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 sampel

Jumlah benda uji	k
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
≤ 15	1,16



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara faktor k dan bagian hasil pemeriksaan yang diperkirakan dibawah kekuatan desak minimum

Tabel 2.5 Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume pekerjaan (m^3)		Mutu pekerjaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
Sedang	1000 – 3000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
Besar	> 3000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

2. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton rencana dan tabel hubungan antara keawetan, jenis struktur dan kondisi lingkungan. Dari kedua hasil tersebut dipilih nilai yang terkecil.

Tabel 2.6 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata 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

- 3 Menentukan nilai slump dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya (lihat tabel 2.7 dan tabel 2.8).

Tabel 2.7 Nilai slump

Tabel nilai slump (cm)		
Perincian beton	Maks	Min
- Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,00	5,00
- Pondasi telapak tidak bertulang, kaisson dan struktur dibawah tanah	9,00	2,50
- Plat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
- Pengerasan jalan	7,50	5,00
- Pembetonan masal	7,50	2,50

- 4 Menentukan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (lihat tabel 2.8).

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

Slump (mm)	Ukuran Maks Agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

- 5 Menghitung semen yang dibutuhkan berdasarkan hasil langkah 2 dan 4. Berat semen didapatkan dari perhitungan faktor air semen, dengan rumus :

$$fas = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$

maka :

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat air}}{fas}$$

- 6 Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan tiap satuan volume beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halusnya (lihat tabel 2.9).

Tabel 2.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar permeter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya (m³)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butiran pasir			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.65	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

- 7 Menghitung volume agregat halus yang diperlukan berdasarkan jumlah volume air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 2.9), dengan cara hitungan volume absolute sebagai berikut :

$$\text{Volume agregat halus} = [1 - (V_a + V_k + V_s + V_u)]$$

dengan :

V_a = Volume air

V_k = Volume kerikil

V_s = Volume semen

V_u = Volume udara

8. Menentukan kebutuhan material tiap bahan penyusun adukan beton.

