

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Faktor yang berpengaruh pada diagram tegangan regangan desak beton adalah :

- a. Jenis pembebanan, yaitu beban monoton atau beban siklik
- b. Rasio volume antara tulangan lateral dengan beton inti (“Concrete Core”)
- c. Mutu beton dan bentuk tulangan (spiral atau biasa)
- d. Volume, distribusi tulangan bujur dan tegangan leleh tulangan
- e. Ukuran, rasio ukuran, cara cor dan bahan cetakan

3.2. Perancangan Campuran Mortar

Tujuan dari perancangan campuran mortar adalah untuk menentukan proporsi bahan-bahan penyusun mortar agar tercapai keadaan yang sesuai dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Kelecekan (“workability”) yang baik sehingga pengakutan dan pemadatan disaat pembuatan benda uji mortar dapat dikerjakan dengan baik
2. Keawetan (“Durability”) yang memadai, keawetan mortar banyak ditentukan oleh tinggi rendahnya nilai slump
3. Kekuatan desak yang memenuhi persyaratan

3.3. Bahan Penyusun Mortar

3.3.1. Semen Portland

Sement Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar secara bersama-sama : kapur, silika dan alumina pada suhu $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ yang menjadi klinker. Kemudian klinker-klinker ini didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu ikat (Ahmad Antono,1985).

Adapun unsur-unsur pokok yang terkandung didalam semen biasa, yaitu :

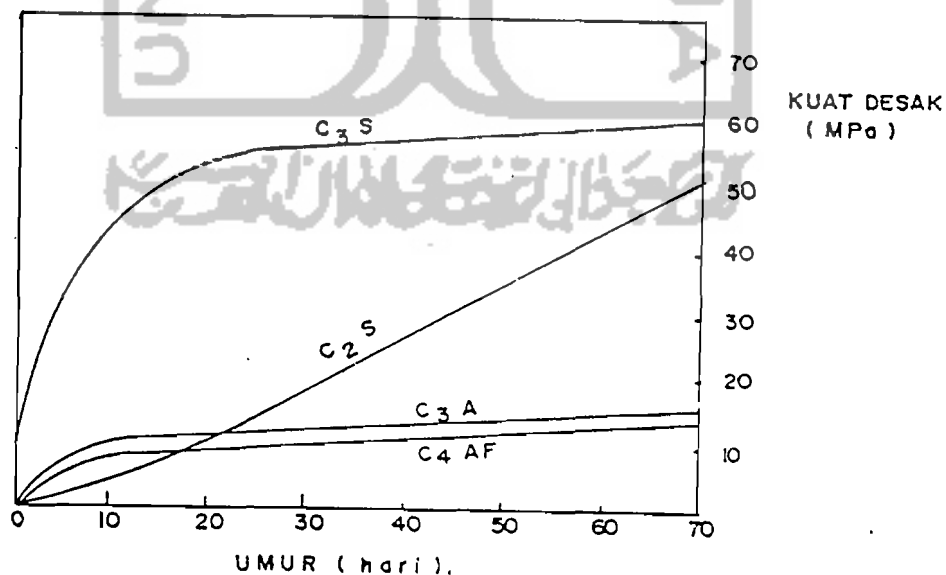
Tabel 3.1. Unsur-unsur pokok yang terkandung di dalam semen

Bahan	Rumus kimia	%
Kapur	CaO	60 - 65
Silika	SiO ₂	17 - 25
Alumina	Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi	Fe ₂ O + K ₂ O	0,5 - 6
Magnesia	MgO	0,5 - 4
Sulfur	SO ₃	1 - 2
Soda (potash)	Na ₂ O + K ₂ O	0,5 - 1

Komposisi semen Portland dan senyawa kimia yang ada berpengaruh terhadap sifat-sifat semen. Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu sifat ikatan dan sifat pengeras semen adalah :

1. Trikalsium silikat (C₃S) atau 3CaO·SiO₂
2. Dikalsium silikat (C₂S) atau 2CaO·SiO₂
3. Trikalsium aluminat (C₃A) atau 3CaO·Al₂O₃
4. Tetrakalsium aluminoforit (C₄AF) atau 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃

Pengaruh keempat senyawa kimia tersebut terhadap umur dan pengerasan semen, dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen

3.3.2. Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirnya ≤ 5 mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu.

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 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 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 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. Bahan-bahan organik itu dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa dari semen Portland, hingga berakibat berkurangnya kualitas adukan (Gedeon Kesuma, 1993).

Untuk memperoleh nilai kuat desak yang lebih besar maka digunakan pasir dengan gradasi yang lebih besar. Variasi besar butiran (gradasi) yang baik akan menghasilkan rongga mortar yang sedikit. Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit (Kardiono Tjokrodimejo, 1992).

3.3.3. Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pembentukan pasta semen yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan ("workability"), kekuatan, susut dan keawetan mortalnya.

Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) 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

Untuk perawatan, dapat digunakan pula air yang sama untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna terutama jika perawatan cukup lama.

3.3.4. Kerikil

Kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran 5 – 40 mm (Kusuma Gideon dan WC. Vis, 1993).

Kerikil yang digunakan harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila kerikil 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. Hal ini terjadi karena butir kerikil yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi lebih sedikit atau dengan kata lain kemampatannya tinggi. Pada pelaksanaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampatan tinggi, karena volume porinya sedikit dan ini berarti hanya membutuhkan bahan ikat yang sedikit pula.

3.3.5 “Fly Ash”

“Fly Ash” (abu terbang) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap, yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus, keluar bersama-sama gas buang. Pada penelitian ini “Fly Ash” akan digunakan sebagai bahan tambah (mineral admixture) yang berfungsi untuk bahan pengisi adukan beton sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari “Fly Ash” untuk memperbaiki mutu beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, dan bahan pozzolan tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen. Sifat fisik maupun kimia dari “Fly Ash” dapat dilihat pada tabel 3.2. dan 3.3.

Tabel 3.2. Sifat fisik "Fly Ash" ex batu bara

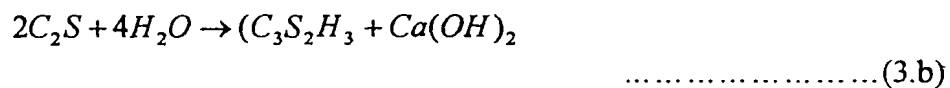
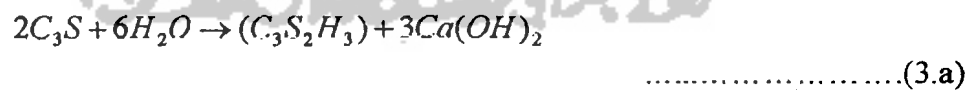
No	Sifat fisik	Data yang ada
1	Berat jenis	1,99 – 2,40 gr/cm ³
2	Kehalusan butir	163,25 – 227,19 m ² /kg
3	Kadar air	0,55 - 4,6 %

Tabel 3.3. Komposisi unsur kimia "Fly Ash" dalam satuan persen berat

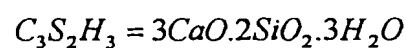
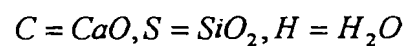
No	Unsur kimia	Persen berat "Fly Ash"	Persen Berat Standart ASTM
1	SiO ₂	59,99 %	(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃) maksimum 70 %
2	Al ₂ O ₃	30,35 %	
3	Fe ₂ O ₃	3,59 %	
4	CaO	1,83 %	-
5	MgO	1,11 %	-
6	Na ₂ O	-	maksimum 1,5 %
7	SO ₃	-	maksimum 4 %
8	Hilang Pijar	-	maksimum 10 %

Dalam penelitian yang akan dilakukan dipakai abu terbang untuk mengubah Kalsium hidroksida menjadi Kalsium silikat hidrat, untuk lebih jelasnya lihat reaksi-reaksi sebagai berikut :

Hidrasi semen,



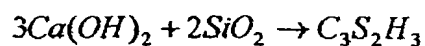
Keterangan :



Hasil dari proses diatas adalah $C_3S_2H_3$ yang biasa disebut "Tobermorite" yang berbentuk gel dan sisa reaksi $Ca(OH)_2$. Sisa hasil reaksi ini ($Ca(OH)_2$) akan bereaksi dengan abu terbang.

Hidrasi Abu terbang,

Sisa + Abuterbang → Gel



.....(3.c)

Keterangan : $C_3S_2H_3 = 3CaO_2SiO_2 \cdot 3H_2O$

Gel merupakan bahan perekat baru semacam pasta hidrolik yaitu bahan yang dapat mengeras bila diberi air dan diduga dapat meningkatkan kuat desak beton

Reaksi ini sangat terbatas sampai tersedianya alkali atau kalsium hidrosida dari sisa hidrasi semen.

3.3.6. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, faktor air semen (fas) merupakan perbandingan antara berat air dan berat semen dalam adukan. Kenaikan fas mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton, seperti Permeabilitas, ketahanan terhadap gaya "frost" (pembekuan pada musim dingin) dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan (Murdock,1978). Hubungan antara faktor air semen dan kuat desak beton dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f_c = \frac{A}{B^{1.5 \cdot x}}$$

..... (3.1)

Keterangan :

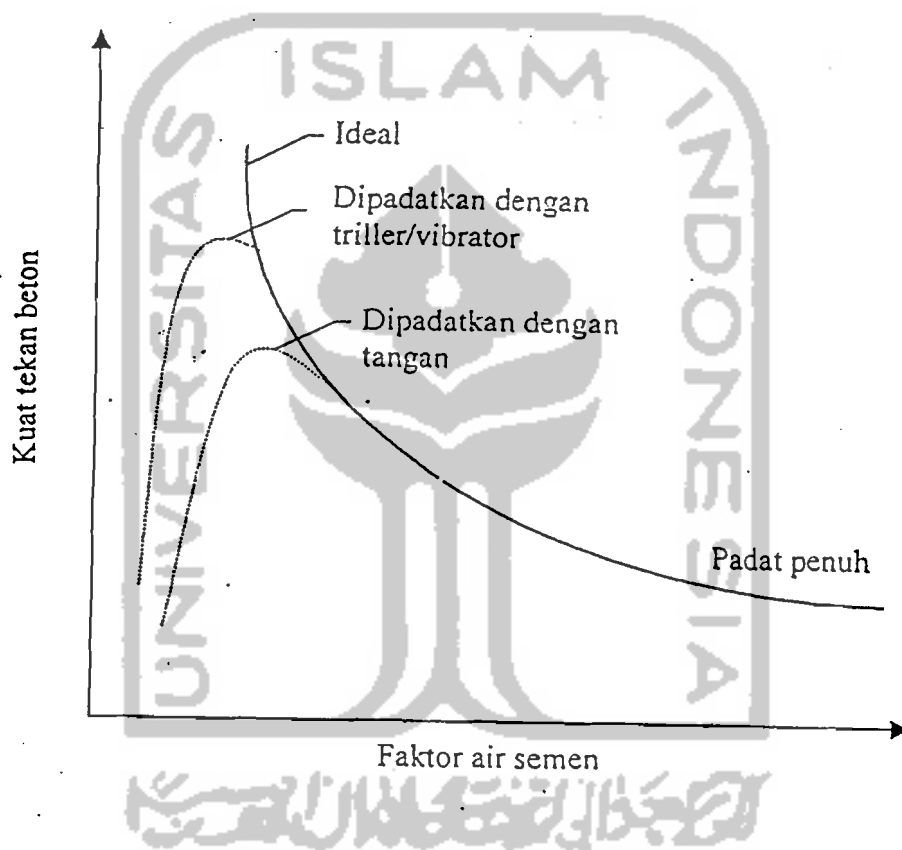
f_c = kuat tekan beton

A,B = konstanta

x = faktor air semen

Dengan demikian semakin besar faktor air semen maka semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun bila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil

faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai fas minimal dan cukup untuk memberikan “workabilitas” tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik. Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Hubungan antara kuat desak beton dengan faktor air semen

3.3.7. Slump

Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan betonnya makin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, karenanya bila nilai slump sama akan tetapi nilai fas berubah

maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan semennya lebih banyak. Jika jumlah semen banyak berarti pengurangan nilai fas dan penambahan kekuatan beton (Kardiyono,1992).

3.4. Metode ACI (“American Concrete Institute”)

Metode ACI merupakan salah satu metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton. Perencanaan campuran beton dilakukan untuk menentukan jumlah banyaknya masing-masing bahan yang akan dicampur dalam suatu adukan beton sesuai dengan kekuatan yang diinginkan.

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton menurut metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat tekan desain campuran dengan menggunakan kekuatan tekan yang dispesifikasikan, $f'c$.

Tabel 3.4. Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kekuatan tekan yang di-spesifikasikan $f'c$ (psi)	kekuatan rata-rata yang diperlukan $f'cr$ (psi) ^a
kurang dari 3000	$f'c + 1000$
3000 – 5000	$f'c + 1200$
lebih dari 5000	$f'c + 1400$

Keterangan : ^a 1000 psi = 6,9 Mpa

Sumber : Edward G. Nawy, Beton Bertulang

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur beton yang dikehendaki terdapat pada tabel 3.5 dan keawetannya berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan dapat dilihat pada tabel 3.6, dari kedua hasil dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.5. Faktor air semen maksimum yang diizinkan untuk beton yang data kekuatannya dari pengalaman dilapangan atau dari campuran percobaan tidak ada

kekuatan tekan yang dispesifikasikan $f'c(\text{psi})^b$	faktor air semen absolut (berdasarkan berat)	
	beton non air-entrained	beton air-entrained
2500	0,67	0,54
3000	0,58	0,46
3500	0,51	0,40
4000	0,44	0,35
4500	0,38	c
5000	c	c

keterangan : ^b 1000 psi = 6,9 Mpa

c = fas dilakukan dengan cara coba-coba

Sumber : Edward G. Nawy, Beton Bertulang

Tabel 3.6. Faktor Air Semen Maksimum

Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
Beton di luar lapangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (dari tabel 3.7 dan tabel 3.8)

Tabel 3.7 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan fondasi bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton

Tabel 3.8. Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok/kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (Lihat tabel 3.9)

Tabel 3.9. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	167
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara yang terperangkap	3 %	2 %	1 %

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) diatas

$$B_s = \frac{B_a}{f_{as}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$V_s = \frac{B_s}{B_{js}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

B_s = Berat semen

B_a = Berat air

f_{as} = faktor air semen

V_s = Volume semen

B_{js} = Berat jenis semen

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya (lihat tabel 3.10.)

Tabel 3.10. Perkiraan kebutuhan kerikil permeter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan M_{hb} pasirnya, pada B_j. Kerikil 2,68 dalam m³

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
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

Sumber : Kardiyo Tjokrodinuljo, Teknologi Beton

Untuk Berat jenis kerikil diatas 2,68, maka digunakan rumus :

$$V_{kc} = \frac{B_{jc}}{2,68} V_{kc(268)} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$B_{ak} = V_{kc} \cdot (b_{j_{kt}}) \dots\dots\dots(3.5)$$

$$V_k = \frac{B_{ak}}{B_{jc}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

V_{kc} = Volume kerikil curah

B_{jc} = Berat jenis kerikil yang dicari

$V_{kc2,68}$ = Volume kerikil curah untuk Berat jenis 2,68

B_{ak} = Berat agregat kasar

$B_{j_{kt}}$ = Berat jenis kerikil kering tusuk

V_k = Volume padat kerikil

7. Menentukan volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 3.9.), dengan cara menghitung volume absolut.

$$V_{ah} = 1 - (V_a + V_k + V_s + V_u) \dots\dots\dots(3.7)$$

$$B_p = V_{ah} \cdot (B_{jp}) \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

V_{ah} = Volume agregat halus

V_a = Volume air

V_k = Volume kerikil

V_s = Volume semen

V_u = Volume udara terperangkap

Bp = Berat pasir

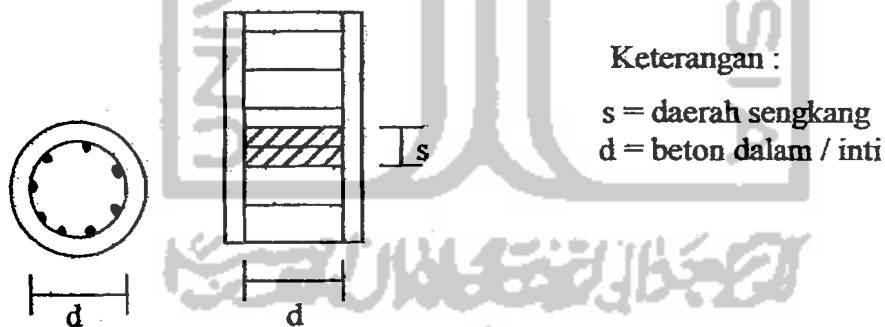
Bjp = Berat jenis pasir

8. Dengan menggunakan persamaan 3.2 sampai dengan persamaan 3.8 maka berat masing-masing bahan penyusun beton dapat diketahui

3.5. Penulangan beton

Agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberikan perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul pada beton. Pada suatu tampang beton biasa terkadang digunakan tulangan dengan pengikat sengkang lateral maupun spiral.

Tulangan pengikat lateral berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh ditempatnya, dan memberikan tumpuan lateral sehingga masing-masing tulangan memanjang hanya dapat tertekuk pada tempat di antara dua pengikat. Salah satu bentuk dari penulangan beton dapat dilihat pada gambar 3.3. sebagai berikut :



Gambar 3.3. Penulangan pada beton dengan menggunakan sengkang

Perhitungan dari penulangan beton dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penulangan sengkang

Penulangan sengkang dihitung dengan rumus :

$$\rho_s = \frac{V_s}{V_b} 100\% = \frac{K \cdot A_s}{A_b \cdot s} 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

ρ_s = Rasio antara volume sengkang dengan volume beton

V_s = Volume sengkang

V_b = Volume beton

K = Keliling sengkang = $\pi \cdot d$

A_s = Luas sengkang = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{\text{sengkang}})^2$

A_b = Luas beton = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2$

2. Penulangan memanjang

Rumus yang digunakan untuk penulangan memanjang adalah :

$$\rho_l = \frac{V_t}{V_b} 100\%$$

.....(3.10)

Keterangan :

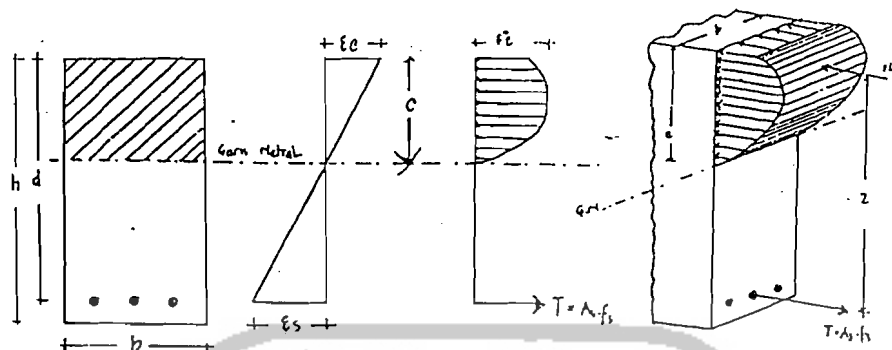
ρ_l = Rasio antara Volume tulangan dengan Volume beton

V_t = Volume tulangan = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{\text{tul}})^2 \cdot n \cdot s$

n = Jumlah tulangan

3.6. Distribusi Tegangan Regangan Beton

Distribusi tegangan desak beton yang terjadi pada penampang beton mempunyai bentuk parabola setara dengan kurva tegangan regangan desak beton. Gambar 3.4. menunjukkan bentuk distribusi tegangan berupa garis lengkung dengan nilai 0 pada garis netral. Mutu beton yang berbeda akan berlainan bentuk kurva dan lengkungnya. Tegangan desak maksimum posisinya bukan pada serat tepi desak terluar tetapi agak masuk kedalam.



Gambar 3.4. Distribusi Tegangan-regangan pada penampang balok

Volume blok tegangan desak yang berbentuk parabola digunakan untuk menghitung gaya desak dan kekuatan lentur penampang. Diagram tegangan-regangan semakin luas maka volume blok tegangan desak semakin bertambah. Bertambahnya volume blok tegangan desak akan menambah panjang lengan momen (z). Momen tahanan dalam (M_n) merupakan fungsi dari perkalian gaya desak dalam (N_D) dengan lengan momen (z), sehingga dengan bertambahnya lengan momen akan menambah besarnya momen tahanan dalam (M_n). Momen tahanan dalam akan menahan momen lentur rencana aktual yang ditimbulkan oleh beban luar.

3.7. Diagram Tegangan Regangan Hasil Beberapa Penelitian

3.7.1. Diagram Tegangan Regangan Hasil Penelitian yang dilakukan

Nilai – nilai tegangan dan regangan yang digunakan untuk membentuk grafik diagram tegangan regangan diperoleh dengan menggunakan metode regresi polinomial dengan sebelumnya dilakukan normalisasi pada tegangan dan regangannya yaitu dengan cara membagi tegangan yang terjadi dengan tegangan maksimum dan regangan yang terjadi dengan regangan pada saat tegangan maksimum.

Rumus dari persamaan polinomial order r mempunyai bentuk :

$$f_{(x)} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_r x^r \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

Jumlah kuadrat kesalahan dari proses regresi polinomial adalah :

$$\sum D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - f_{(x)})^2 \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

Persamaan 3.12. didiferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

$$\begin{aligned} \frac{\delta D^2}{\delta a_0} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^0 \\ \frac{\delta D^2}{\delta a_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^1 \\ \frac{\delta D^2}{\delta a_2} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^2 \\ &\vdots \\ \frac{\delta D^2}{\delta a_r} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) x_i^r \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

Persamaan 3.13. dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti dibawah ini

$$\begin{bmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^r \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\ \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \sum x_i^6 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i^3 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^r y_i \end{bmatrix}$$

→ Pers. 3.14

Keterangan :

a^r = koefisien konstanta

r = pangkat polinomial

Penyelesaian dari persamaan 3.14 akan didapat hasil $a_0, a_1, a_2, \dots, a_r$. Hasil ini dimasukkan dalam rumus 3.11. Untuk memperoleh besarnya tegangan yang dicari maka rumus 3.11 dapat ditulis sebagai berikut :

$$f(x) = (ax + bx^2)\sigma_{maks} \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan :

$f(x)$ = Tegangan yang dicari

a, b = konstanta

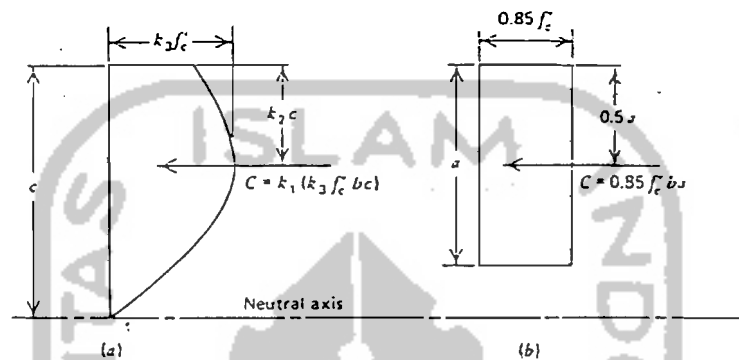
x = regangan desak yang terjadi

σ_{maks} = tegangan maksimum yang terjadi

3.7.2. Diagram Tegangan Regangan Menurut Kent & Park

Bentuk dari grafik diagram tegangan regangan yang diberikan oleh Kent & Park seperti yang terdapat pada Bab II yaitu pada gambar 2.3. dengan persamaan-persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.10 sampai 2.15.

Kent & Park juga memberikan diagram perbandingan distribusi tegangan desak beton antara hasil penelitian yang dilakukan dengan diagram pada balok persegi dan memberikan tabel untuk menentukan besarnya konstanta-konstanta yang digunakan berdasarkan besarnya tegangan desak yang diperoleh, adapun bentuk dari distribusi tegangan desak beton dan besarnya konstanta-konstanta tersebut diberikan pada diagram dan tabel sebagai berikut :



Gambar 3.5. Distribusi tegangan desak beton

a) Distribusi sesungguhnya

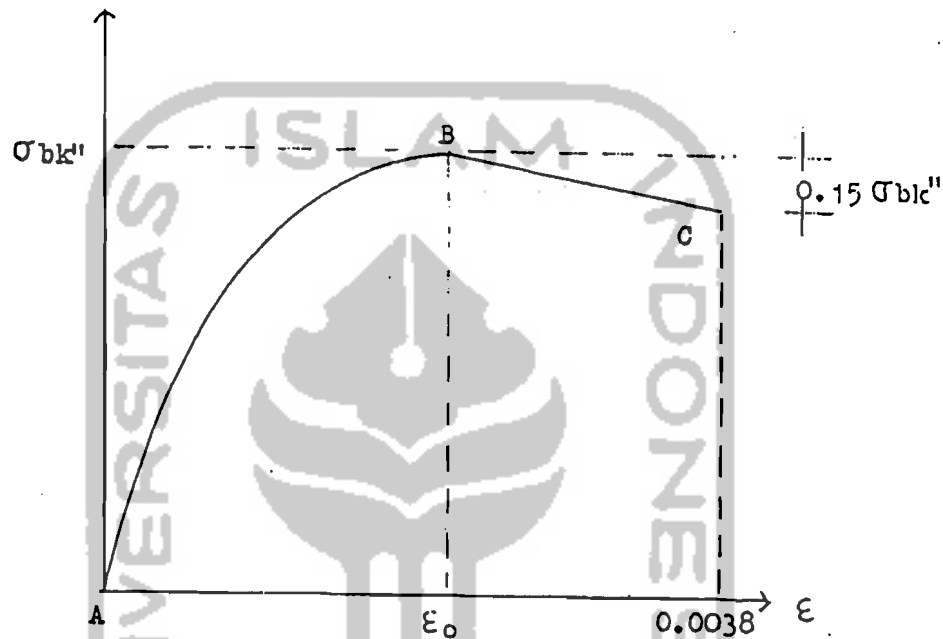
b) Distribusi balok persegi

		k_1	k_2	k_3	ϵ_s
psi	N/mm^2				
2000	13.8	0.86	0.48	1.03	0.0037
3000	20.7	0.82	0.46	0.97	0.0035
4000	27.6	0.79	0.45	0.94	0.0034
5000	34.5	0.75	0.44	0.92	0.0032
6000	41.4	0.71	0.42	0.92	0.0031
7000	48.3	0.67	0.41	0.93	0.0029

Tabel 3.11. Parameter blok tegangan berdasar tes PCA terhadap bahan tidak Terkekang (Sumber : R.Park and T.Paulay, "Reinforced Concrete Structures")

3.7.3. Diagram tegangan regangan menurut E. Hognestad

Bentuk daripada diagram tegangan regangan yang diusulkan oleh Hognestad adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6. Diagram tegangan regangan Hognestad

Besar tegangan lentur maksimum dicari dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_{bk''} = k_3 \cdot \sigma_b' \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

dimana besarnya k_3 diperoleh dari tabel 3.11. yang berdasarkan besar tegangan desaknya

Keterangan :

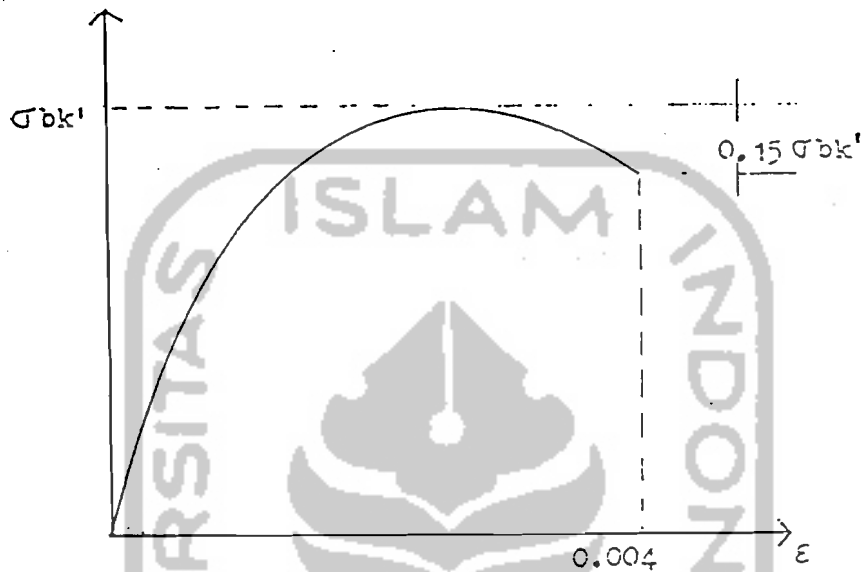
$\sigma_{bk''}$ = Tegangan desak lentur maksimum

σ_b' = Tegangan desak maksimum yang terjadi

k_3 = Konstanta

3.7.4. Diagram Tegangan Regangan Menurut Farah & Huggins

Diagram tegangan regangan yang diusulkan merupakan fungsi polinomial derajat 4 dan merupakan fungsi yang kontinue.



Gambar 3.7. Diagram Tegangan Regangan Farah & Huggins

Persamaan yang diajukan untuk diagram tersebut adalah,

$$\sigma_{bk} = \sigma'_{bk} (k_1 \varepsilon + k_2 \varepsilon^2 + k_3 \varepsilon^3 + k_4 \varepsilon^4) \quad \dots \dots \dots (3.17)$$

Yang mana,

σ_{bk} = tegangan desak beton pada regangan ε

σ'_{bk} = tegangan desak beton maksimum yang terjadi

ε = regangan beton yang ditinjau

k = suatu koefisien

Nilai – nilai k tersebut adalah,

$$k_1 = + 985$$

$$k_2 = - 312000$$

$$k_3 = + 30600000$$

$$k_4 = - 257000000$$

3.8. Menentukan Nilai Deviasi Standar.

Penyebaran dari hasil-hasil uji tekan akan tergantung dari tingkat kesempurnaan pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari pemeriksaan tersebut menyebar normal. Ukuran nilai penyebaran hasil pemeriksaan tersebut juga merupakan mutu pelaksanaan yang nilainya disebut deviasi standar. Nilai deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (fc_{28} - fcr)^2}{N - 1}} \dots \dots \dots (3.18)$$

Keterangan :

S = Deviasi standar (kg/cm²)

fc₂₈ = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji(kg/cm²)

fcr = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²)

$$\frac{\sum_1^n fc}{N}$$

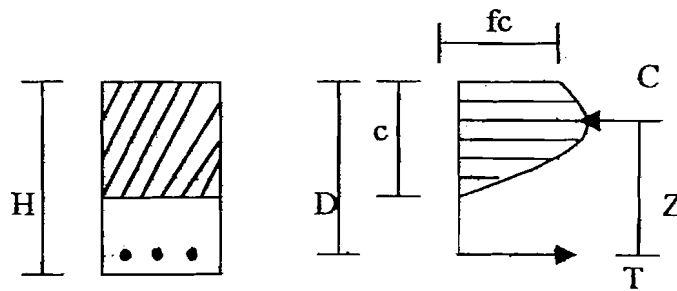
N = Jumlah benda uji

3.9. Metode Menentukan Nilai –nilai dalam blok Tegangan Desak

Nilai-nilai yang dapat diketahui dalam kaitannya antara hasil dari penelitian dengan blok tegangan desak adalah nilai momen nominal, ratio momen nominal, nilai α , dan nilai β .

3.9.1. Menentukan Nilai Momen Nominal

Dalam menentukan besarnya momen nominal didasarkan pada diagram tegangan regangan yang terjadi dari beberapa hasil penelitian yang disebutkan diatas, adapun secara keseluruhan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.8. Diagram regangan tegangan desak aktual

Keterangan :

c = Tebal daerah tegangan desak

Z = Lengan momen

f_c' = Tegangan desak yang terjadi

C = Gaya desak

T = Gaya tarik

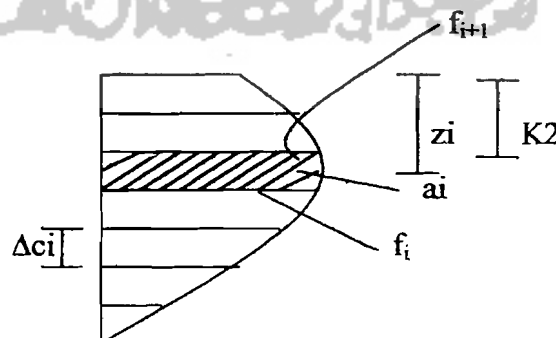
D = Tinggi Balok efektif

H = Tinggi Balok

Dari gambar 3.8. dapat terlihat bahwa dalam menentukan besarnya momen nominal yang terjadi maka hal-hal yang harus diketahui terlebih dahulu adalah :

1. Menentukan besarnya luasan tegangan desak yang terjadi

Besarnya luasan tegangan desak dapat ditentukan dengan berdasarkan pada gambar 3.9. sebagai berikut :



Gambar 3.9. Daerah Luasan Beton Desak

Langkah-langkah dalam menentukan luasan adalah sebagai berikut :

- Daerah beton desak dibagi menjadi n pias (Δci)
- Selanjutnya ditentukan letak titik berat masing-masing pias terhadap serat tepi luar atas beton (z_i), adapun rumus mencari z_i adalah :

$$z_i = \frac{\Delta ci(f_{(i)} + 2f_{(i+1)})}{3(f_{(i)} + f_{(i+1)})} \dots\dots\dots(3.19)$$

- Mencari besarnya luasan (a_i) masing-masing pias, rumus yang digunakan :

$$a_i = \frac{1}{2}(f_{(i)} + f_{(i+1)})\Delta ci \dots\dots\dots(3.20)$$

- Kemudian besarnya Luasan seluruh daerah beton desak (A_i) dicari dengan menggunakan rumus :

$$A_i = \sum_{i=1}^n a_i \dots\dots\dots(3.21)$$

- menentukan besarnya jarak titik berat luasan beton desak terhadap serat tepi luar atas (K_2) dengan rumus :

$$K_2 = \frac{\sum a_i z_i}{A_i} \dots\dots\dots(3.22)$$

Setelah diketahui luasan dan jarak titik beratnya, maka dapat dihitung besarnya momen nominal yang terjadi dengan rumus :

$$M_n = \frac{A_i B Z}{100000} \dots\dots\dots(3.23)$$

dengan,

$$Z = D - K_2 \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan :

M_n = Momen nominal yang dicari (tm)

A_1 = Luasan daerah beton desak (kg/cm)

B = Lebar balok (cm)

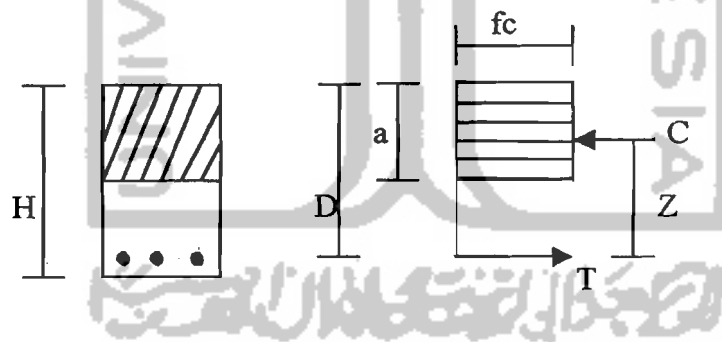
Z = Lengan momen (cm)

D = Tinggi efektif balok (cm)

K_2 = Tinggi titik berat luasan terhadap serat tepi luar atas (cm)

3.9.2. Menentukan besarnya Ratio Momen Nominal

Dalam menentukan besarnya ratio momen nominal yang dapat terjadi, sebagai momen pembanding digunakan momen dari hasil perhitungan (Persamaan 3.23) dengan menggunakan ketentuan SK SNI T-15-1991-03, berikut ini gambar diagram momen nominal berdasarkan ketentuan SK SNI T-15-1991-03 (M1):



Gambar 3.10. Diagram blok tegangan sesuai ketentuan

Besarnya momen yang terjadi adalah :

$$M_1 = \frac{(T(D - \frac{a}{2}))}{100000}$$

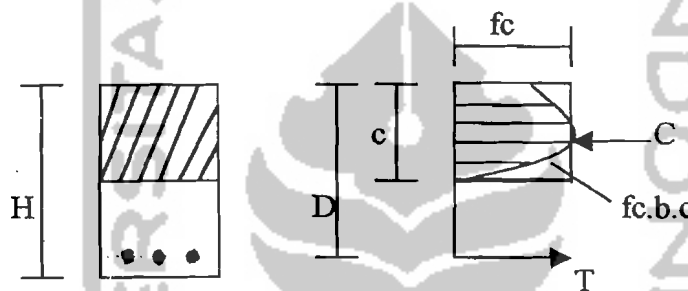
.....(3.25)

Sehingga besarnya ratio momen nominal yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$RM = \frac{M}{M1} \dots\dots\dots(3.26)$$

3.9.3. Menentukan Nilai Alpha (α)

Dalam menentukan besarnya nilai alpha ditinjau gambar sebagai berikut :



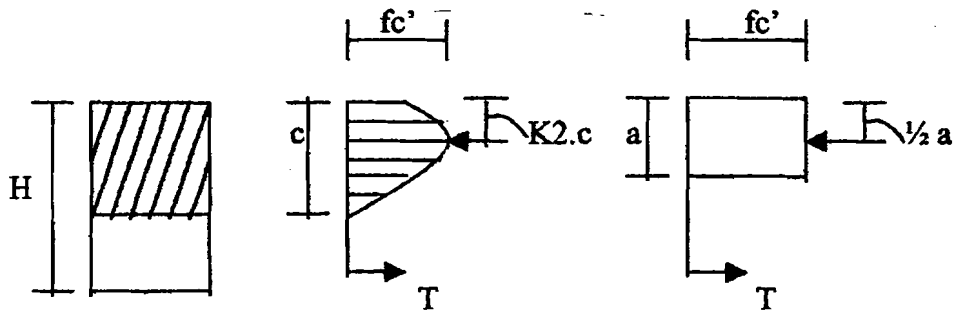
Gambar 3.11. Diagram blok menentukan nilai Alpha

Berdasarkan gambar 3.11. maka besarnya nilai alpha dapat ditentukan :

$$\alpha = \frac{C}{fc'.b.c} \dots\dots\dots(3.27)$$

3.9.4. Menentukan Nilai Beta (β)

Untuk mengetahui besarnya nilai Beta maka digunakan gambar dan rumus sebagai berikut :



Gambar 3.12. Diagram menentukan besarnya nilai Beta

Maka rumus yang digunakan adalah :

$$\beta = 2K2 = \frac{a}{c}$$

.....(3.28)

