

DISAIN CAMPURAN BETON

H. Ridwan Suhud

RINGKASAN

Tulisan ini menyajikan satu cara perhitungan komposisi campuran beton yang sangat praktis untuk mendapatkan beton mutu tinggi, misalnya K - 400, namun pelaksanaan pekerjaannya tidak memerlukan peralatan yang khusus dengan ketelitian yang tinggi, dan sejumlah semen maksimum tidak lebih dari 400 kg/m³. Cara seperti ini akan memberikan kemudahan untuk membuat beton dengan mutu tinggi di tempat pekerjaan (site) dimana saja berada, meskipun jumlah kubikasi betonnya kecil. Hal ini mengingat karena penggunaan ready mix tidak selalu memungkinkan.

Selain itu akhir-akhir ini ada beberapa pekerjaan yang menyaratkan mutu betonnya di samping kekuatan tekan, juga kekuatan tarik.

Mungkin persyaratan tersebut akan lebih dituntut lagi apabila penggunaan beton prategang parsial sudah berkembang. Untuk keperluan tersebut, tulisan ini juga secara singkat mengupasnya.

Untuk memberikan gambaran secara nyata, di dalam tulisan ini dimuat juga hasil-hasil percobaan yang dilakukan di laboratorium struktur Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.

SUMMARY

This paper presents a very practical calculation method of mixture concrete composition to obtain a high quality of cement is not over than 400 Kg/m³. Such method may simplify the elaboration of high quality concrete, not only based on the compressive strength, but also on the tensile strength. This specification may be more required, if the application of partially prestressed concrete has been developed. For this purpose, this paper also presents such problem briefly.

To illustrate this case more clearly, some test result carried out at Structural Laboratory of Civil Engineering Departement of ITB are presented

I. PENDAHULUAN

Bermacam-macam cara untuk mendisain campuran beton, agar beton yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan, baik sifat-sifat mekanisnya maupun sifat-sifat yang lainnya. Semen yang merupakan bahan pengikat dalam campuran beton ini mempunyai peranan besar dalam menentukan kekuatan beton tersebut, sehingga banyak orang beranggapan bahwa kenaikan hanya ditentukan oleh penambahan semen saja. Hal ini tidak mutlak, oleh karena ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi, yaitu kekompakan butiran (faktor granulair) dan perbandingan berat semen terhadap berat air. Dengan demikian, ada korelasi antara kekuatan beton, kekuatan semen, kekompakan butiran, jumlah air dan jumlah semen yang dipakai. Oleh karena itu seorang ahli dari Perancis, Prof. DREUX (1) mencetuskan korelasi ini dalam suatu rumus :

$$\sigma'_{28} = G \cdot \sigma'_{c} \left(\frac{C}{E} + 0,5 \right) \dots \dots \dots (1)$$

σ'_{28} = Kekuatan tekan rata-rata pada umur beton = 28 hari, berdasarkan benda uji silinder.

G = faktor kekompakan butiran (faktor granulair), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar. Angka ini berkisar antara 0,35 - 0,65, tergantung pada kualitas dan diameter maksimum dari butiran.
 σ'_{c} = kekuatan semen berdasarkan data dari pabrik semen yang dipakai atau juga informasi dari Lembaga Penelitian Bahan.

Maka dengan metoda Prof. DREUX ini pula campuran-campuran beton berikut dihitung.

II. PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN BETON

2.1. UMUM

σ'_{28} di dalam rumus di atas merupakan kekuatan tekan rata-rata sedangkan yang kita rencanakan adalah kekuatan beton karakteristik (σ'_{bk}) [4]. Hal ini tidak menjadi masalah, karena ada korelasi antara σ' rata-rata dan σ'_{bk} sebagai berikut

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{rata-rata} - 1,64.s \dots\dots\dots (2).$$

$$-- > \sigma'_{rata-rata} = s'_{bk} + 1,64.s$$

s = deviasi standar

Jadi berdasarkan σ'_{bk} yang direncanakan senantiasa dapat dihitung rata-rata dengan mengambil standar deviasi s menurut PBI 1971 pasal 4.5 ayat (1).

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

$$\sigma_{silinder\ 15x30\ Cm} = 0,83 \sigma_{kubus\ 15\ Cm} \dots\dots(3)$$

Jika kita memperhatikan rumus (1) diatas, maka hal yang sangat penting yang dapat kita catat adalah, bahwa kekuatan beton tidak tergantung pada jumlah semen yang dipakai, dengan syarat: harga $\frac{C}{E}$ tetap.

Tetapi berhubung untuk suatu campuran beton harus dapat dikerjakan (Workable) dan jumlah semen tidak boleh kurang dari harga minimum, maka rumus (1) tersebut berlaku untuk :

- (1) - harga $\frac{C}{E}$ berkisar antara 1,5 a 2,5
- jumlah semen (c) > 300 kg/m³ beton.

2.2. Menentukan Jumlah (dosis) Semen Dan Air

Didalam rumus (1), harga - harga yang ditetapkan lebih dulu adalah:

- a. Kekuatan tekan rata - rata σ'_{28} yang ditetapkan berdasarkan σ'_{bk} yang direncanakan. (4)
- b. Koefisien granulair dari butiran G, untuk yang umum harga G ini dapat diambil sama dengan 0,5. [1] [2] [3].
- c. Kekuatan semen σ'_c , misalnya semen cap Tiga Roda Cibinong, menurut informasi dari Balai Penelitian Bahan $\sigma'_c = 500\ kg/cm^2$

Berdasarkan harga - harga yang ditetapkan lebih dulu diatas, maka rumus (1) akan menghasilkan harga $\frac{C}{E}$, akan tetapi baik C maupun E belum diketahui harga masing - masing.

Untuk menentukan harga C maka dipakai gambar 1 yang menyatakan hubungan antara $\frac{C}{E}$ dan besarnya angka Slump untuk setiap jumlah semen tiap m³ beton. Harga C dapat ditetapkan berdasarkan besarnya Slump yang diinginkan, yang menunjukkan

kemudahan pengerjaan (workability) dari beton yang kita rencanakan. Sekalipun demikian perlu diingat, bahwa semen merupakan komponen yang paling mahal dalam campuran, karena itu jika dikehendaki beton dengan kekuatan tinggi dengan jumlah semen yang ekonomis (tidak kurang dari harga minimum) maka Slumpnya harus diambil sekecil mungkin selagi masih dapat dikerjakan (workable). Jika adukan beton akan diencerkan (supaya lebih workable) dengan mempertahankan agar kekuatannya tetap, maka dapat ditempuh dua jalan, mana yang lebih ekonomis :

- Dengan menambah air, tetapi juga harus menambah jumlah semen agar harga $\frac{C}{E}$ tetap, atau
- Dengan tidak menambah air, tetapi harus menambahkan admixture (retarder).

Dengan ditemukannya kuantitas semen yang akan digunakan, maka juga kuantitas air dapat ditentukan. Jumlah air ini dengan anggapan, bahwa bahan butiran dalam keadaan kering (udara), jadi jika bahan butiran sudah mengandung air dengan kadar yang melebihi kering udara harus diperhitungkan.

Perlu juga diketahui bahwa gambar 1 tersebut berlaku untuk bahan butiran alam (pasir dan kerikil sungai), jika bahan butiran yang dipakai merupakan batu pecah, maka harga Slumpnya harus dikurangi kira - kira 2 cm. (2) (3).

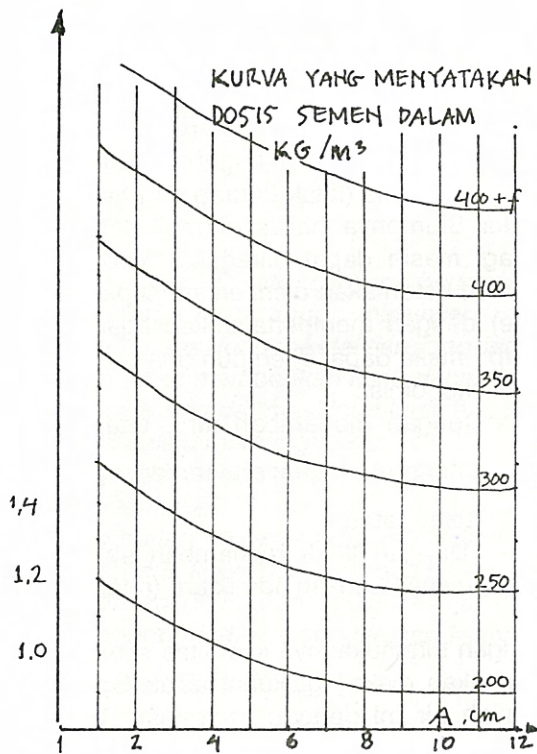
2.3. Menentukan Perbandingan Antara Butiran Halus (pasir) Dan Butiran Kasar (kerikil/batu Pecah)

2.3.1. Menentukan Kurva Patokan (reference)

Setiap ongkongan pasir atau kerikil yang terdapat dalam alam distribusi butirannya selalu dapat digambarkan sebagai sebuah kurva. Kurva ini dibuat berdasarkan analisa saringan dengan sumbu ordinat merupakan persentase ayakan (yang lolos) dan sumbu absisnya merupakan besarnya diameter butiran. Kelas diameter pasir antara 0,1 dan 0,5 mm sedangkan kelas diameter kerikil adalah yang lebih besar dari 5,0 mm. Secara umum bentuk dari kurva distribusi pasir atau kerikil ini (granulometri) merupakan garis cembung (lihat gambar).

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

Dilain pihak campuran beton yang merupakan gabungan dari pasir dan kerikil yang kita rencanakan harus mempunyai bentuk kurva yang cekung. Untuk keperluan ini harus dicari dulu kurva patokan (reference)(1) yaitu kurva yang sedapat mungkin harus didekati oleh granulometri gabungan. Kurva refer-



GAMBAR-1: $c=f(c/E, A)$
A=tinggi Slump

Tabel 1

D, mm	5	10	16	25	40	63	100
Koreksi E, %	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

Tabel 2: Harga - harga k, k_s , k_p

Pemadatan		lemah		normal		kuat	
macabutiran		alam	pecah	alam	pecah	alam	pecah
Dosis semen (kg/m ³)	400 + fluid I	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	+2	-2	0	-4	-2
	350	+2	+4	0	+2	-2	0
	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6

Koreksi - K_s : Jika $M_f = 2,5$ $K_s = 6M_f - 15$
Koreksi - K_p : Untuk beton yang dipompa $K_p = 5a + 10$

Tabel 3: Harga - Harga konfisien kekompakan γ

Kekentalan Beton	Cara Pemadatan	γ						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
Lembek	Tusukan.....	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Pemadatan lemah.....	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Pemadatan normal.....	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastis	Tusukan.....	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Pemadatan lemah.....	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Pemadatan normal.....	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Pemadatan kuat.....	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Kental	Pemadatan lemah.....	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Pemadatan normal.....	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Pemadatan kuat.....	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

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

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

a. Menentukan X

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

- Jika diameter maksimum butiran (D) = 25 mm, maka x diambil sama dengan 1/2 D (= 12,5 mm).
- Jika diameter maksimum butiran (D) lebih besar dari 25 mm maka x diambil absis tengah antara 0 = 5,0 mm dan 0 = D.

b. Menentukan Y

Y merupakan ordinat yang dalam %.

$$Y = 50 - D + K + Ks \dots\dots\dots(4).$$

D = diameter maksimum butiran.

K = angka koreksi yang tergantung dari jumlah semen/m³ beton, bentuk butiran dan caranya pemadatan. Harga - harga ini dapat diambil dari tabel 2.

Ks = angka koreksi jika modulus kehalusan pasir Mfs = 2,5.

Jika modulus kehalusan pasir MFs = 2,5 maka Ks = 6 Mfs - 15

2.3.2. Perbandingan Persentase Butiran Halus Dan Butiran Kasar

a. Gabungan pasir alam dengan kerikil alam yang tidak diolah.

Untuk beton yang terdiri dari gabungan pasir alam dan kerikil alam yang tersedia secara alami (tidak diolah), besarnya persentase untuk masing -masing dapat diperoleh dengan menarik garis lurus yang menghubungkan titik 95 % pada kurva pasir dan titik 5 % pada kurva kerikil. Ordinat titik potong antara garis tersebut dengan kurva reference merupakan persentase pasir dan dari titik potong ini sampai 100% merupakan persentase kerikil.

b. Gabungan antara pasir alam dengan kerikil yang diolah.

Yang dimaksud dengan kerikil yang diolah adalah kerikil yang dipisahkan antara diameter 5 mm sampai absis titik patah A dan antara absis patah A dengan diameter maksimum D. Dengan demikian susunan butiran gabungan akan lebih mendekati kurva patokan (reference) dari pada campuran yang tersebut pada (a), maka kekompakannya juga akan lebih baik. Jadi sekarang ada tiga fraksi sebagai berikut : (lihat gambar 4)

- Fraksi pasir, yaitu yang diameternya antara 0.08 mm sampai 5 mm. Persentasenya antara 0 sampai ordinat titik potong antara garis penghubung 95% kurva pasir dengan 5 % kurva kerikil dengan kurva reference.

- Fraksi tengah (kerikil halus), yaitu kerikil dengan diameter antara 5 mm sampai absis titik patah A. Persentasenya adalah antara ordinat titik potong antara garis penghubung 95 % kurva pasir dengan 5 % kurva kerikil dengan kurva reference sampai ordinat titik patah A.
- Fraksi besar (kasar), yaitu kerikil dengan diameter antara absis titik patah A dan diameter maksimum D. Persentasenya antara ordinat titik patah A sampai 100 %.

c. Gabungan antara pasir alam dengan batu pecah

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

2.4. Menentukan Proporsi Pasir Dan Kerikil Untuk Tiap M³ Beton.

Sampai disini kita sudah mengetahui berapa jumlah semen dan air untuk campuran satu m³ beton, tetapi kita belum mengetahui jumlah pasir dan kerikil yang akan kita pakai. Jumlah Pasir dan kerikil yang dipakai ini tergantung pada kekompakan butiran.

Kekompakan butiran ini dinyatakan dengan γ , yang maksudnya bagian dari volume absolut beton yang diisi oleh bahan - bahan padat (semen, pasir dan kerikil). Jadi koefisien kekompakan γ berarti jumlah volume absolut dari semen ditambah bahan butiran sama dengan γ m³ untuk 1 m³ beton (volume absolut) atau 1000 γ liter untuk 1000 liter volume absolut beton. Harga koefisien kekompakan γ ini dapat diambil dari tabel 3, yang besarnya tergantung pada besarnya diameter maksimum D, cara pemadatan dan kekentalan (besarnya slump) dari beton. Angka - angka dari tabel 3 ini berlaku untuk pasir dan kerikil sungai (alam), serta jumlah semen sama dengan 350 kg/m³ beton. Jika kita memakai campuran yang lain, maka angka-angka tersebut harus dikoreksi sebagai berikut :

- Untuk campuran pasir alam dengan batu pecah, dikoreksi dengan 0,01.
- Untuk campuran pasir pecah dengan batu pecah, dikoreksi dengan 0,03.
- Untuk jumlah semen yang tidak sama dengan 350 kg/m³ beton dikoreksi dengan (C-350)/5000, (c = berat semen tiap m³ beton).
- Untuk bahan butiran ringan dikoreksi dengan - 0,03.

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

Jadi volume absolut (pasir + kerikil) = (1000 γ - C/B.D semen) liter. Kemudian dalam II.2.3, kita sudah menghitung perbandingan antara pasir dan kerikil, sehingga volume absolut untuk masing-masing dapat dihitung juga.

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

2.5. Membuat Disain Campuran Dengan Dasar Kekuatan Lentur Dari Beton.

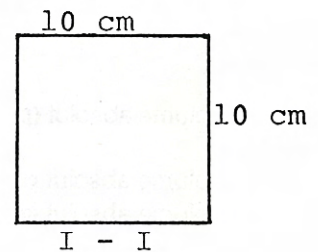
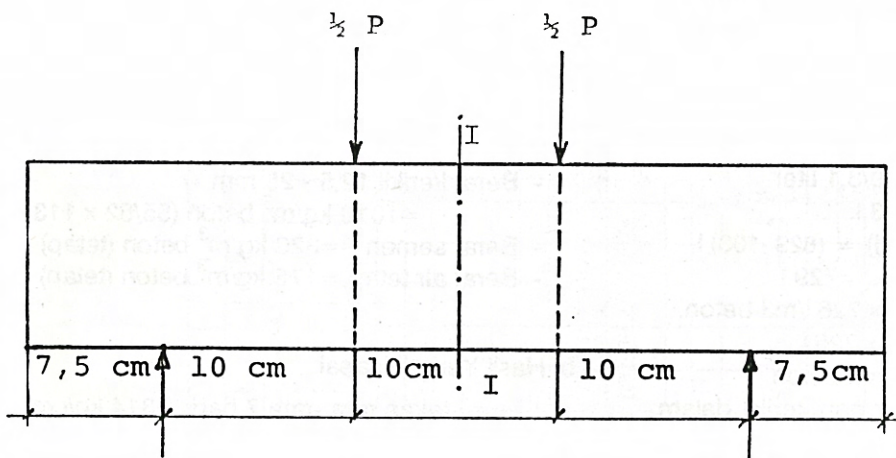
Kekuatan lentur atau tegangan lentur diperoleh dari Rumus :

$$\sigma_{lt} : M/W \dots\dots\dots(5)$$

- σ_{lt} : kekeuatan lentur
- M : Momen yang bekerja
- W : Momen tahanan

Benda uji yang digunakan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur ini berupa prisma beton dengan luas penampang 10 x 10 cm² dan panjangnya 45 cm. (2).

Cara pengujiannya dilakukan sebagai berikut :



Gambar-3

Benda uji diletakan diatas dua perletakan dan ditekan sampai putus (skema pembebanan seperti gambar diatas).

Menurut pengalaman, besar kekuatan lentur ini (σ_{lt}) sekitar 10 % dari kekuatan tekannya (σ'). Angka ini sedikit lebih kecil untuk bahan butiran alam, dan sedikit lebih besar untuk batu pecah. (2)(3).

Dengan demikian untuk merencanakan suatu campuran beton dengan kekuatan lentur tertentu, maka kita dapat merencanakan campuran beton yang akan mempunyai kekuatan tekannya sekitar sepuluh kali lebih besar dari kekuatan lentur tersebut.

Selanjutnya rumus-rumus yang sudah dibicarakan, seluruhnya berlaku.

2.6. Contoh-Contoh Perhitungan

2.6.1. Gabungan Pasir dan Kerikil Alam yang tidak diolah

Pasir dan kerikil yang dipakai berasal dari Tangerang, dengan kurva granulometrik kira-kira seperti pada gambar 4 dan III (pasir 0/5 mm dan kerikil 5/25 mm). Data - data yang diketahui

- B.D. pasir kering udara = 2,6
- B.D. kerikil kering udara = 2,53
- B.D. semen = 3,1
- Diameter maksimum = 25 mm

Disini kita coba dengan menetapkan lebih dulu jumlah semen $c = 320 \text{ kg/m}^3$ beton dan $C/E = 1,8$. Maka menurut gambar 1 slump teoritis + 2 cm (beton kental).

a. Perkiraan tegangan yang akan dicapai pada 28 hari.

$$\sigma \text{ silinder rata-rata} = G \cdot \sigma_c' (C/E - 0,5)$$

$$G = 0,5 \text{ (harga yang umum)}$$

σ_c' = kekuatan semen = 500 kg/cm² (informasi dari Balai Penyelidikan Bahan)

$$\text{Jadi } \sigma \text{ silinder rata-rata} = 0,5 \cdot 500 \cdot (1,8 - 0,5) \text{ kg/cm}^2 = 325 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan ini berdasarkan benda uji silinder Ø 15 - 30 cm dan jika berdasarkan benda uji kubus 15 cm harus dibagi dengan 0,83. Maka σ kubus rata-rata = 325/0,83 = 392 kg/cm².

Dengan demikian σ kubus rata - rata yang akan dicapai pada umur 28 hari kira - kira 392 kg/cm.

b. Koordinat titik patah A(X,Y).

$$\text{Absis A,X} = D/2 \text{ mm} = 25/2 \text{ mm} = 12,5 \text{ mm.}$$

$$\text{Ordinat A,Y} = 50 - \sqrt{D + K}$$

Menurut tabel 6 untuk jumlah semen C = 320 kg/m³ dan pemadatan normal maka K = +1.

$$Y = 50 - \sqrt{25 + 1}.$$

$$= 46 \%$$

Setelah ditarik garis lurus dari 95% kurva pasir dan 5% kurva kerikil dapat diperoleh : (lihat gambar 4)

$$\text{- Pasir} = 38 \%$$

$$\text{- Kerikil} = 62 \%$$

c. Komposisi Campuran

Menurut tabel 3, koefisien kekompakan untuk beton plastis dengan pemadatan kuat atau beton kental dengan pemadatan normal, $\gamma = 0,835$. Berhubung jumlah semen C = 350 kg/cm³ beton, maka harus dikoreksi dengan harga :

$$(C - 350)/5000 = (320 - 350/5000) = - 0,006.$$

$$\text{Maka sekarang } \gamma = 0,835 - 0,006 = 0,829.$$

Jadi volume absolut bahan butiran ditambah

dengan volume absolut semen sama dengan 829 liter untuk satu m³ beton.

$$\text{Volume absolut semen} = \frac{\text{berat semen}}{\text{B.D.semen}} = \frac{320}{3,1} \text{ liter} = 103 \text{ l.}$$

$$\text{Volume absolut (pasir + kerikil)} = (829 - 103) \text{ l} = 729 \text{ l.}$$

$$\text{Volume absolut pasir} = 38\% \times 726 \text{ l/m}^3 \text{ beton.}$$

$$\text{Volume absolut kerikil} = 62\% \times 726 \text{ l} = 450 \text{ l/m}^3 \text{ beton.}$$

Untuk mengetahui berat pasir dan kerikil dalam tiap m³ beton, maka tinggal dikalikan dengan berat jenis masing-masing.

Dengan demikian komposisi untuk satu m³ beton menjadi sebagai berikut :

$$\text{- Berat pasir : P} = 276 \times 2,6 \text{ kg} = 718 \text{ kg/m}^3 \text{ beton.}$$

- Berat kerikil: K = 450 x 2,53 kg = 1139 beton
- Berat semen : C = 320 beton.
- Berat Air : E = 320/1,8kg = 178 kg (liter)/m³ beton.

d. Hasil-hasil Yang Dicapai

Untuk tidak terlalu lama menunggu hasil, maka penekanan benda uji dilakukan pada umur 7 hari. Dengan hasil yang dicapai pada 7 hari tersebut, maka kekuatan pada umur 28 hari dapat diperkirakan menurut P.B.I. 1071 tabe 4.1.4.

$$\text{- } \sigma \text{ rata - rata 7 hari} = 303 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{perkiraan } \sigma \text{ rata -rata 28 hari} = 303/0,65 = 466 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menurut perhitungan : 392 kg/cm}^2).$$

$$\text{- Slump : 1,5 cm (teoritis : 2cm)}$$

$$\text{- Berat Jenis : 2,46 (teoritis : 2,36).}$$

2.6.2. Gabungan Pasir dan Kerikil Alam Yang Diolah.

a. Perhitungan Komposisi Campuran

Disini sebagai bahan butiran digunakan pasir dan kerikil yang berasal dari Tangerang juga. Yang dimaksud dengan kerikil alam yang diolah, ialah kerikil alam yang dipisahkan antara fraksi 5 - 12,5 mm dan fraksi 12,5 - 25 mm. Angka 12,5 mm adalah absis 1/2 D adalah diameter maksimum dari butiran yang sama dengan 25 mm.

Perhitungan sama dengan II.6.1. jadi volume absolut pasir = 38% dan volume absolut kerikil = 62 % dari bahan butiran. Fraksi kerikil yang 62% ini dibagi dua sebagaimana terlihat pada gambar II, yaitu fraksi kecil antara 5 - 12,5 mm sebesar 7% dan fraksi besar antara 12,5 - 25 mm sebesar 55%. Dengan demikian kurva riil gabungan antara 5 - 25 mm dapat dikatakan mengikuti (berimpit) dengan kurva reference.

Sekarang komposisi campuran menjadi sebagai berikut :

$$\text{- Berat pasir} = 718 \text{ kg/m}^3 \text{ beton (tetap).}$$

$$\text{- Berat kerikil 5 - 12,5 mm} = 129 \text{ kg/m}^3 \text{ beton (7/62 x 1139 kg)}$$

$$\text{- Berat kerikil 12,5 - 25 mm} = 1010 \text{ kg/m}^3 \text{ beton (55/62 x 1139)}$$

$$\text{- Berat semen} = 320 \text{ kg/m}^3 \text{ beton (tetap)}$$

$$\text{- Berat air tetap} = 178 \text{ kg/m}^3 \text{ beton (tetap)}$$

b. Hasil Yang Dicapai

$$\text{- } \sigma \text{ tekan rata -rata 7 hari} = 314 \text{ kg/cm}^2$$

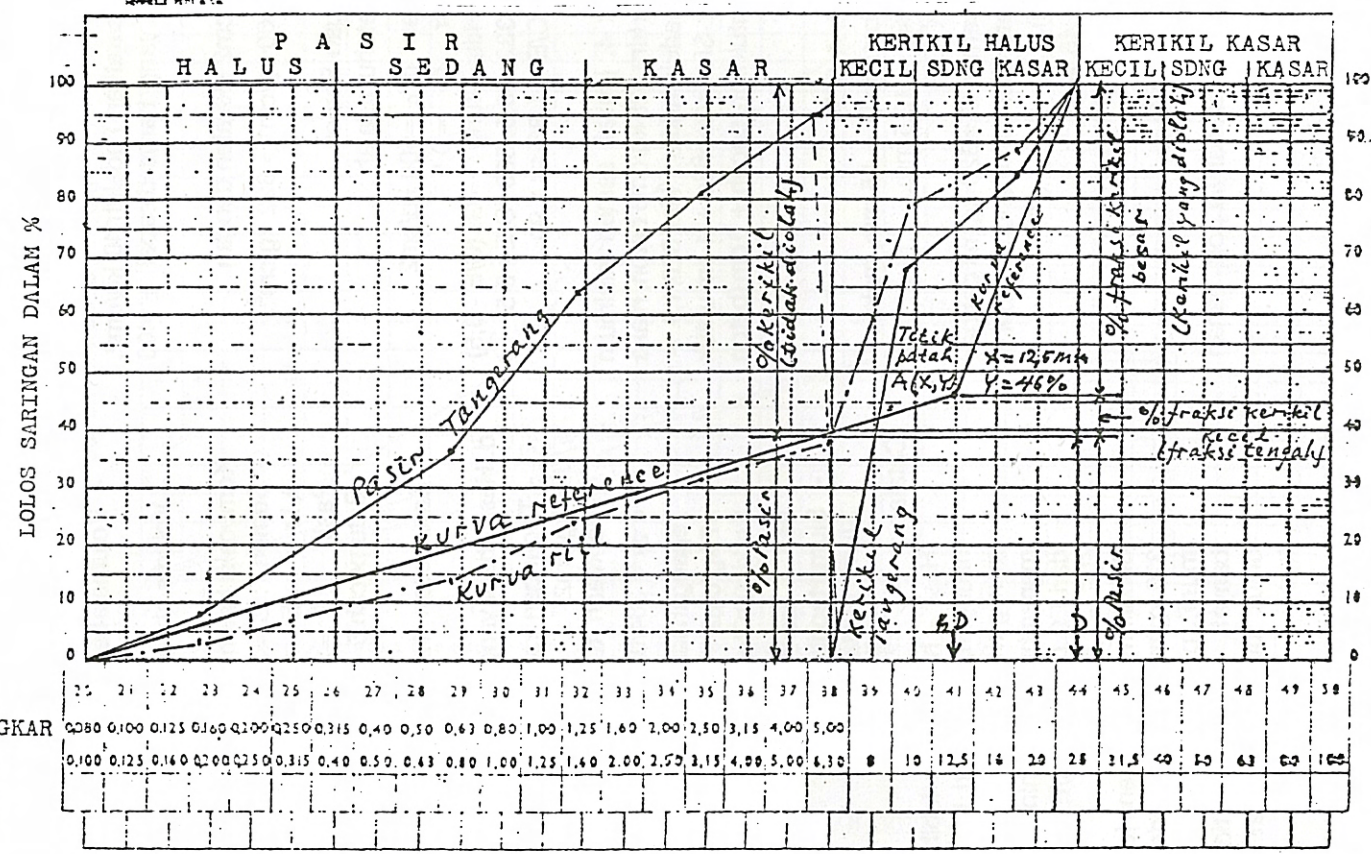
$$\text{Perkiraan } \sigma \text{ lentur rata-rata 28 hari} = 314/0,65 = 483 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{- } \sigma \text{ lentur rata -rata 7 hari} = 28,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Perkiraan } \sigma \text{ tekan rata-rata 28 hari} = 28,5/0,65 = 43,85 \text{ kg/cm}^2.$$

ANALISIS
GRANULOMETRIK (SARINGAN) DARI BUTIRAN

DIKELUARKAN OLEH ASOSIASI NORMALISASI PERANCIS
(A F N O R)



Gambar-4

OBSERVASI :

MACAM BUTIRAN :

Slump teoritis = 2 cm
Slump nyata = 4 cm

Catatan : σ tekan yang dicapai lebih tinggi dari pada II.6.1.

2.6.3. Gabungan Pasir Alam Dan Batu Pecah

Pasir yang digunakan sama seperti II.6.1. dan II.6.2, dan batu pecah yang digunakan berasal dari Tangerang dengan besar butir 5 - 25 mm dan Berat Jenis = 2,6.

Sekarang perhitungan komposisi beton berikut ini berpangkal dari tegangan lentur. Misalkan tegangan lentur yang diminta (disaratkan) adalah 40 kg/cm², maka tegangan tekan yang harus dicapai \pm 400 kg/cm².

σ kubus = 400 kg/cm² ekivalen dengan
 σ silinder = 0,83 x 400 kg/cm² = 322 kg/cm².

a. Menentukan Keperluan Semen

Data - data yang diketahui adalah :

- Kekuatan semen $\sigma'_c = 500$ kg/cm²
 - Faktor granular $G = 0,5$
- Maka C/E dapat kita hitung : =G. (C/E - 0,5)
 $322 = 0,5 \cdot 500 (C/E - 0,5)$
----- > C/E = 1,83 \approx 1,90

Menurut grafik 4, jumlah semen minimum untuk C/E = 1,9 kira kira 320 kg/cm³ beton, maka jumlah air yang diperlukan kira - kira 320/1,9 = 168,42 kg/m³ beton. Slump teoritis + 1 cm untuk kerikil alam, maka untuk batu pecah + 0 cm (beton kental).

b. Koordinat Titik Patah A (X,Y)

Ukuran maksimum butir D = 25 mm, maka :

- X = 1/2 D = 25/2 mm = 12,5 mm.
- Y = 50 - $\sqrt{D + K}$.

Untuk jumlah semen C = 320 kg/m³ dengan pemadatan kuat (beton kental), menurut tabel 6, K = +1 (interpolasi).

$$Y = 50 - \sqrt{25 + 1} = 46 \%$$

Jadi koordinat A : X = 12,5 mm

$$Y = 46 \%$$

Dari gambar tiga dapat dilihat bahwa porsi bahan butir adalah :

- Pasir = 38 %
- Batu pecah 5 - 12,5 mm = 8 %
- Batu pecah 12,5 - 25 mm = 54 %

c. Komposisi Campuran

Menurut tabel 3, maka untuk beton kental dengan pemadatan kuat $\gamma = 0,840$.

Koreksi - koreksi untuk γ

- Gabungan pasir alam dan batu pecah : k = 0,010.

- Jumlah semen C = 350 kg/m³,
k = (320 - 350/5000) = - 0,006
k total = - 0,010 - 0,006 = - 0,16

Jadi k = 0,840 - 0,016 = 0,824.

Volume absolut semen = 320/3,1 = 103 liter.

Volume absolut bahan butiran = (824 - 103) = 721 liter/m³ beton.

Dengan demikian maka :

- Volume absolut pasir : 38 % x 721 liter = 274 l
- Volume absolut batu pecah 5 - 12,5 mm = 8 % x 721 l = 58 l
- Volume absolut batu pecah 12,5 x 2,6 mm = 54% x 721 l = 389 l

Komposisi beton dalam berat :

- Semen : C = 320 kg/m³
- Air : E = 168,42 kg/m³
- Pasir : P = 274 x 2,6 = 712 kg/m³
- Batu pecah 5 - 12,5 mm = 58 x 2,6 = 151 kg/m³
- Batu pecah 12,5 - 25 mm = 389 x 2,6 = 1012 kg/m³

d. Hasil - hasil yang dicapai

- Tegangan rata-rata ada 7 hari $\sigma_7 = 364$ kg/cm²
Perkiraan tegangan rata-rata pada 28 hari
 $\sigma_{28} = 364/0,65 = 360$ kg/cm²
- Tegangan lentur rata - rata pada 7 hari $\sigma_{117} = 47$ kg/cm²
Perkiraan tegangan lentur rata-rata pada 28 hari
 $\sigma_{1128} = 47/0,65 = 72$ kg/cm²
- Slump teoritis = 0 cm
Slump nyata = 0 cm

Catatan :

Hasil - hasil diatas lebih tinggi dari perhitungan, ini berarti bahwa beton masih mungkin diencerkan dengan menambah air, sehingga C/E lebih kecil dari 1,9 (mungkin C/E = 1,8, C/E = 1,7 atau C/E = 1,6).

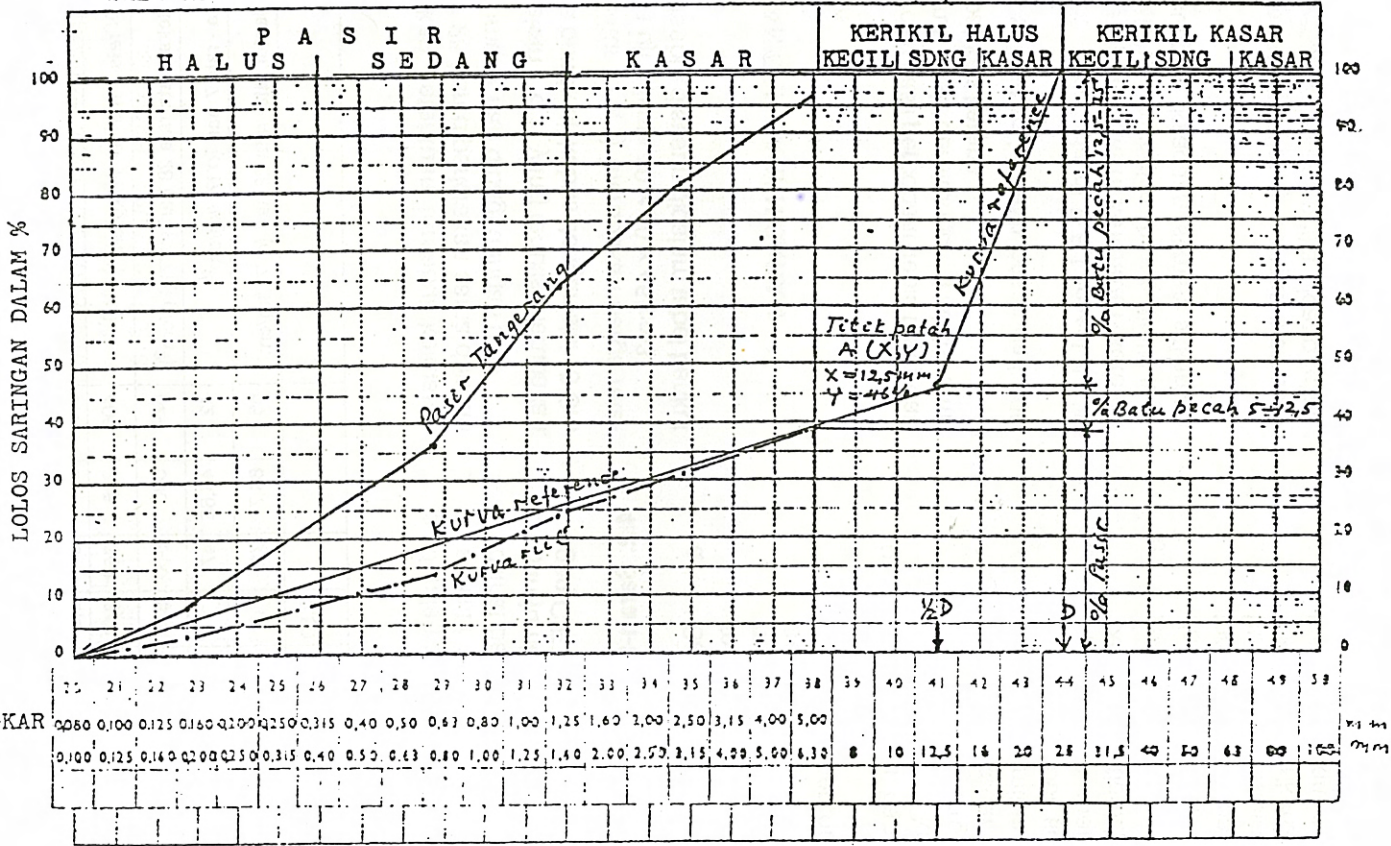
Sebaliknya oleh karena jumlah semen C = 320 kg/m³ sudah mendekati jumlah minimum, penambahan air tidak terlalu banyak. Agar beton tidak terlalu kental untuk dikerjakan dapat ditambah admixture.

III. HASIL - HASIL LABORATORIUM

Hasil-hasil Laboratorium ini dilakukan terhadap benda uji yang berumur 7 hari, kemudian untuk memperkirakan kekuatan setelah berumur 28 hari digunakan ketentuan dalam P.B.I. - 1971, pasal 4.1.4.

A N A L I S I S
GRANULOMETRIK (SARINGAN) DARI BUTIRAN

DINKELJARKAN OLEH ASOSIASI NORMALISASI PERANCIS (A F N O R)



OBSERVASI :

MACAM BUTIRAN :

Gambar-5

HASIL - HASIL LABORATORIUM

Semen (Kg/m ³ beton)	360	340	320	320	320	320	320	320	300	300	280	200
C/E	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	1
Air (kg/m ³ beton)	172	162	169	178	188	200	178	178	178,5	200	187	200
Pasir (kg/m ³ beton)	679	685	700	763	763	763	718	682	784	784	806	843
Batu Pecah 5 - 12,5 mm (kg/m ³ beton)	133	142	153	133	133	133			133	133	134	153
Batu Pecah 12,5 - 25 mm (kg/m ³ beton)	1045	1044	1043	987	987	987			970	970	955	897
Kerikil sungai 5 - 25 mm (kg/m ³ beton)							140					
Kelrikil sungai 5 - 12,5 mm (kg/m ³ beton)								134				
Kerikil sungai 12,5 - 15 mm (kg/m ³ beton)								1073				
Slump (cm)	0,5	0	0	0,5	2	3	3	5	2	3	1	4
Kekuatan tekan rata - rata 7 hari ($\sigma'7$) (kg/cm ²)	406	325	364	348	303	267	303	314	293	242	236	108
Perkiraan kekuatan tekan rata-rata 28 hari ($\sigma'7$) (kg/cm ²)	624	500	560	535	466	411	466	483	451	372	363	166
Kekuatan lentur rata - rata 7 hari ($\sigma'7$) (kg/cm ²)	42	44,65	47					28,5				
Perkiraan kekuatan lentur rata- rata 28 hari ($\sigma'7$) (kg/cm ²)	65	68,7	72					43,85				
B. D.				2,50	2,49	2,46	2,46		2,48	2,46	2,46	2,39

Berdasarkan ketentuan tersebut kekuatan setelah berumur 28 hari diperkirakan sama dengan kekuatan pada umur 7 hari dibagi dengan 0,65.

Kekuatan tekan ($\sigma'7$) yang tertulis merupakan rata-rata dari tiga benda uji kubus dengan sisi 15 Cm dan kekuatan lentur ($\sigma'7$) merupakan harga rata-rata dari 3 benda uji prisma 10 x 10 x 45 cm³.

Hasil-hasil tersebut disusun didalam tabel berikut ini:

IV. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN

4.1. Kesimpulan

- Harga-harga dari hasil percobaan lebih tinggi dari harga menurut hasil perhitungan. Hal ini tampaknya disebabkan karena :
 - Kekuatan semen ($\sigma'c$) lebih besar dari 500 kg/cm²
 - Faktor 0,65 yang ada di P.B.I. pasal 4.1.4. untuk memperkirakan kekuatan setelah berumur 28 hari, mungkin harus diteliti lagi, karena mungkin keadaan semen sekarang agak lain.
- Ketepatan bentuk benda uji sangat mempengaruhi hasil percobaan karena jika bidang tekan tidak betul-betul sejajar akan terjadi pemusatan tegangan pada benda uji, sehingga akan menyebabkan harga yang diperoleh lebih rendah dari harga yang sebenarnya.

- Jumlah air pencampur beton betul-betul sangat sensitif terhadap kekuatan. Dari tabel dapat dilihat penurunan kekuatan pada campuran dengan jumlah semen yang sama tetapi perbandingan C/E yang menurun.

4.2. Saran-Saran

- Bentuk benda uji (kubus), baik ukurannya maupun sudut-sudutnya harus setepat mungkin, supaya tidak terjadi pemusatan tegangan pada waktu melakukan percobaan.
- Penimbunan bahan-bahan butiran, baik pasir maupun kerikil atau batu pecah sedapat mungkin terlindung dari perubahan kadar air yang terlalu banyak. Dengan demikian penimbunan bahan-bahan tersebut sebaiknya dibawah atap, apabila kita menginginkan kekuatan beton yang tidak banyak bervariasi.
- Demikian juga pada waktu pengadukan dan pengecoran, sebaiknya beton muda terlindung, karena bila tidak terlindung, air hujan akan menambah kadar air dan sebaliknya terik matahari akan menyebabkan penguapan yang berlebihan, sehingga beton cepat kering. Dengan demikian hasil-hasil percobaan tidak mencerminkan kekuatan struktur yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. G. DREUX ,NOUVEAU GUIDE DU BETON, EYROLLES PARIS 1979.
2. R. SUHUD ,CONTRIBUTION A L'ETUDE DU C O M P O R T E M E N T DES POUTRES ARMEES PRECONTRAINES PAR FILS A DHERENTS SOUS CHARGE-MENT DIRECT, THESE DOCTEUR INGENIEUR, TOULOUSE 1981.
3. R. SUHUD ,LA DETERMINATION D'UN BETON PRATIQUE COURANT A YANT LA MEME RESISTANCE QUE LES MICRO BETONS UTILISES EN RECHERCHE, MEMOIRE DU D.E.A. TOULOUS 1978.
4. PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971.

Penulis :

IR. H. Ridwan Suhud, adalah Dosen pada jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung (ITB), Tahun 1983 S3 struktur (Doktor), Khusus dalam Beton Prategang Parsial dari Institut National Des Sciences Appliques (INSA) Toulouse - Perancis.