

Analisis Mix Design Beton Cara DOE (Inggris) dan ACI (Amerika)
(Agus Santoso)

ANALISIS MIX DESIGN BETON CARA DOE (INGGRIS) DAN ACI (AMERIKA)

Oleh:
Agus Santoso
Staf Pengajar FT UNY

Abstract

This research was aimed to describe concrete mix design using British DOE and American ACI methods viewed from concrete compressive strength and cost per- m^3 . The mix design research used materials of sand and split from Krasak River, Nusanlara brand Portland cement, and ground water from Faculty of Engineering UNY. They were 10 samples each methods of (15 x 15 x 15) cm dimension. The data were collected by meant of experiment in the Laboratory of Building Materials, Faculty of Engineering, UNY, and analyzed descriptively. The results were that, to design concrete with K 225 characteristic, the DOE method required mix composition of PC : sand : split = 1 : 1,58 : 3,49 with slump = 13 cm, the average weight of concrete cubes = 8,066 kgs and characteristic of compressive strength = 263,1 kg/cm². The ACI method required mix composition of PC : sand : split = 1 : 2,24 : 3,12, with slump = 7cm (slightly over the design value), the average weight of concrete cubes = 8,215 kgs, and characteristic of compressive strength = 284,73 kg/cm². Based on the cost analysis, per-cube, the DOE method cost was Rp 215.906,- and the ACI method cost was Rp 195.791,-. From the analysis, in general the ACI method was more effective as well as efficient than DOE method.

Keywords: Concrete Mix designs Analysis.

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran semen Portland, pasir, kerikil, dan air. Beton biasanya dipasang bersama-sama dengan batang baja sehingga disebut dengan beton bertulang. Pada saat ini sebagian besar bangunan

Analisis Perilaku Mekanis Buah Salak Pondoh selama Pemasakan dengan Metoda Tumbuhan Model Lichtensteiger	79-100
Oleh: Putu Sudira	
Sintesis 2-Hidroksi-4-Metoksikalkon dari Minyak Adas	101-114
Oleh: Sri Handayani	
Pengurangan Laju Degradasi Sifat-sifat Mekanis Material Komposit Melalui Proses Asetilasi	115-142
Oleh: Sudiyatno	
Biodata Penulis	143-144

dibuat dari beton bertulang, karena beton mempunyai keistimewaan harganya relatif lebih murah, tidak memerlukan perawatan dan tahan lama karena tidak busuk atau berkarat.

Secara umum mutu beton bergantung dari: semen (mutu, komposisi), ukuran agregat (keompakan gradasi butiran), mutu agregat (kekuatan, bentuk butiran), jenis bahan tambahan admixture, pematatan yang dilakukan dan perawatan (jenis, lama dan suhunya) (Kardiyono, 1991:17). Salah satu faktor yang berpengaruh sangat besar kekuatan beton dari komposisi adalah faktor air semen (FAS), yaitu perbandingan antara berat air dengan semen. Perbandingan antara FAS dengan kekuatan tekan beton adalah perbandingan terbalik. Artinya, semakin kecil FAS-nya, maka akan semakin besar kekuatan tekan betonnya. Hubungan antara FAS dengan kekuatan tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut (Kardiyono, 1996: 60):

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

keterangan :

f c : kekuatan tekan beton pada umur tertentu

x : perbandingan berat antara air dan semen (FAS)

A, B : konstanta (jenis batuan, jenis semen, umur beton)

Rancangan beton, sering disebut *mix design*, adalah suatu proses yang berkaitan dengan pemilihan terhadap bahan-bahan

yang sesuai untuk pembuatan beton dan penentuan jumlah relatif dari bahan-bahan campuran untuk menghasilkan beton yang seekonomis-ekonomisnya, memiliki *workability*, kekuatan tinggi dan keawetan/tahan lama (Aman Subakti: 1991).

Ada beberapa rancangan beton yang sudah lama digunakan, yaitu metode DOE (*Development of Environment*) dari Inggris. Pada prinsipnya metode DOE ada dua anggapan dasar, yaitu mudahnya pengerjaan adukan beton tergantung dari jumlah air bebas dan tidak tergantung dari kadar semen dan faktor air semen. Anggapan yang kedua, kekuatan beton tergantung dari faktor air semen dan tidak tergantung dari banyaknya air dan kadar semen (Aman Subakti: 1991). Mudahnya pengerjaan adukan beton biasanya diukur dengan percobaan slump.

Berdasarkan hasil penelitian dari Agus Santoso yang telah membandingkan antara rancangan beton dari DOE dengan rancangan beton yang dikembangkan oleh Kardiyono di laboratorium BKT UGM, bahwa metode DOE sangat cocok bagi perancang *mix design* beton yang menginginkan ketelitian, sedangkan metode yang dikembangkan oleh Kardiyono menekankan pada pendekatan empiris. Misalnya, untuk menghitung BJ beton metode DOE menggunakan tabel dan grafik, sedangkan untuk metode yang dikembangkan oleh Kardiyono berdasarkan hasil kajian empiris di lapangan (1994:14).

Metode *mix design* beton yang lain adalah ACI (*America Concrete Institute*) dari Amerika. Dalam metode ini ada tiga hal pokok yang harus diperhatikan, yaitu (1) penentuan parameter pekerjaan, sifat agregat, ukuran maksimum agregat, ukuran slump, FAS (Faktor Air Semen) dan admixture (bahan tambah beton), (2) perhitungan berat total beton, (3) penyesuaian berat total berdasarkan percobaan campuran yang telah dibuat (Aman Subakti: 1991).

Pada prinsipnya pencampuran (*mix design*) beton harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu (1) kekuatan tekan beton memenuhi sesuai dengan yang direncanakan, (2) awet, tahan terhadap serangan-serangan di lingkungannya, (3) sepraktis mungkin, mudah diaduk diangkut, dicor serta dipadatkan, dan (4) ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran tentang rancangan beton metode DOE dari Inggris dan ACI dari Amerika ditinjau dari kekuatan tekan karakteristiknya, berat rata-rata serta jumlah biaya yang diperlukan untuk setiap satu meter kubiknya. Dipilihnya masalah ini, karena secara umum, jika kuat tekan karakteristiknya baik, maka mutu beton lainnya akan baik. Harga pembuatan beton untuk setiap satu meter kubik, perlu diketahui. Hal ini digunakan untuk perhitungan anggaran biaya bangunan.

Cara Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah semen merek Nusantara, pasir dari sungai Krasak, kerikil (batu pecah) dari sungai Krasak, dan air yang diambil dari Sumur Fakultas Teknik UNY. Alasan pemilihan bahan tersebut karena telah memenuhi persyaratan umum bahan bangunan Indonesia (PUBI).

Jumlah benda uji untuk penelitian ini sebanyak 2 x 10 buah benda uji, yang berbentuk kubus dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY.

Secara garis besar langkah kerja metode rancangan beton cara DOE sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan karakteristik dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan serta besarnya deviasi standar yang akan dipakai.
2. Menentukan jenis semen, agregat (pasir dan kerikil)
3. Menentukan Faktor Air Semen dan ukuran slump yang akan dicapai.
4. Menentukan ukuran agregat maksimum dan kadar semen minimum yang akan dipakai.
5. Menentukan susunan besar agregat halus (pasir) dan jumlah persentasenya.

6. Menentukan BJ relatif agregat kering permukaan, serta besarnya berat jenis beton.
 7. Menentukan jumlah agregat (pasir dan kerikil)
 8. Menentukan jumlah air, semen, pasir dan kerikil yang telah disesuaikan dengan keadaan alam.
- Untuk metode ACI, secara garis besar sebagai berikut:
1. Menentukan sifat-sifat material beton, misalnya semen (jenis semen, berat jenis), pasir (Berat jenis resapan air, kelembaban dan berat kering pasir), kerikil (BJ, resapan, kelembaban, modulus kehalusan).
 2. Menentukan dan memilih ukuran slump yang disesuaikan dengan penggunaan pada konstruksi.
 3. Mengestimasi campuran air dengan berdasarkan pada kandungan udaranya, serta menentukan FAS yang mendasarkan pada kekuatan tekan beton.
 4. Menentukan kebutuhan semen, pasir, kerikil dan air serta bahan-bahan tersebut disesuaikan yang semula dari jenuh kering muka dengan keadaan di alam.
- Setelah jumlah bahan adukan beton didapatkan, kemudian dicetak dan dilakukan perawatan beton dengan menyiram air. Setelah beton berumur 28 hari diuji kuat tekan betonnya. Data yang diperoleh dihitung kuat tekannya, dan data kuat tekan tersebut dianalisis dengan analisis diskriptif kuantitatif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, bahan pasir dan kerikil dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian tersebut mencakup modulus kehalusan butir, kadar air alam, kadar air SSD dan bobot isi. Hasil pengujian pasir dan kerikil disajikan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pasir dan Kerikil (batu pecah)

NO	JENIS PENGUJIAN	PASIR	KERIKIL
1	Modulus kehalusan	2,46	6,93
2	Kadar air alam	6,75 %	1,29 %
3	Kadar air SSD	2,25 %	2,10 %
4	Berat jenis SSD	2,78 %	2,51 %
5	Bobot isi	1475 kg/m ³	1940 kg/m ³

Pada rancangan *mix design* beton, kekuatan karakteristiknya direncanakan K. 225 pada umur 28 hari dengan slump sebesar 3–6 cm. Ukuran agregat yang dipakai maksimum sebesar 20 mm.

Setelah diadakan pengujian, cara DOE dari Inggris diperoleh komposisi campuran dengan perbandingan berat antara semen : pasir : kerikil = 1 : 1,58 : 3,49. Slump diperoleh sebesar 13 cm, dengan faktor air semen (FAS) = 0,60. Untuk cara ACI diperoleh komposisi antara semen : pasir : kerikil = 1 : 2,24 : 3,22 ukuran slump sebesar 7,0 cm dan FAS = 0,55. Hasil pengujian kuat

tekan beton dari kedua rancangan tersebut disajikan pada tabel 2 dan 3 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rancangan Beton Cara DOE

NO	LUAS BIDANG TEKAN (mm ²)	BEBAN P (N)	KUAT TEKAN UMUR 7 HARI (N/mm ²)	KUAT TEKAN UMUR 28 HARI (N/mm ²)	BERAT (Kg)
1.	23.118	495.000	21,411	32,938	8,40
2.	22.081	465.000	21,058	32,400	8,00
3.	23.043	480.000	20,830	32,046	8,25
4.	22.544	465.000	20,626	31,720	8,00
5.	22.845	465.000	20,354	31,307	8,11
6.	22.350	432.300	19,342	29,757	7,90
7.	22.650	433.700	19,147	29,458	8,00
8.	22.801	434.100	19,038	29,289	7,90
9.	22.800	524.800	23,017	35,411	8,20
10.	22.350	490.900	21,350	33,791	7,90

Dari tabel di atas, setelah dihitung didapatkan harga sebagai berikut.

Berat rata-rata kubus beton = 8,066 kg, Kekuatan rata-rata (σ_{bm}) = 31,811 N/mm², Besarnya Deviasi Standar = 1,868 N/mm².

Setelah dianalisis besarnya kekuatan tekan karakteristiknya sebagai berikut.

Kekuatan Tekan karakteristik (σ_{bk}) = $\sigma_{bm} - k \cdot s = 31,811 - 1,8 \cdot 1,868 = 28,448$ N/mm² = 284,48 kg/cm² (lebih besar dari K.225) harga k = 1,8 (karena sampelnya 10 buah)

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rancangan Beton Cara ACI

NO	LUAS BIDANG TEKAN (mm ²)	BEBAN P (N)	KUAT TEKAN UMUR 7 HARI (N/mm ²)	KUAT TEKAN UMUR 28 HARI (N/mm ²)	BERAT (Kg)
1.	23.103	534.800	23,148	35,610	7,90
2.	22.952	488.100	21,266	32,717	8,50
3.	22.450	541.600	23,599	36,306	8,30
4.	22.081	540.600	23,710	36,470	8,20
5.	22.499	491.200	21,830	33,580	8,00
6.	22.515	455.000	20,210	31,090	8,11
7.	22.694	505.000	22,250	34,230	8,23
8.	22.680	465.000	20,500	31,540	8,12
9.	23.041	500.000	21,700	33,380	8,28
10.	23.332	535.000	22,930	35,277	8,51

Dari tabel di atas, setelah dihitung didapatkan harga sebagai berikut: Berat rata-rata kubus beton = 8,215 kg. Kekuatan rata-rata (σ_{bm}) = 42,56 N/mm², Besarnya Deviasi Standar = 6,91 N/mm². Setelah dianalisis besarnya kekuatan tekan karakteristiknya sebagai berikut.

Kekuatan Tekan karakteristik (σ_{bk}) = $\sigma_{bm} - k \cdot s = 42,56 - 1,8 \cdot 6,91 = 30,12$ N/mm² = 301,2 kg/cm² (lebih besar dari K.225).

Setelah dilihat proporsi campuran bahan dari kedua metode, terdapat perbedaan kekuatan karakteristik yang dihasilkan, yaitu metode ACI lebih besar daripada DOE. Hal ini disebabkan faktor air semen (FAS) metode ACI lebih kecil dari pada metode DOE. Hal ini sesuai dengan hasil penemuan Duf Abrams bahwa

semakin kecil FAS-nya, maka kekuatan tekan beton semakin besar. (Kardiyono, 1991). Dengan FAS yang semakin besar, maka berat beton juga semakin berkurang, karena terlalu banyak air yang terkandung di dalamnya. Hal ini terbukti dari berat rata-rata kubus beton dari metode ACI lebih besar (= 8,215 kg) daripada rancangan beton metode DOE (= 8,066 kg). Dengan berkurangnya berat beton tersebut, tentunya juga akan berpengaruh terhadap kekuatan tekannya.

Hal lain yang mempengaruhi perbedaan kekuatan tekan beton adalah perbandingan campuran antara semen : pasir : kerikil.

Jika kita lihat perbandingan rancangan beton metode ACI, yaitu 1 : 2,24 : 3,22 lebih monolit daripada rancangan metode DOE, sehingga ruang udara (*void*)-nya lebih kecil. Hasil penelitian Aman Subakti bahwa semakin banyak ruang udara dalam beton, maka beton akan kehilangan kekuatannya atau dengan kata lain kekuatan beton akan semakin kecil.

Perhitungan Biaya

Dari hasil rancangan beton metode DOE dan ACI, untuk membuat beton sebanyak 1 m³ diperlukan bahan-bahan sebagai berikut.

Rancangan beton metode DOE:

Semen = 350 kg, Pasir = 553,32 kg, Kerikil = 1024 kg.

Rancangan beton metode ACI:

Semen = 318 kg, Pasir = 713,74 kg, Kerikil = 1225,49 kg.

Pada penelitian ini besarnya bobot isi pasir = 1940 kg/m³, Bobot isi kerikil = 1475 kg/m³, 1 sak semen (40) kg = Rp 18.000,-, 1 m³ pasir = Rp 30.000,-, 1 m³ kerikil (batu pecah) = Rp 60.000,-.

Biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat campuran 1 m³, untuk metode DOE sebagai berikut:

Semen	= (350 : 40) x Rp 18.000,-	= Rp 157.500,-
Pasir	= (553,32 : 1940) x Rp 30.000,-	= Rp 8.556,-
Kerikil	= (1225,49 : 1475) x Rp 60.000,-	= Rp 49.850,-
Jumlah		= Rp 215.906,-

Biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat campuran 1 m³, untuk metode ACI sebagai berikut:

Semen	= (318 : 40) x Rp 18.000,-	= Rp 143.100,-
Pasir	= (713,74 : 1940) x Rp 30.000,-	= Rp 11.037,-
Kerikil	= (1024 : 1475) x Rp 60.000,-	= Rp 41.654,-
Jumlah		= Rp 195.791,-

Dilihat dari biaya yang dibutuhkan untuk membuat adukan beton sebanyak 1m³, ternyata metode ACI lebih hemat biaya, yaitu sebesar Rp 20.115,-. Hal ini sangat dipengaruhi oleh jumlah semen yang berbeda, yaitu sebanyak 32 kg. Di samping itu, jika kita melihat kekuatan tekan beton yang diperoleh metode ACI lebih besar daripada metode DOE, walaupun jumlah semennya lebih

banyak daripada metode ACI. Jadi ungkapan yang menyatakan bahwa "beton yang semakin banyak semennya akan semakin besar kekuatannya", pernyataan ini tidak benar jika hanya dilihat dari satu sisi, sebab kekuatan beton itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: faktor air semen, pematangan, mutu agregat dan sebagainya.

SIMPULAN

Pada pengerjaan rancangan atau *mix design* beton cara yang sering digunakan adalah DOE yang berasal dari Inggris dan ACI yang berasal dari Amerika. Setelah diadakan pengujian di Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, bahwa cara DOE untuk analisis kuat tekan mendekati rancangannya K.225 (kuat tekan karakteristik = 225 kg/cm²). Adapun besarnya kuat tekan karakteristik hasil pengujian sebesar 284,73 kg/cm². Biaya yang diperlukan untuk membuat satu meter kubik beton sebesar Rp 215.906,-, sedangkan untuk cara ACI hasil pengujian karakteristiknya 284,73 kg/cm². Biaya yang diperlukan untuk membuat satu meter kubik beton sebesar Rp 195.791,-. Dengan demikian cara ACI adalah *mix design* beton yang efisien dan efektif, karena dengan biaya yang relatif sedikit, dapat menghasilkan kuat tekan karakteristik beton yang relatif besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Santoso. (1994). *Analisis Mix Design Beton Metode DOE dengan Metode yang Dilakukan di Laboratorium BKT Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*. FPTK IKIP Yogyakarta.
- Aman Subakti. (1991). *Teknologi Beton dalam Praktek*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBJ)*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Kardiyono, Tj D (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- _____ (1991). *Pengantar Teknologi Beton*. Yogyakarta: PAU UGM.
- Miss Ulla Kizer. (1988). *Rancangan Campuran Beton*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.