

ANALISIS FAKTOR AIR SEMEN DAN KEKUATAN BETON DENGAN AGGREGATE LIMBAH PLASTIK

Eri Setia Romadhon

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Jayabaya,
Jakarta, Indonesia

Email: eriromadhon63@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan bahan bangunan yang terdiri dari campuran antara semen Portland, air, aggregate halus, aggregate kasar dengan atau tanpa bahan tambah. Penggunaan aggregate kasar alternatif merupakan suatu pilihan mengingat pada suatu saat nanti jumlah aggregate kasar yang berupa batu pecah yang sekarang digunakan akan mulai menyusut persediaannya. Penelitian ini mencoba untuk mengetahui hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton rata rata dengan menggunakan aggregate kasar limbah plastik. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor air semen berpengaruh terhadap kekuatan beton sebagaimana

ditunjukkan dalam persamaan $(fcr) = \frac{275,42}{3,98^{f_{as}}}$

Kata kunci : Faktor air semen dan kekuatan tekan beton rata rata

Pendahuluan

Beton merupakan salah satu unsur terpenting dalam pembangunan konstruksi, baik untuk konstruksi bangunan maupun konstruksi jembatan, walaupun bentuk atau kegunaannya belum seperti saat ini. Perkembangan hasil-hasil percobaan masa silam seperti mortar plester, pembatahan dan mortar yang berbeda-beda ternyata cocok juga untuk pembuatan beton. Ditingkat awal orang menggunakan mortar dari gamping dan lempung/tanah liat. Perkembangan teknologi beton telah dipraktekkan sejak zaman dahulu, orang Mesir menggunakan batu kapur (limestone) yang dibakar untuk mendapatkan kapur mentah dan akan menjadi panas bila dicampur dengan air dan kemudian mengeras secara perlahan-lahan. Bangsa Romawi dan Yunani menggunakan campuran batu kapur dengan campuran pozzolan yang dapat membentuk beton keras dan tahan terhadap cuaca. Penelitian selanjutnya menghasilkan semen portland yang mempunyai daya ikat dan tingkat kekerasan yang tinggi. Untuk mendapatkan mutu beton yang baik tidak hanya material semen yang harus mempunyai mutu yang baik, tetapi juga diikuti oleh bahan-bahan penyusun beton yang lainnya diantaranya aggregate kasar, aggregate halus dan air. Sekarang ini ada beberapa cara untuk

meningkatkan mutu beton disamping menjaga kualitas material bahan dan perawatannya yaitu dengan memberikan suatu zat tambahan (additive) yang dapat mempercepat perkerasan dan meningkatkan kuat tekan beton.

Seiring dengan berkembangnya teknologi beton sehingga penggunaan beton itu sendiri semakin besar dan banyak, maka diambil suatu inisiatif salah satu bahan campuran beton dalam hal ini aggregate kasar diganti dengan bahan lain yaitu limbah plastik yang diharapkan kegunaannya tidak kalah dengan kegunaan split pada beton umumnya. Penganekaragaman bahan campuran beton ini diharapkan dapat memicu dan bermanfaat dalam perkembangan selanjutnya. Kemudian penulis mencoba dengan menganalisa faktor air semen dan kekuatan beton pada campuran beton yang menggunakan limbah plastik sebagai aggregate kasar dengan menggunakan tambahan zat additive.

Maksud dan tujuan penelitian adalah mengkaji mengenai sifat fisik bahan susun beton yang mencakup aggregate kasar dari limbah plastik aggregate halus, faktor air semen dan pengaruhnya terhadap kekuatan beton.

Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen atau FAS diartikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat semen digunakan untuk campuran beton. Penelitian pengaruh FAS terhadap kekuatan beton sudah banyak dilakukan oleh kalangan ahli beton asing. Feret (1896) misalnya mengajukan hubungan antara kuat tekan beton dengan volume semen, air dan udara lewat rumusnya :

$$S = K \left(\frac{c}{c + e + a} \right)^2$$

menurutnya kekuatan beton merupakan fungsi dari volume udara (a), air (e) dan volume semennya (c).

Duff Abrams (1919) mengemukakan :

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5W/C}}$$

menurut abrams kekuatan beton (f_c) merupakan fungsi dari konstanta empirik (a) yang biasanya diambil 985 dibagi dengan konstanta yang tergantung bahan penyusun beton (B) yang biasanya dipakai 4, pangkat 1,5 kali faktor air semennya (w/c). Menurut **Francis J. Young** teori Abrams memiliki kelemahan-kelemahan, karena tidak memasukkan faktor tingkat hidrasi, kandungan udara, gradasi butiran dan tingkat kepadatan, menurutnya, rumus Abrams tidak representatif untuk beton yang mempunyai FAS kecil.

Pengaruh FAS terhadap kekuatan beton sebagian kalangan mengemukakan karena tidak cukup mendasar. Untuk itu **Troxell dan Davis (1956)** mencoba menjelaskan pengaruh FAS terhadap kekuatan beton dengan melihat sifat-sifat pasta semennya. Menurutya, kekuatan beton ditentukan oleh kekuatan pasta semennya, mengingat pada umumnya kekuatan agregate halus dan kasar lebih kuat dari pasta semennya. Pasta semen yang diartikan sebagai campuran antara semen dan air, karenanya pemakaian air yang banyak dalam campuran akan mengakibatkan jarak butiran-butiran semen semakin jauh, sehingga gaya lekat antar butiran maupun reaksi kimis terganggu, akibatnya paste

semen yang terbentuk kurang baik. Karena kekuatan beton ditentukan oleh pasta semennya maka beton yang terbentuk pun kurang baik.

Menilai keberatan Francis J. Young terhadap rumus Abrams, A.M. Naville (1975) dalam penelitiannya mengajukan teori : Apabila beton dipadatkan sepenuhnya, secara praktis FAS merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekuatan betonnya, rumus Abrams dengan perubahan-perubahan konstantanya sesuai dengan bahan yang dipakai masih memiliki validitasnya untuk mengetahui pengaruh FAS terhadap kekuatan betonnya.

Untuk itu **Sutopo** (1989) dari hasil penelitiannya dengan menggunakan bahan batuan dari sungai Krasak Yogyakarta dan Semen Nusantara mengajukan rumus :

$$f_c = \frac{2694}{1,5W/C} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

20,2

dan **Wildan Wibowo** (1990) dengan menggunakan bahan pasir dari krasak dan kerikak dari Ngalang Yogyakarta mengajukan rumus :

$$f_c = \frac{1591,0698}{1,5W/C} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

7,5562

Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian di laboratorium terhadap bahan susun beton dan kekuatan beton adalah :

1) Kehalusan Semen portland dengan ayakan
Dalam pelaksanaan dilakukan pengujian masing-masing :

Tabel 1. Hasil Pengujian Kehalusan Semen Portland

Saringan	Uji W ₁	Uji W ₂	Uji W ₃	Rata – Rata Kehalusan Semen Portland
Nomor 100	1,4	0,8	0,2	
Nomor 200	4,2	6,3	2,5	
Pan	93,2	92,8	97,1	
P ₁₀₀	98,6 %	99,2 %	99,8 %	99,20 %
P ₂₀₀	95,8 %	93,7 %	97,5 %	95,67 %

2) Berat jenis dan penyerapan Agregate halus
Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis penyerapan agregate halus

Uraian	Uji W ₁	Uji W ₂	Rata-Rata
Berat	500 gram	500 gram	
Berat Kering setelah di oven ± 24 jam (Bk)	473 gram	467 gram	
Berat Piknometer + Air	693 gram	693 gram	
Berat Piknometer + Air + Benda Uji	969 gram	961 gram	
Berat jenis curah	2,11	2,01	2,06
Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)	2,23	2,16	2,195
Berat jenis semu	2,41	2,35	2,38
Penyerapan	5,7 %	7,07 %	6,385 %

Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa berat jenis pasir yang dipakai adalah berat jenis jenuh kering permukaan atau berat dalam kondisi Saturated Surface Dry (SSD) yaitu 2,195.

3) Hasil Uji gradasi Agregate halus
Tabel 3. Analisa perhitungan modulus halus butir aggregate halus

Saringan	A (gram)	B (gram)	C (%)	D (%)
9.5 mm	0	0	0	100
4.75 mm	62	62	6.2	93.8
2.36 mm	92	154	15.4	84.6
1.18 mm	141	295	29.5	70.5
0.6 mm	244	539	53.9	46.1
0.3 mm	184	723	72.3	27.7
0.15 mm	208	931	93.1	6.9
Pan	69	1000	100	0

Mhb = 2.704

Dari hasil tersebut angka modulus halus butir untuk aggregate halus (pasir) sesuai dengan standart yang bersumber pada buku Pengendalian Mutu dan Perencanaan Beton Depertemen Pekerjaan Umum yaitu antara 2,0 – 3,20

4) Hasil Uji Gradasi Agregate Kasar

Tabel 4. Perhitungan modulus halus butir aggregate kasar

Saringan	A (gram)	B (gram)	C (%)	D (%)
38.1 mm	0	0	0	100
25.4 mm	0	0	0	100
19 mm	31	31	3.1	96.9
9.5 mm	955	986	98.6	1.4
4.75 mm	14	1000	100	0
2.36 mm	0	1000	100	0
1.18 mm	0	1000	100	0
0.6 mm	0	1000	100	0
Pan	0	1000	100	0

Mhb = 5.017

Dari hasil tersebut angka modulus halus butir untuk aggregate kasar plastik tidak sesuai dengan standar yang bersumber pada buku pengendalian mutu dan perencanaan beton Departemen pekerjaan umum yaitu antara 5.500 – 8.00

5) Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.35 pada umur 14 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15x15.4x14.9	231	3441.9	6378	1.85	2800	121.21
2	15.1x15.7x15	237	3556.05	6117	1.72	3400	143.42
3	15x15.2x15.5	228	3534	6007	1.70	3000	131.58
Rata - rata							132.07

Tabel 6. Hasil Pengujian kuat tekan dengan FAS 0.40 pada umur 14 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15x15x14.8	225	3330	5085	1.527	2000	88.889
2	15.5x14.4x15.4	218.8	3370.75	5789	1.717	2800	127.92
3	15x15.1x15.3	226.5	3465.45	6222	1.795	3600	158.94
Rata - rata							125.25

Tabel. 7. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.45 pada umur 14 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15.1x15.1x14.8	228.01	3374.55	5692	1.69	26000	114.03
2	15.2x15x14.6	225	3285	5477	1.67	27000	120
3	15.2x15x14.7	228	3351.6	5708	1.70	27000	118.42
Rata - rata							117.48

Tabel.8. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.50 pada umur 14 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15x15x14.5	225	3262.5	5409	1.66	27000	120
2	15.2x15x14.8	228	3374.4	5724	1.70	25000	109.65
3	15x15x14.7	225	3307.5	5694	1.72	25000	111.11
Rata - rata							113.59

Tabel. 9. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.35 pada umur 28 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15.2x15x15.5	228	3534	6185	1.75	38000	166.67
2	15x15.1x14.5	226.5	3284.25	5690	1.73	36000	158.94
3	15.1x15x15.5	226.5	3510.75	6389	1.82	40000	176.60
Rata - rata							167.40

Tabel. 10. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.40 pada umur 28 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15x14.9x14.6	223.5	3263.1	5620	1.72	36000	161.07
2	15x15x14.5	225	3262.5	5256	1.61	38000	168.89

3	15x15x14	225	3150	5334	1.69	34000	151.11
Rata - rata							160.36

Tabel.11. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.45 pada umur 28 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15.4x15x15	231	3465	6231	1.80	35000	151.52
2	14.8x15x15.3	222	3396.6	6255	1.84	35000	157.66
3	15x15x15.3	225	3442.5	6257	1.82	33000	146.67
Rata - rata							151.95

Tabel.12. Hasil pengujian kuat tekan dengan FAS 0.50 pada umur 28 hari

No	Ukuran (cm)	Luas (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Berat Isi (gram/cm ³)	Hasil Pengujian	
						P (kg)	Kg/cm ²
1	15x15x14.9	225	3352.5	5842	1.74	31000	137.78
2	15x15x14.3	225	3217.5	5633	1.75	35000	155.56
3	15x15x14.5	225	3262.5	5872	1.80	26000	115.56
Rata - rata							136.30

Tabel.13. Berat Isi Beton dengan Split limbah Plastik

No	Berat Jenis (kg/m ³)
1	1750
2	1730
3	1820
4	1720
5	1610
6	1690
7	1800
8	1840
9	1820
10	1740
11	1750
12	1800
Rata rata	1760

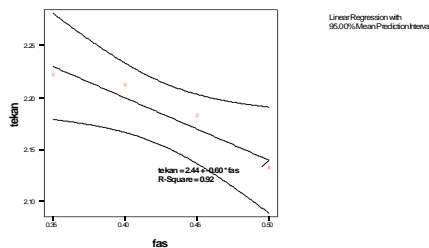
Tabel.14. Faktor air Semen dan Kuat Tekan Beton rata rata umur 28 hari

N o	Fas	Kuat Tekan Beton rata rata	Kuat Tekan Beton rata rata (fungsi logaritma)
1	0,35	167,40	2,22
2	0,4	160,36	2,21
3	0,45	151,95	2,18
4	0,5	136,3	2,13

Dari data hasil pengujian kuat tekan beton rata rata dan faktor air semen selanjutnya dilakukan analisis regresi antara kuat tekan beton sebagai variabel dependen dan faktor air semen sebagai variabel independen dengan menggunakan program SPSS versi 10.0 diperoleh hasil model linier sebagai berikut :

$Y = 2,44 - 0,60 x$ dengan nilai R square 0.92 atau bisa ditulis dalam bentuk persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan beton rata rata (fcr)} = \frac{275,42}{3,98^{fas}}$$



Pembahasan

Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa kehalusan semen portland, berat jenis pasir jenuh kering permukaan sebesar 2,195 dengan Mhb = 2.704, dapat digunakan karena pengujian yang dilakukan sudah sesuai dengan standart, sedangkan modulus halus butir untuk aggregate kasar plastik Mhb = 5.017 lebih kecil dari standar 5.500 – 8.00

Berat jenis beton dari bahan aggregate limbah plastik sebesar 1760 kg/m³ menurut ACI (*American Concrete Institute*) dapat digolongkan beton ringan karena ACI menggolongkan beton ringan adalah beton yang memiliki kekuatan 175 kg/cm³ dengan berat jenis kering 1840 kg/m³ pada beton umur 28 hari.

Dari hasil analisis regresi antara kuat tekan beton rata rata (Y) sebagai variabel dependen dan faktor air semen atau fas(X)

sebagai variabel independent diperoleh model hubungan sebagai mana ditunjukkan oleh persamaan :

$Y = 2,44 - 0,60 x$ dengan nilai R square 0.92 atau bisa ditulis dalam bentuk persamaan eksponensial sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan beton rata rata (fcr)} = \frac{275,42}{3,98^{fas}}$$

dengan nilai R square 0.92, yang berarti hubungan antara variabel dependen dan independent sangat kuat atau 90% lebih variabel independent fas berpengaruh terhadap kekuatan beton.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan :

- 1) Berat jenis beton dari bahan aggregate limbah plastik sebesar 1760 kg/m³ termasuk jenis beton ringan
- 2) Faktor air semen atau fas berpengaruh terhadap kekuatan beton rata rata dengan model (fcr) $= \frac{275,42}{3,98^{fas}}$ yaitu semakin kecil nilai fas akan semakin besar kekuatan betonnya dengan nilai R square 0.92

Dari hasil penelitian perlu diberikan beberapa saran :

- 1) Perlunya pemakaian bahan susun beton yang memiliki gradasi baik, tingkat keausan yang rendah kurang dari 27% dan kadar lumpur yang rendah kurang dari 5%, untuk meningkatkan mutu beton
- 2) Perlunya penelitian lebih lanjut dengan pemakaian pasir dan batu pecah dari limbah plastik dari sumber yang sangat luas sehingga diperoleh benda uji yang sangat besar sehingga model model persamaan yang dihasilkan akan lebih stabil

Daftar Pustaka

1. Departement Pekerjaan Umum, Metode Pengujian Kadar Air Aggregate, SKSNI M-11-1989-F, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
2. Sagel r. Kole P. Kusuma Gideon, Pedoman Pengerjaan Beton, Erlangga, 1994, Jakarta.
3. Edward G. Nawy, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, PT. Eresco, 1990, Bandung
4. Murdock L.J. Brock K.M., Bahan dan Praktek Beton, Erlangga, 1991, Jakarta
5. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton, Naviri, Jakarta.