

STUDI KORELASI FAKTOR AIR SEMEN (*WATER CEMENT RATIO*) DENGAN KUAT TEKAN BETON STRUKTURAL

Wesli¹⁾, Said Jalalul Akbar²⁾, Burhanuddin³⁾
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh
email: ir_wesli@yahoo.co.id; jaakidani@gmail.com

Abstrak

Pada dasarnya kekuatan beton terhadap tekan cenderung ditentukan oleh material yang digunakan seperti agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir kasar dan pasir halus), serta semen. Pada penelitian ini jumlah benda uji sebanyak 135 benda uji yang terdiri dari bentuk kubus bersisi 15 cm, bentuk kubus bersisi 20 cm dan bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm ditinjau dari pengaruh faktor air semen (*water cement ratio*) yang selanjutnya disingkat dengan *w/c ratio* yang dibuat dengan 9 jenis dari *w/c ratio* 0,450 sampai dengan *w/c ratio* 0,650 masing-masing dengan range 0,050 dan diuji dengan mesin tekan dengan berbagai factor umur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton sangat ditentukan oleh bentuk benda uji, umur benda uji dan faktor air semen (*water cement ratio*) di mana diperoleh kesimpulan bahwa makin kecil *w/c ratio* maka makin besar kuat tekan beton yang dihasilkan.

Kata kunci: *Faktor Air Semen, Kuat Tekan Beton Struktural*

1. Pendahuluan

Secara umum para praktisi teknik sipil selalu menggunakan perbandingan volume untuk membuat beton dalam membuat bangunan-bangunan sederhana dan campuran yang dipakai biasanya 1:1:2 atau 1:1,5:3 atau 1:2:3 atau 1:2:4 untuk masing-masing semen, kerikil dan pasir dan diberi air secukupnya, namun hal ini hanya dapat digunakan untuk konstruksi-konstruksi sederhana sedangkan untuk konstruksi besar harus dilakukan *mix design* walaupun hasil akhirnya adalah salah satu dari perbandingan diatas. Sejak diperkenalkan oleh Abram's Law tentang hubungan kuat tekan beton dengan faktor air semen (*water cement ratio*) maka dalam teknologi beton sudah dapat dibuat mutu beton sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konstruksi yang akan dibangun. Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperoleh beton dengan kuat tekan yang besar antara lain dengan membuat beton yang lebih padat atau beton dengan jumlah pori yang kecil, beberapa teori seperti *Empirical Formula*, *Bolomey's Formula* dan *The Fineness Modulus Method* dipakai untuk membuat beton yang cukup padat. Untuk mengetahui hubungan kuat tekan dengan faktor air semen (*water cement ratio*) maka dilakukan penelitian terhadap 135 benda uji dengan variasi terdiri dari 9 (sembilan) jenis Faktor Air Semen (*W/C ratio*) dari 0,450 sampai 0,650 menghasilkan 9 (sembilan) jenis perbandingan campuran. Benda uji dibuat berbentuk kubus dengan sisi 15 cm sebanyak 45 buah, kubus dengan sisi 20 cm sebanyak 45 buah dan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm sebanyak 45 buah, semen dipakai Portland cement Type I, agregat terdiri dari kerikil, pasir kasar dan pasir halus berasal dari Krueng Peusangan. Sebelum pengecoran sifat-sifat fisik dan kimia dari agregat meliputi analisa saringan, berat jenis, absorpsi, berat volume dan kandungan bahan organik diperiksa lebih dahulu. Pada waktu pengecoran kadar air permukaan agregat, kadar pori mortal, temperatur, diperiksa lebih dahulu dan benda uji dicetak dalam cetakan kubus dan silinder dan setelah

24 jam dicapping dengan pasta semen, cetakan dibuka 24 jam kemudian dan benda uji selanjutnya direndam dalam air sampai sehari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Dari pengolahan data akan diperoleh 9 (sembilan) buah kurva Hubungan Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (W/C ratio) yang dapat digunakan untuk mendesign perbandingan campuran beton

2. Pengujian

Pada umumnya dalam teknologi beton hanya dipakai 2 jenis agregat yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir kasar dan pasir halus), pemakaian agregat halus selain untuk menghindari pemisahan (segregation) juga untuk memudahkan mendapatkan susunan butir yang baik. Kuat tekan beton sangat ditentukan oleh Faktor Air Semen (Water Cement Ratio). Sudah diketahui bahwa untuk susunan butir tertentu kuat tekan beton sangat ditentukan oleh water W/C ratio, di mana makin kecil W/C ratio makin besar kuat tekan pasta semen atau dengan kata lain makin kuat pula ikatan pasta semen dengan agregat yang pada gilirannya akan semakin besar pula kuat tekan beton tersebut secara keseluruhan. Material yang digunakan terdiri dari agregat (kerikil, pasir kasar dan pasir halus) yang diambil dari Krueng Peusangan dan semen menggunakan Portland Cement Type I serta air secukupnya. Sebelum dipakai agregat telah diperiksa susunan butir (sieve analysis), berat jenis (specific gravity) baik kering permukaan maupun kering oven, absorpsi, kandungan bahan organik dan bulk density, untuk memperoleh data yang kemudian dipakai dalam perencanaan campuran (*mix design*). Kerikil sebanyak 15 kg diambil secara acak kemudian diaduk supaya merata dalam sebuah baskom pengaduk baja, setelah tampak merata kerikil tersebut dibagi dalam 4 bagian, satu bagian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105°C, kemudian dari kerikil yang telah dikeringkan tersebut diambil 3 buah sample masing-masing 1.000 gram untuk diperiksa susunan butirnya. Pemeriksaan susunan butir pasir kasar dilaksanakan dengan prosedur yang sama kecuali jumlah material yang diambil secara acak lebih kecil yaitu 10 kg, dan jumlah berat tiap sample 750 gram. Demikian pula pemeriksaan susunan butir pasir halus dilakukan dengan cara yang sama hanya saja jumlah material yang diambil secara acak sebesar 5 kg dan jumlah berat tiap sample 500 gram. Hasil percobaan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Fineness Modulus Material

Nomor Saringan	KERIKIL			PASIR KASAR			PASIR HALUS		
	Tinggal di atas Saringan	Kumulatif		Tinggal di atas Saringan	Kumulatif		Tinggal di atas Saringan	Kumulatif	
		Melalui Saringan	Tinggal di atas Saringan		Melalui Saringan	Tinggal di atas Saringan		Melalui Saringan	Tinggal di atas Saringan
(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
31,5	5.53	-	5.53	-	-	-	-	-	-
25,4	4.42	-	9.95	-	-	-	-	-	-
19,1	13.43	76.62	23.38	3.3	96.7	3.3	-	-	-
15,9	6.72	69.9	30.1	4.25	92.45	7.55	-	-	-
9,52	20.45	49.45	50.55	10.4	82.05	17.95	0.58	99.42	0.58
4,76	20.7	28.75	71.25	14.35	67.7	32.3	1.65	97.77	2.23
2,38	13.78	14.97	85.03	12.3	55.4	44.6	2.55	95.22	4.78
1,19	8.5	6.47	93.53	10.7	44.7	55.3	4.8	90.42	9.58
0,59	4.2	2.27	97.73	14.2	30.5	69.5	12.4	78.02	21.98
0,297	1.65	0.62	99.38	18.95	11.55	88.45	56.65	21.37	78.63
0,147	0.5	0.12	99.88	10.3	1.25	98.75	20.25	1.12	98.88
Sisa	0.12	-	-	1.25	-	-	1.12	-	-
TOTAL	100		666.31	100		417.7	100		216.66
Fineness modulus			6.66			4.18			2.17

Berat jenis kering air permukaan (Sg_{ssd}) dapat dihitung dengan bantuan rumus:

$$Sg_{ssd} = \frac{W_s}{W_s - W_{csw'} + W_{cw''}} \quad (1)$$

Berat jenis kering oven (Sg_{od}) dapat dihitung dengan rumus:

$$Sg_{od} = \frac{W_d}{W_s - W_{csw'} + W_{cw''}} \quad (2)$$

di mana:

- W_s = Berat pasir kering air permukaan
- W_d = Berat pasir kering oven
- $W_{csw'}$ = Berat gelas, tutup, agregat dan air
- $W_{cw''}$ = Berat gelas dan air

Untuk pemeriksaan berat jenis kerikil tidak dapat dilaksanakan dengan metode Thaulow karena resiko gelas dapat pecah sangat riskan, pemeriksaan dapat dilakukan dengan menimbang kerikil tersebut di udara dan di dalam air dengan bantuan keranjang dan timbangan khusus. Berat jenis kerikil kering air permukaan (Sg_{ssd}) dapat dihitung dengan rumus:

$$Sg_{ssd} = \frac{W_s}{W_s - W_w} \quad (3)$$

Berat jenis kering oven (Sg_{od}) dapat dihitung dengan rumus:

$$Sg_{od} = \frac{W_d}{W_s - W_w} \quad (4)$$

Besarnya Absorpsi (M_c) dapat dihitung dengan rumus:

$$M_c = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100\% \quad (5)$$

di mana:

- W_s = Berat kerikil kering air permukaan
- W_d = Berat kerikil kering oven
- W_w = Berat kerikil didalam air
- M_c = Besarnya Absorpsi

Pemeriksaan berat jenis pasir, baik pasir kasar maupun pasir halus dilakukan berdasarkan British Standard, Agregat tersebut diambil secara acak masing-masing 10 kg kemudian direndam air selama 24 jam. Agregat yang telah jenuh air dikeringkan air permukaannya dengan menghamparkannya di atas lantai yang halus sambil dibalik-balikkan agar pengeringannya merata. Dengan bantuan konis pasir, dapat diketahui saatnya bahwa pasir sudah dalam keadaan kering permukaan kemudian sejumlah pasir tersebut ditimbang. Dengan metode Thaulow yaitu dengan bantuan sebuah gelas dengan tutup plat kaca, rapat udara volume pasir dapat diketahui, gelas setelah diisi dengan pasir yang sudah diketahui beratnya diisi dengan air sampai penuh lalu ditutup dengan plat kaca sedemikian rupa sehingga tidak terdapat rongga udara didalamnya. Gelas dengan kedua belah tangan dibalik-balikkan sedemikian rupa sehingga gelembung-gelembung udara keluar. Tutup dibuka untuk penambahan air dan pekerjaan tersebut diulangi sampai semua udara keluar lalu gelas ditimbang.

Agregat (pasir halus, pasir kasar dan kerikil) masing-masing diambil 20 kg secara acak lalu di oven selama 24 jam. Agregat yang telah dioven tersebut diisikan kedalam sebuah container dalam 3 lapisan, lebih kurang dengan volume yang sama dimana setiap lapisan ditumbuk dengan sebatang tongkat baja panjang 60 cm dengan diameter 16 mm kemudian agregat diratakan lalu ditimbang. Apabila berat dan volume container sebelumnya sudah diketahui maka dapat dihitung berat volume (bulk density) dari agregat tersebut. Berat Jenis, Absorpsi dan Berat volume agregat seperti diperlihatkan Tabel 2

Tabel 2 Berat Jenis, Absorpsi dan Berat volume agregat

NO.	JENIS AGREGAT	BERAT JENIS		ABSORPSI	BERAT VOLUME (kg/l)
		KERING AIR PERMUKAAN	KERING OVEN		
1	Pasir Halus	2.560	2.450	4.490	1,55
2	Pasir Kasar	2.58	2.51	2.789	1,94
3	Kerikil	2.725	2.700	0.926	1,98

Beberapa jenis bahan organik seperti *Humic Acid* bila terdapat dalam agregat dalam jumlah tertentu dapat mengganggu waktu pengerasan dan bahkan dapat mengurangi kekuatan beton. Pengujian terhadap kadar bahan organik dilakukan dengan memasukkan 130 ml pasir kedalam gelas ukur, kemudian ditambahkan larutan sodium hydroxide (NaOH) 3% hingga volume campuran menjadi 200 ml. Setelah dikocok sedikit campuran dibiarkan selama 24 jam. Pengamatan terhadap warna campuran setelah 24 jam ternyata berwarna kuning bersih yang berarti pasir bersih. Benda uji yang terdiri dari 135 buah dengan bentuk kubus sisi 15 cm, kubus sisi 20 dan silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dibuat dengan 9 jenis W/C ratio dengan 9 jenis campuran untuk dicoba kuat tekannya. Untuk mendekati daerah baik sekali dari daerah susunan butir dipakai perhitungan dengan menggunakan data-data Fineness Modulus (FM) dari agregat dengan rumus:

$$FM_{(camp)} = \{ FM_{(fs)} \times X \} + \{ FM_{(cs)} \times (1 - X) \} \quad (6)$$

di mana:

- FM_(camp) = Fineness Modulus campuran yang diinginkan
- FM_(fs) = Fineness Modulus pasir halus
- FM_(cs) = Fineness Modulus pasir kasar
- X = Bagian dari pasir halus
- (1 - X) = Bagian dari pasir kasar

Tabel 3 Perbandingan campuran 1 m³ beton

NO	W/C Ratio	FM (camp)	PERBANDINGAN CAMPURAN (kg)				
			AIR	PC	PASIR HALUS	PASIR KASAR	KERIKIL
1	0,45	5,527	183,33	407,4	284,6	195,33	1323,84
2	0,475	5,497	183,33	385,958	297,22	203,99	1323,84
3	0,5	5,472	183,33	366,66	308,76	211,91	1323,84
4	0,525	5,445	183,33	349,2	319,11	219,02	1323,84
5	0,55	5,429	183,33	333,33	328,52	225,48	1323,84
6	0,575	5,594	183,33	318,835	337,118	231,377	1323,84
7	0,6	5,392	183,33	305,55	342,15	239,63	1323,84
8	0,625	5,55	183,33	293,328	352,243	241,759	1323,84
9	0,65	5,366	183,33	282,05	363,22	242,06	1323,84

Fineness Modulus agregat campuran dari daerah baik sekali adalah 5,365 oleh karena itu perbandingan campuran harus sedemikian rupa sehingga Fineness Modulus Campuran $FM_{(camp)}$ agregat mendekati angka tersebut. Langkah pertama dicampur lebih dulu pasir halus dan pasir kasar dengan $FM_{(camp)}$ dipilih dalam batas 2,4-3,0 dengan demikian dapat ditentukan perbandingan campuran agregat halus yaitu campuran pasir halus dan pasir kasar dengan $FM_{(camp)}$ yang dipilih, umpamanya 3 Dengan FM agregat halus ini dapat ditentukan perbandingan campuran agregat halus dan agregat kasar dengan metode ACI. Setelah perbandingan campuran ketiga jenis agregat diketahui perlu dicek apakah fineness modulus agregat campuran tersebut mendekati 5,365. Dengan mengulangi percobaan campuran ini sebanyak 3 kali putaran biasanya telah dapat disusun suatu susunan butir mendekati daerah susunan butir baik sekali. Setelah perbandingan campuran dihitung pekerjaan dilanjutkan dengan pengecoran benda uji. Setiap jenis W/C ratio, pengecoran dilakukan 3 kali dengan setiap kali pengecoran menghasilkan 80 liter mortal. Sebelum pengecoran banyaknya air permukaan agregat diperiksa dahulu untuk menentukan jumlah air yang diperlukan setepat-tepatnya, kemudian ditentukan jumlah masing-masing bahan tersebut dalam berat dengan menimbang masing-masing bahan. Sebelum pengecoran semua alat seperti molen, plat baja untuk mortal dan sekop dicuci lebih dulu dengan mortal serapan agar nantinya tidak akan menyerap air semen mortal, W/C ratio mortal serapan dibuat sama dengan W/C ratio mortal yang akan dicor. Setelah semua siap pengecoran dimulai dengan memasukkan berturut-turut pasir halus, pasir kasar, semen, kerikil dan air kedalam molen lalu dilakukan pengadukan selama 5 menit. Kemudian Mortal dituangkan kedalam plat baja dan sementara belum dicor diperiksa lebih dulu Slump, kadar pori, temperatur (Ruang dan mortal) serta berat volume, apabila semua data yang diperoleh mendekati data perencanaan maka pengecoran dapat dilanjutkan dengan mencetak benda uji kedalam cetakan-cetakan yang telah dipersiapkan. Mortal diisi dalam 3 lapisan yang dipadatkan dengan tongkat baja panjang 60 cm diameter 16 mm dan tiap lapisan dipadatkan dengan 25 kali tumbukan. Setelah 24 jam permukaan benda uji dikasarkan dengan sikat baja lalu dicapping dengan pasta semen W/C ratio 0,28 dan apabila capping sudah berumur 24 jam cetakan dibuka lalu benda uji direndam ke dalam air. Benda uji dikeluarkan dari dalam air beberapa jam sebelum percobaan pembebanan dilakukan, masing-masing pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Percobaan pembebanan tekan dilakukan dengan mesin kapasitas 300 ton sampai hancur, sebelum pembebanan dilakukan berat masing-masing benda uji ditimbang dan diukur lebih dahulu.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah mortal diaduk merata dalam molen, mortal dituangkan kedalam wadah baja untuk selanjutnya diperiksa slump, kadar pori, temperatur mortal dan berat volume agregat, hasil pemeriksaan seperti diperlihatkan Tabel 4. Tinggi slump direncanakan sama untuk semua jenis W/C ratio yaitu 8 s/d 10 cm, dan berdasarkan American Concrete Institute (ACI) maka untuk agregat dengan diameter maksimum 31,5 mm untuk 1 m; beton dibutuhkan air sebanyak 183,3 kg dan ternyata dengan air sebanyak tersebut dihasilkan slump rata-rata sebesar 8,73cm. Dari data-data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m; mortal beton untuk suatu tinggi slump

yang diinginkan dapat dipakai metoda ACI. Kadar Pori Udara rata-rata dari 27 kali pengecoran adalah 2,72%, di mana kadar pori udara ditentukan oleh berbagai factor antara lain yang terpenting adalah cara pemadatan dan jenis semen yang dipakai. Makin banyak kadar pori maka makin rendah mutu beton yang dihasilkan walaupun beton dengan kadar pori yang sedikit lebih besar memang diperlukan untuk beton yang menghadapi pengaruh mencair dan membekunya Es dinegara-negara sub tropis. Kadar pori sebesar tersebut di atas dipandang masih dalam batas yang lazim bagi jenis Portland Cement Type I yang biasanya berkisar dari 0,5% sampai dengan 2,5%.

Tabel 4 Slump, Kadar pori, Temperatur dan Berat volume mortal

NO.	W/C Ratio (dalam berat)	SLUMP	RATA - RATA			
			Kadar Pori Udara %	Temperatur Kamar (°C)	Temperatur Mortal (°C)	Berat Volume (kg/l)
1	0,45	10,33	2,79	28,33	29	2374,99
2	0,475	8,83	2,65	29	29	2376,11
3	0,5	8,33	2,73	28,33	28,16	2380,86
4	0,525	7,66	2,7	28	28,5	2360,23
5	0,55	8,5	3,18	29	28,33	2347,44
6	0,575	8,66	2,76	26,66	27,83	2324,37
7	0,6	8,66	2,5	29	29,33	2371,67
8	0,625	7	2,6	29	31,33	2327,85
9	0,65	10,66	2,58	28	28	2374,76
Rata-rata		8,74	2,72	28,37	28,83	2359,81

Temperatur mortal rata-rata 28,83°C dipandang cukup baik karena perbedaannya terhadap temperatur kamar rata-rata sebesar 28,37°C masih dalam batas yang wajar di mana jika perbedaan temperatur yang besar akan menyebabkan cacat-cacat awal pada benda uji berupa retak rambut antara mortal dan agregat yang akan menyebabkan rendahnya mutu beton baik kuat tekan maupun terhadap pemikulan momen. Berat 1 m³ mortal pada waktu perencanaan diperkirakan dengan bantuan metoda ACI sebesar 2394,5 kg. Dibandingkan dengan data yang diperoleh bahwa berat volume mortal sebesar 2,3598 kg/l atau 2359,80 kg/m³; maka perkiraan tersebut dipandang sudah cukup baik, hal ini sesuai dengan pendekatan FM_(camp) daerah baik sekali seperti telah diperlihatkan pada Tabel 3, sebagai salah satu pendekatan perencanaan perbandingan campuran beton. Sebelum benda uji dicoba kuat tekannya, benda uji diukur dimensinya kembali untuk perhitungan volume dari masing-masing benda uji tersebut secara tepat, hasil pengukuran menunjukkan bahwa ukuran benda uji tersebut sesuai dengan dimensi-dimensi pengenal cetakan. Penyimpangan dari dimensi pengenal cetakan dapat terjadi bila penyetulan cetakan kurang sempurna, setelah semua pengukur selesai maka pekerjaan dilanjutkan dengan percobaan pembebanan.

Perbedaan berat volume benda uji dapat terjadi bila pemadatan pada waktu pengecoran berbeda diantara benda-benda uji. Tabel 5 menunjukkan hubungan diantara variable yang mungkin mempengaruhi berat volume dari beton. Dari data tersebut ternyata W/C ratio tidak mempengaruhi berat volume beton, hal ini dapat diterangkan bahwa berat volume beton sangat ditentukan oleh berat agregat, dengan demikian dapat dikatakan bahwa berat volume beton sangat ditentukan oleh diameter dari agregat. Dari data tampak juga bahwa berat volume tidak

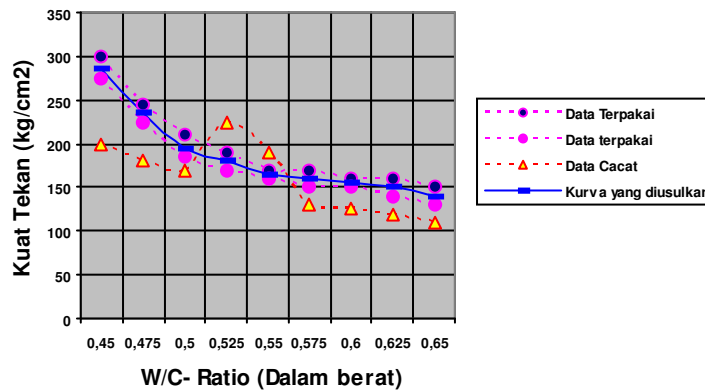
dipengaruhi oleh umur beton, hal ini disebabkan terutama bahwa sebagian kecil saja dari air pori yang menguap, walaupun air pori sesungguhnya sangat sedikit dalam beton. Bila dibandingkan dengan berat mortal rata-rata sebesar 2359,8 kg/m; ternyata berat beton lebih besar dari pada berat mortal yaitu 2420,37 kg/m; atau lebih berat sebesar 2,61%. Perbedaan berat ini dianggap cukup kecil dan dapat dianggap sebagian adalah akibat kesalahan pengukuran dalam pelaksanaan dan sebagian lagi adalah akibat air pori yang meresap kedalam benda uji terutama benda uji yang mempunyai W/C ratio lebih besar.

Tabel 5 Berat Volume Benda Uji

NO.	W/C Ratio	BERAT VOLUME PADA UMUR		
		7 HARI (kg/m)	14 HARI (kg/m)	28 HARI (kg/m)
1	0,45	2414,55	2425,11	2423,6
2	0,475	2433,6	2423,04	2428,47
3	0,5	2414,29	2428,21	2426,85
4	0,525	2423,88	2410,26	2428,63
5	0,55	2406,8	2406,93	2412,72
6	0,575	2409,18	2415,06	2412,67
7	0,6	2442,34	2461,89	2407,04
8	0,625	2407,62	2419,47	2402,88
9	0,65	2433,87	2419,61	2411,51
RATA-RATA		2420,68	2423,29	2417,15

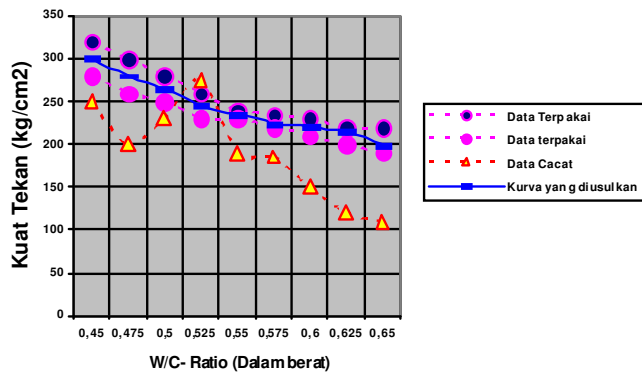
3.1.1 Kuat tekan

Dari berbagai bentuk benda uji untuk masing-masing W/C Ratio dibuatkan kurva hubungan antara kuat tekan beton dengan W/C Ratio seperti diperlihatkan Gambar 1.

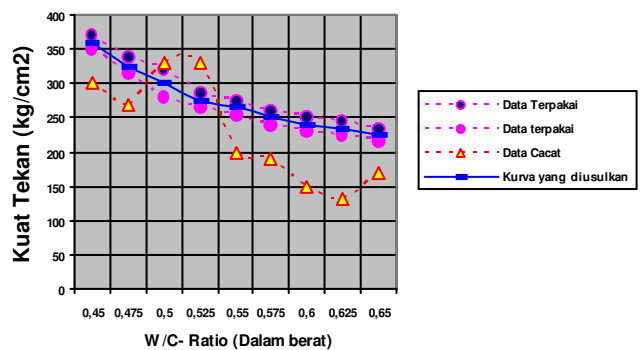


Gambar 1 hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus sisi 15 cm umur 7 hari

Dalam praktek sering kali tidak tersedia cukup waktu untuk menunggu hasil percobaan *Mix Design* sampai 28 hari, oleh karena itu diperlukan adanya pegangan untuk mendesign campuran untuk suatu mutu beton tertentu yang diinginkan tetapi hasilnya dapat diperoleh dalam waktu 1 atau 2 minggu. Pada Gambar 2 diperlihatkan hubungan kuat tekan beton dengan W/C Ratio beton kubus bersisi 15 cm pada umur 14 hari. Pada gambar 3 dapat dilihat hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio beton kubus bersisi 15 cm pada umur 28 hari.

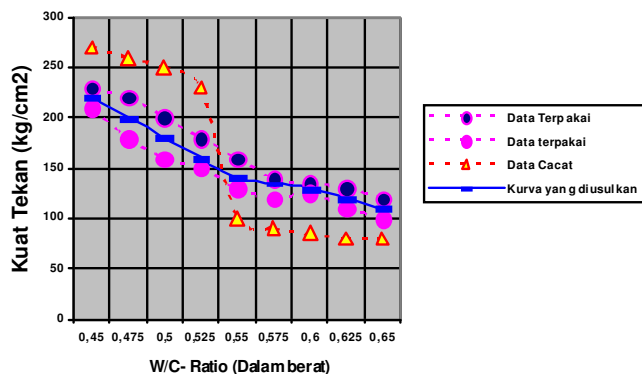


Gambar 2. Hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus 15 cm umur 14 hari

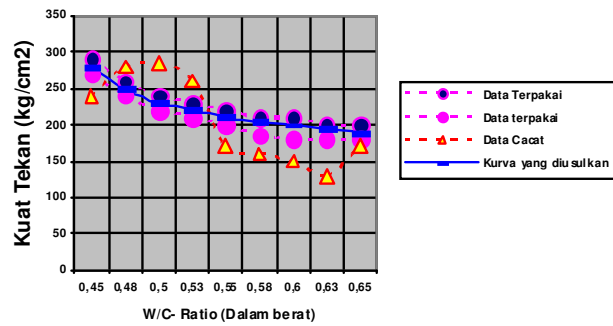


Gambar 3 hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus 15 cm umur 28 hari

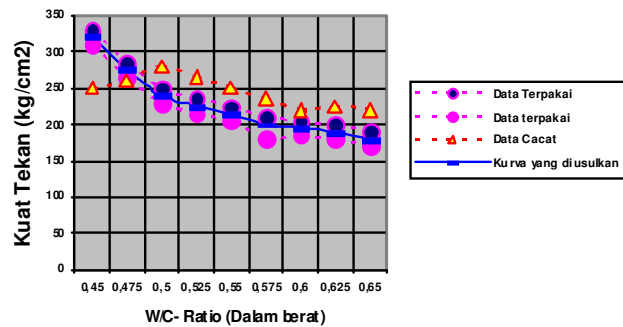
Walaupun jarang ditemui dalam praktek penelitian ini juga menyajikan hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio beton bersisi 20 cm. Pada gambar 4 dapat dilihat hubungan kuat tekan W/C Ratio beton kubus bersisi 20 cm pada umur 7 hari. Penggunaan benda uji kubus bersisi 20 cm masih merupakan benda uji penelitian untuk beton dengan diameter agregat maksimum tetapi kadang-kadang karena kebetulan cetakan benda uji tersedia di laboratorium, benda uji berukuran besar, ini sering dipakai untuk Mix Design. Kuat tekan yang diinginkan kemudian dapat di konversikan kedalam kuat tekan beton bersisi 15 cm atau silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dengan mengalikan pada factor bentuk.



Gambar 4 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus 20 cm umur 7 hari

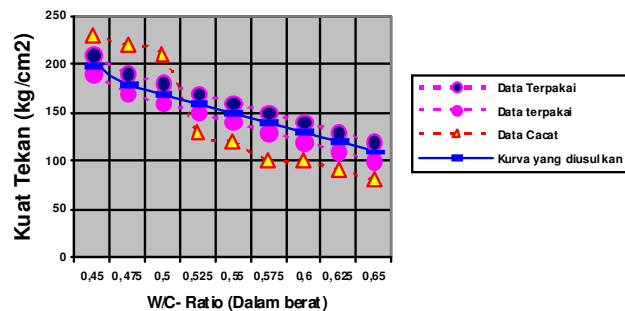


Gambar 5 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus 20 cm umur 14 hari



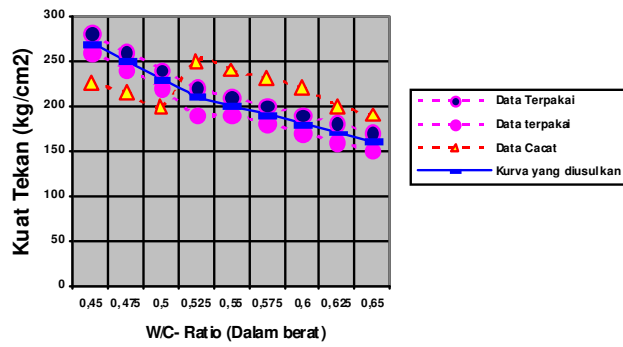
Gambar 6 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio kubus 20 cm umur 28 hari

Di beberapa negara Eropah kubus bersisi 20 cm sering dipakai sebagai benda uji sedangkan di Amerika Serikat sebagai benda uji dipakai Silinder, disamping itu banyak rumus-rumus dalam berbagai buku diturunkan dari kuat tekan silinder. Hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio beton pada silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm pada umur 7 hari diperlihatkan gambar 7

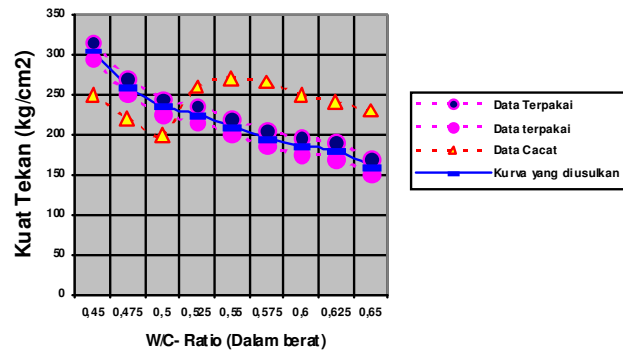


Gambar 7 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio silinder Ø 15 cm umur 7 hari

Hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio beton pada silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm pada umur 14 hari diperlihatkan gambar 8. Pembuatan kurva hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio didasarkan kepada data-data terpakai yang ditandai dengan symbol O pada gambar sedangkan data yang cacat yang ditandai dengan symbol Δ juga turut dicantumkan. Hubungan kuat tekan dengan W/C Ratio beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm pada umur 28 hari diperlihatkan gambar 9



Gambar 8 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio silinder Ø 15 cm umur 14 hari



Gambar 9 Hubungan kuat tekan dan w/c ratio silinder Ø15 cm umur 28 hari

Kuat tekan yang dicapai relatif rendah bila dibandingkan dengan Standard American Concrete Institute (ACI) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 9, hal ini disebabkan terutama oleh karena mutu Portland Cement yang berbeda antara semen Amerika Serikat dengan semen Indonesia.

Tabel 9 Perbandingan kuat tekan beton silinder diameter 15 cm dengan penelitian terhadap aci

NO.	W/C RATIO	KUAT TEKAN		PERSENTASE PENELITIAN /ACI
		HASIL PENELITIAN	ACI	
1	0,480	255	350	72,86
2	0,550	210	300	70,00
3	0,620	190	250	76,00
RATA - RATA				72,95

3.1.2 Hubungan kuat tekan dengan umur beton

Hubungan kuat tekan dengan umur beton hanya dihitung untuk benda uji kubus bersisi 15 cm saja, karena benda uji tersebut lazim dipakai dalam praktek di Indonesia. Pada Tabel 10 diperlihatkan hubungan kuat tekan dengan umur beton benda uji kubus bersisi 15 cm, angka-angka factor umur penelitian mendekati PBI 1971 yaitu masing-masing 65% dan 68% untuk umur 7 hari dan 14 hari.

Tabel 10 Hubungan kuat tekan dengan umur beton kubus bersisi 15 cm

NO.	W/C RATIO	KUAT TEKAN			FAKTOR UMUR (%)		
		7 HARI	14 HARI	28 HARI	7 HARI	14 HARI	28 HARI
1	0,450	285	300	360	79	83	100
2	0,475	235	280	325	72	86	100
3	0,500	195	265	300	65	88	100
4	0,525	180	245	275	66	89	100
5	0,550	165	235	265	62	89	100
6	0,575	160	225	250	64	90	100
7	0,600	155	220	240	65	92	100
8	0,625	150	215	235	64	92	100
9	0,650	140	200	225	62	89	100
RATA - RATA					66,6	88,7	100

3.1.3 Hubungan kuat tekan antara benda uji

Pada Tabel 11 diperlihatkan hubungan kuat tekan kubus bersisi 15 cm, kubus bersisi 20 cm dan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm pada umur 28 hari. Bila dibandingkan dengan angka-angka yang dipakai dalam PBI 1971 yaitu kubus bersisi 15 cm, kubus bersisi 20 cm dan silinder dengan diameter 15 cm yang tingginya 30 cm masing-masing besarnya 100%, 95 %, dan 83%, factor hasil penelitian adalah relatif kecil.

Tabel 11 Hubungan kuat tekan antara berbagai benda uji Pada umur 28 hari

NO.	W/C RATIO	KUAT TEKAN			FAKTOR BENTUK TERHADAP KUBUS SISI 15 CM (%)		
		KUBUS SISI 15 CM	KUBUS SISI 20 CM	SILINDER DIAMETER 15 CM	KUBUS SISI 15 CM	KUBUS SISI 20 CM	SILINDER DIAMETER 15 CM
1	0,450	360	320	305	100	89	85
2	0,475	325	275	260	100	85	80
3	0,500	300	240	235	100	80	78
4	0,525	275	225	225	100	82	82
5	0,550	265	215	210	100	81	79
6	0,575	250	200	195	100	80	78
7	0,600	240	195	185	100	81	77
8	0,625	235	190	180	100	81	77
9	0,650	225	180	160	100	80	71
RATA - RATA					100	82,1	78,6

Faktor hubungan antara kubus bersisi 20 cm dan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. The European Concrete Committee merekomendasikan 80% sedangkan dilain pihak Badan ini berdasarkan hasil percobaan mengakui bahwa factor tersebut berkisar dari 72% sampai dengan 100%.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah air yang diperlukan dalam tiap 1 m³ mortar beton, untuk tinggi slump tertentu yang direkomendasikan American Concrete Institute (ACI) cukup baik untuk dipakai di Indonesia.

2. Besarnya kadar pori ditentukan oleh jenis Portland Cement (PC) yang digunakan, makin tinggi kadar pori maka makin rendah mutu beton.
3. Berat volume mortal tentative yang direkomendasikan oleh ACI cukup baik untuk dipakai di Indonesia demikian pula berat volume beton setelah mengeras.
4. Kuat tekan beton ditentukan oleh Faktor Air Semen (Water Cement Ratio) W/C Ratio dimana makin kecil W/C Ratio maka makin besar kuat tekan betonnya. Kuat tekan beton yang didesign berdasarkan ACI hanya menghasilkan 73% kuat tekan ACI.
5. Hubungan kuat tekan dengan umur beton yang ditentukan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971) cukup baik untuk dipakai memperkirakan kuat tekan beton pada umur 28 hari.
6. Hubungan kuat tekan antara berbagai jenis benda uji yang dicantumkan dalam PBI 1971 terlalu besar jika dibandingkan dengan hasil penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diberikan rekomendasi kepada para pihak terkait tentang penyediaan anggaran untuk penelitian supaya dapat diperbanyak dan dipermudah dengan demikian dapat memberikan kesempatan kepada para dosen di perguruan tinggi untuk melakukan penelitian. Selain itu perlu difikirkan Penataran atau seminar supaya dapat diarahkan kepada pekerjaan penelitian sehingga iklim penelitian dimasa yang akan datang dikalangan para dosen dapat lebih meningkat lagi.

Daftar Kepustakaan

1. Anonim, 1971, *ACI Committee 211, Recommended Practice for Selecting Proportion for Normal and Heavyweight Concrete*, American Concrete Institute
2. Anonim, 1971, *Panitia Pembaharuan PBI, Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta
3. Anonim, 1972, *Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, Peraturan Semen Portland Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik*, Jakarta
4. Anonim, 1979, *Annual Book of ASTM Standard, Concrete and Mineral Aggregates*, New York
5. Saroka, I, 1979, *Portland Cement Pasta and Concrete*, The Mc Millan Press Ltd, London