BAB 4
RANCANG PROPORSI CAMPURAN BETON

4.1 PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan teknologi dalam bidang industri konstruksi, konstruksi beton pun mengalami kemajuan dimana pada saat ini banyak bangunan menggunakan beton yang bervariasi mulai dari mutu beton sedang sampai dengan beton mutu tinggi. Dengan adanya kemajuan tersebut sehingga kita dituntut untuk dapat merancang perbandingan campuran lebih tepat sesuai dengan teori perancangan proporsi campuran beton.

4.2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUAT TEKAN

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton adalah :

a. Faktor air semen
b. Umur beton
c. Jenis semen
d. Jumlah semen
e. Sifat agregat

4.2.1 Faktor Air Semen

Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan oleh Duff Abrams (1919) sebagai berikut [5]:

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5\,X}} \quad \text{..... (4.1)}$$

Dimana:

f_c = kuat tekan beton

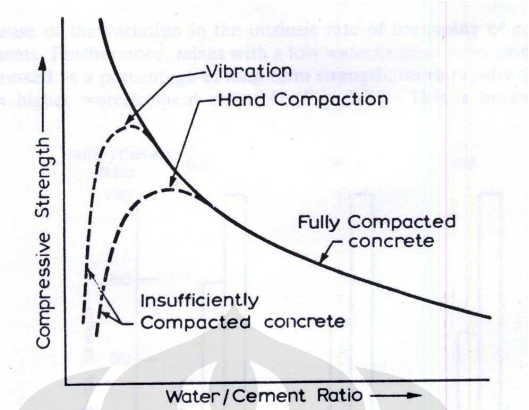
x = faktor air semen

A,B = konstanta

Dari rumus diatas terlihat bahwa semakin besar faktor air semen akan semakin rendah kuat tekannya, seperti terlihat dalam gambar 4.1. Meskipun menurut rumus tampak bahwa semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

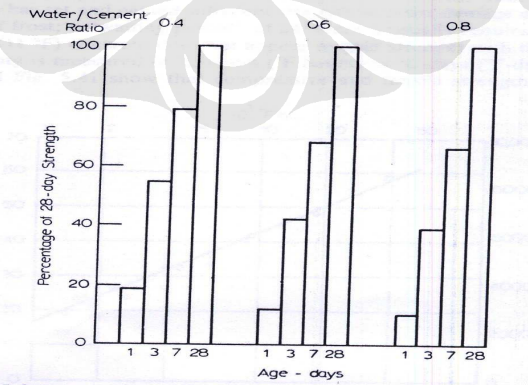
semakin tinggi. Tetapi jika faktor air semen rendah akan mengakibatkan kesulitan dalam pemadatan, maka dibawah faktor air semen tertentu (sekitar 0,4) kekuatan beton malah akan semakin rendah.



Gambar 4.1 Hubungan FAS dan kuat tekan beton [6]

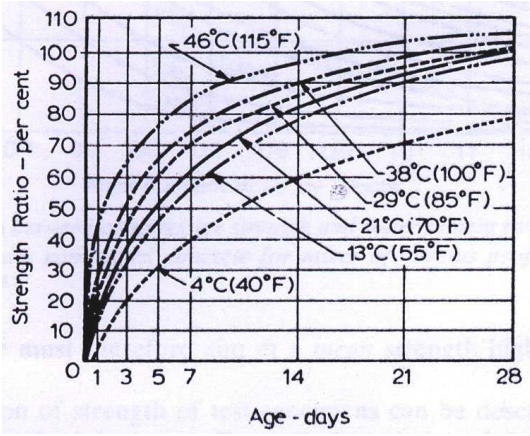
4.2.2 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu antara lain adalah faktor air semen dan suhu perawatan beton. Semakin tinggi faktor air semennya akan membuat lambatnya kenaikan kekuatan beton seperti terlihat dalam gambar 4.2, dan semakin tinggi suhu perawatannya akan membuat semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya [5], seperti terlihat dalam gambar 4.3



Gambar 4.2 Kecepatan kenaikan kuat tekan beton pada berbagai nilai FAS. [6]

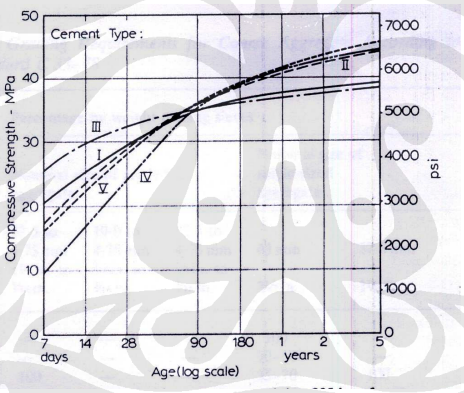
Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008



Gambar 4.3 Pengaruh suhu perawatan pada kecepatan kenaikan kuat tekan beton [6].

4.2.3 Jenis Semen

Untuk jenis semen telah dijelasakan pada bab sebelumnya. Kecepatan kenaikan kekuatan dari kelima tipe semen tersebut dapat terlihat dalam gambar 4.4



Gambar 4.4 Kecepatan kenaikan kuat tekan beton pada berbagai jenis semen, dengan agregat yang sama. [6]

4.2.4 Jumlah Semen

Kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton sebagaimana akan dijelaskan sebagai berikut [5]:

a. Jika faktor air semen sama (nilai slump berubah), beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tinggi. Jika jumlah semen berlebih begitu juga dengan air yang berlebih sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah
b. Jika nilai slump sama (nilai faktor air semen berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi.

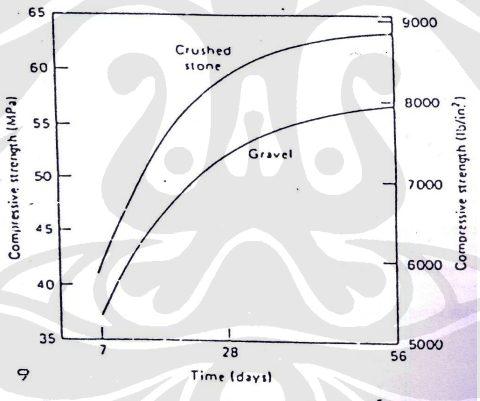
Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Hal ini dikarenakan denga nilai slump yang sama dan jumlah air sama, sehingga penambahan semen akan mengurangi nilai dari faktor air semen, yang berarti penambahan kuat tekan beton.

4.2.5 Sifat Agregat

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak terlalu besar karena pada umunya kekuatan agregat lebih tinggi daripada pastanya. Meskipun demikian bila dikehendaki kekuatan beton yang tinggi, diperlukan juga agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah dari pastanya [5].

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimummya. Permukaan yang halus dan kasar berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap kekuatan betonnya, sebagaimana terlihat dalam gambar 4.5



Gambar 4.5 Pengaruh kekasaran permukaan agregat terhadap kuat tekan beton.

4.3 METODE RANCANG CAMPURAN BETON

Ada beberapa metode perhitungan untuk proporsi rancang campuran antara lain [5]:

1) Rancangan menurut ”ROAD No.4”
2) Rancangan menurut ”AMERICAN CONCRETE INSTITUTE”
3) Rancangan menurut ”CARA INGGRIS”
4) Rancangan menurut “US BUREAU OF RECLAMATION”

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Disini akan dijelaskan metode rancangan campuran yang merupakan modifikasi cara Us Bureau of Reclamation yang dikembangkan oleh Japan Society Of Civil Engineer (JSCE).

4.4 PROSEDUR PERANCANGAN

Prosedur perancangan campuran beton pada prinsipnya dilakukan di laboratorium dengan cara coba-coba dan pada garis besarnya adalah sebagai berikut :

4.4.1 Pengujian Terhadap Material Beton

Pengujian terhadap material beton ini untuk mengetahui sifat-sifat dari material tersebut dan untuk menentukan apakah material tersebut memenuhi persyaratan sebagai material pembentuk beton.

Jenis pengujian material beton yang dibutuhkan sesuai dengan rancangan proporsi campuran beton :

a. Pasir
   1. Uji Specific Gravity dan Absorption
   2. Uji kadar Lumpur
   3. Uji kandungan zat organik
   4. Analisa saringan dan modulus kehalusan
b. Agregat kasar
   1. Uji Specific Gravity dan Absorption
   2. Analisa saringan
c. Semen

   Untuk semen tidak perlu ada pengujian, cukup dengan data yang diperoleh dari pabrik.

4.4.2 Menentukan Ukuran Maksimum Butir Agregat Kasar

Ukuran maksimum dari agregat kasar ditentukan berdasarkan jenis, dimensi dan kerapatan tulangan pada struktur tersebut.

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 4.1 Ukuran agregat maksimum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam-macam struktur.

Dimensi bag. Konstruksi (cm)	Ukuran agregat maksimum (cm) untuk :		
	Dinding, balok, kolom bertulang	Slab dengan penulangan maksimum	Slab dengan penulangan minimum
12,5	-	20-40	20-40
15-30	20-40	40	40-80
30-75	40-80	80	80-150
75	40-80	80	150

Sumber : Us Bureau of Reclamation, "Concrete Manual", 8-th edition 1975, tabel 17

4.4.3 Menentukan Kelecakan Campuran Beton

Kelecakan campuran beton adalah suatu nilai yang menunjukan tingkat kemudahan pekerjaan dari beton tersebut yang dinyatakan dengan *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti semakin tinggi tingkat kemudahan pengerjaannya, dan menunjukan semakin banyaknya jumlah air yang diperlukan, dimana hal ini menghasilkan kuat tekan beton yang semakin rendah. *Slump* beton sebaiknya ditentukan serendah-rendahnya, akan tetapi masih dapat dikerjakan dengan baik.

Dalam beberapa standar atau peraturan telah ditentukan nilai *slump* beton untuk bebrapa jenis struktur, antara lain yang telah ditentukan oleh PBI-1971 seperti terlihat dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai-Nilai Slump untuk Berbagai Pekerjan Beton Menurut PBI-1971

Uraian	Slump (cm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang.	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah.	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding.	15,0	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : ACI 211.1-91

4.4.4 Menentukan Jumlah Air Pada Campuran Beton

Untuk menentukan jumlah air adukan digunakan table 4.3 yaitu tabel yang dibuat oleh Japan Society of Civil Engineer (JSCE) dalam bukunya "The Concrete Standar Specification".

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 4.3 Perkiraan Jumlah Agregat Kasar, kandungan Udara dan Jumlah Air per meter kubik Beton dan Proporsi Pasir terhadap Total Agregat

Max size of aggregate (mm)	Unit coarse aggregate content by volume (%)	Concrete without AE				Air entrained concrete			
		Entrapped air (%)	Sand percent s/a (%)	Water content w (kg)	Air content (%)	With good quality AE admixture		With good quality water reducing ad.	
						s/a (%)	w (kg)	s/a (%)	w (kg)
15	53	2,5	49	190	7,0	46	170	47	160
20	61	2,0	45	185	6,0	42	165	43	155
25	66	1,5	41	175	5,0	37	155	38	145
40	72	1,2	36	165	4,5	33	145	34	135
50	75	1,0	33	155	4,0	30	135	31	125
80	81	0,5	31	140	3,5	28	120	29	110

Catatan : 1. Harga-harga diatas adalah berlaku untuk beton yang menggunakan pasir alam dengan FM = 2,8 dan Slump beton dalam *mixer* 8 cm

2. Penyesuaian haga-harga diatas untuk kondisi yang lain adalah dengan menggunakan tabel 4.6

4.4.5 Menentukan Faktor Air Semen

Perbandingan antara berat air dengan berat semen adalah faktor air semen. Faktor air semen atau water cement ratio (wcr) merupakan suatu indikator yang penting dalam merancang campuran beton. Faktor air semen yang kecil akan menghasilkan kuat tekan yang besar dan sebaliknya jika faktor air semen besar akan menghasilkan kuat tekan yang kecil.

Faktor air semen berdasarkan kuat tekan beton yang diinginkan, dengan menggunakan tabel 4.4 yang dibuat oleh ”Us Bureau of Reclamation”.

Tabel 4.4 Perkiraan Kuat Tekan Beton untuk Berbagai Nilai FAS (w/c)

Water-cement ratio (w/c)	Compressive strength pada umur 28 hari (kg/cm^2)	
	Beton dengan A.E saja	Beton dengan A.e + W.R.A
0,40	400	450
0,45	340	390
0,50	290	340
0,55	250	290
0,60	220	250
0,65	180	220
0,70	150	190

Sumber : US Bureau of Reclamation ”Concrete Manual” 8-th Edition

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Dalam menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan beton, kuat tekan beton rencana harus dinaikan dengan suatu koefisien yang besarnya dihitung dengan rumus berikut :

$$C = \frac{1}{1-t.v} \quad \text{.....(4.2)}$$

dimana: C = increament coefficient

t = konstanta, yang besarnya ditentukan berdasarkan perkiraan % benda uji yang kuat tekananya bisa mencapai di atas kuat tekan rencana, tabel 3.5.

v = koefisien variasi

$$\text{Target kuat tekan} = C \times \text{kuat tekan rencana} = \frac{\text{kuat tekan rencana}}{1-t.v} \quad \text{.....(4.3)}$$

Tabel 4.5 Harga-Harga t untuk Berbagai Keadaan Hasil Pengujian Benda Uji

Persentase kuat tekan yang lebih besar dari rencana	t
75%	0,703
80%	0,883
85%	1,100

Tahapan Perhitungan

Tahap perhitungan untuk menentukan rancang proporsi campuran adalah sebagai berikut :

1) Menentukan ukuran maksimum agregat kasar, slump, FAS
2) Berdasarkan ukuran butiran agregat kasar maksimum dengan menggunakan tabel 4.3 dapat ditentukan :
   a. Jumlah air adukan (W) dalam kg
   b. Persentase pasir terhadap total agegat (S/A)

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

c. Kandungan udara dalam beton (*entrapped air*) dalam % terhadap volume beton.

3) Setelah didapat jumlah air (W) dan FAS (w/c) dapat ditentukan jumlah semen (C) :

$$C = \frac{W}{(w/c)}$$

4) Menghitung volume total agregat dengan rumus berikut :

$$Ag = 1 - \frac{W}{g_W} - \frac{C}{g_C} - A \quad (\text{dalam } m^3)$$

Dimana :

g_w = berat jenis air

g_c = berat jenis semen

5) Dengan didapatkannya S/A dan Ag, maka dapat dihitung volume pasir (S) dari agregat kasar (Ca)

$S = S/A \times Ag\ m^3$

$Ca = Ag\ (1-S/A)\ m^3$

Pada percobaan campuran ini yang dikontrol adalah kelecakan (slump) beton segar. Apabila dalam percobaan ini tidak sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan perhitungan ulang dengan menyesuaikan pada tabel 4.6

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 4.6 Tabel Penyesuaian nilai-nilai S/A dan Jumlah Air (W) untuk Berbagai Kondisi Material

Change in matreials or proportions	Correction on S/a and W Sand percent S/a (%)	 Water content W (kg)
1.Each 0,1 increase or decrease in F.M of sand	± 0,5	no correction
2.Each 1 cm increase or decrease in slump.	no correction	± 1,2%
3.Each 1% increase or decrease in air content	± 0,5 ~ 1	± 3%
4.Using crushed coarse aggregate	+ 3 ~ 5	+ 9 ~ 15
5.Using crushed sand	+ 2 ~ 3	+ 6 ~ 9
6.Each 0,05 increase or decrease in water-cement ratio	1	no correction
7.Each 1% increase or decrease in S/A	no correction	1,5

Sumber: Japan Society of Civil Engineering "The Concrete Standard Specification"

4.5 RENCANA KEBUTUHAN BENDA UJI

Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran; diameter 15 cm dan tingginya 30 cm. Kebutuhan benda uji yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebanyak 100 buah benda uji, denga rincian sebagai berikut :

Tabel 4.7 Kebutuhan Benda Uji

Jenis benda uji	Variasi FAS	Umur waktu pengujian (hari)					Jumlah total	Jenis tes
		3	7	14	21	28		
Silinder	0,3	5	5	5	5	5	25	Kuat tekan
(15 x 15 x 30)	0,4	5	5	5	5	5	25	Kuat tekan
	0,5	5	5	5	5	5	25	Kuat tekan
	0,6	5	5	5	5	5	25	Kuat tekan

Kebutuhan Beton :

Volume 1 buah silinder $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 = 5301,4376\,\text{cm}^3$

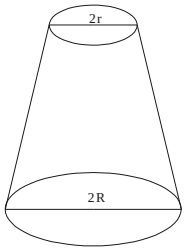
$= 0,0053014376\ \text{m}^3$

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Volume 100 buah benda uji = $0,0053014376 \times 100 = 0,530\ m^3$

Uji slump dilakukan sebanyak 40 kali maka :

Volume 1 buah alat slump = $\left(\frac{1}{3} \times \pi \times t\right) \times \left(r^2 + R^2 + rR\right)$



Dimana :

r = jari jari bidang atas = 10/2 cm = 5 cm

R = jari jari bidang alas = 20/2 cm = 10 cm

Volume 1 buah alat slump = $\left(\frac{1}{3} \times \pi \times 30\right) \times \left(5^2 + 10^2 + (5 \times 10)\right)$

= 5497,79 cm^3

= 0,00549779 m^3

Volume untuk 40 kali uji slump = $0,00549779 \times 40 = 0,220\ m^3$

Maka kebutuhan beton adalah = $2 \times (0,530\ m^3 + 0,220\ m^3) = 1,500\ m^3$

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

BAB 5
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penyajian data yang dihasilkan dari percobaan yang dilakukan serta pembahasan terhadap hal-hal yang dileliti dalam penelitian ini. Penyajian data berupa tabel – tabel dan gambar grafik.

Hasil pengujian yang didapat meliputi :

1). Hasil pengujian agregat
   - Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan agregat halus
   - Pengujian berat agregat halus
   - Pengujian kadar lumpur agregat halus
   - Pengujian kadar organik agregat halus
   - Pengujian Analisa Ayak agregat kasar dan agregat halus

2). Hasil pengujian sifat fisis beton segar
   - Pengujian slump
   - Pengujian waktu ikat

3). Hasil pengujian sifat mekanis beton keras
   - Pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

5.2 PENGUJIAN BAHAN BETON

Berdasarkan pengujian laboratorium terhadap material agregat kasar dan agregat halus diperoleh hasil dan disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis	Pengujian	Hasil
Agregat halus	Specivic gravity (SSD)	2,48 kg/liter
	Absorption	4,603 %
	Unit Weight	1,444 kg/liter
	Void in aggregate	42,855 %
	Fine Modulus (FM)	2,69
	Kadar Lumpur	2,10 %
	Kadar Organik	No. 3 (standar)

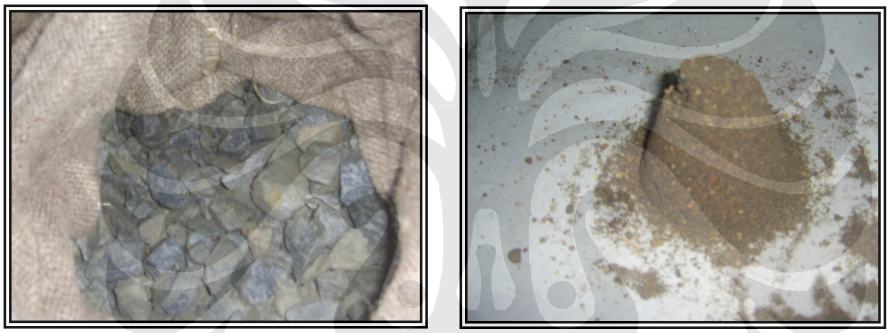
Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis	Pengujian	Hasil
Agregat kasar	Specivic gravity (SSD)	2,58 kg/liter
	Absorption	2,208 %
	MSA	20 mm

5.2.1 Kebutuhan Bahan

Pada saat akan mempersiapkan kebutuhan bahan, bahan yang akan digunakan harus dalam keadaan S*aturated Surface Dry* (SSD) baik agregat kasar maupun untuk agregat halus. Dibawah ini diperlihatkan keadaan agregat kasar maupun agregat halus dalam keadaan *Saturated Surface Dry* (SSD).



Gambar 5.1 Kondisi Agregat Kasar dan Halus Keadaan SSD

Komposisi bahan-bahan campuran yang digunakan dalam pembuatan benda uji setiap desain tipe beton adalah sebagai berikut :

Tabel 5.3 Kebutuhan Bahan Per m^3 Beton

Kode	Kebutuhan Bahan per m^3 (kg)			
	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)	Agregat halus (kg)	Air (kg)
A-0,65	323,96	886,54	800,94	210,58
B-0,55	377,41	901,64	751,78	207,58
C-0,45	454,61	904,49	695,70	204,58
D-0,35	575,93	884,33	627,01	201,58

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 5.4 Kebutuhan Bahan Per 35 Liter Beton

Kode	Kebutuhan Bahan per 0,035 m^3 (kg)			
	Semen (kg)	agregat kasar (kg)	agregat halus (kg)	Air (kg)
A-0,65	11,34	31,03	28,03	7,37
B-0,55	13,21	31,56	26,31	7,27
C-0,45	15,91	31,66	24,35	7,16
D-0,35	20,16	30,95	21,95	7,06

Karena disesuaikan dengan kapasitas mixer yang ada maka pengadukan campuran beton dilakukan per 35 liter. Dengan volume 35 liter tersebut diperoleh 5 buah benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta diperoleh 1 (satu) kali uji slump.

5.3 PENGUJIAN BETON SEGAR

5.3.1 Pengujian Slump Test

Besaran slump diperoleh secara langsung ketika proses pengadukan selesai dilaksanakan. Pengukuran dengan slump ini bertujuan untuk mengukur tingkat kelecakan campuran beton segar yang menggambarkan tingkat kemudahan pekerjaannya (*workability*). Semakin tinggi nilai slump berarti semakin tinggi tingkat kemudahan pengerjaannya, dan menunjukan semakin banyaknya jumlah air yang diperlukan, dimana hal ini menghasilkan kuat tekan beton yang semakin rendah.

Data ini diperoleh dari dua titik yang berbeda yaitu dari titik tertinggi dan titik terendah yang kemudian dirata-ratakan. Dalam 1 (satu) variasi faktor air semen diperoleh 5 (lima) data slump.

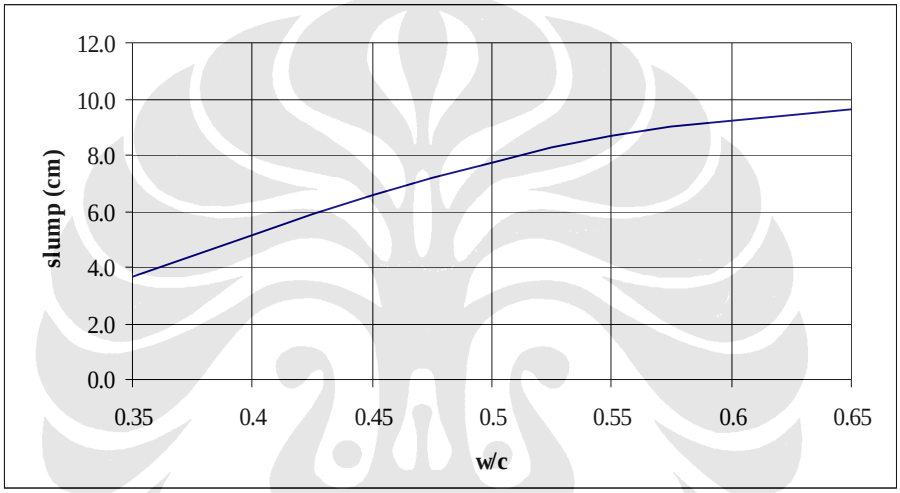
Gambar 5.2 Alat Slump Test dan Pengujian Slump

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

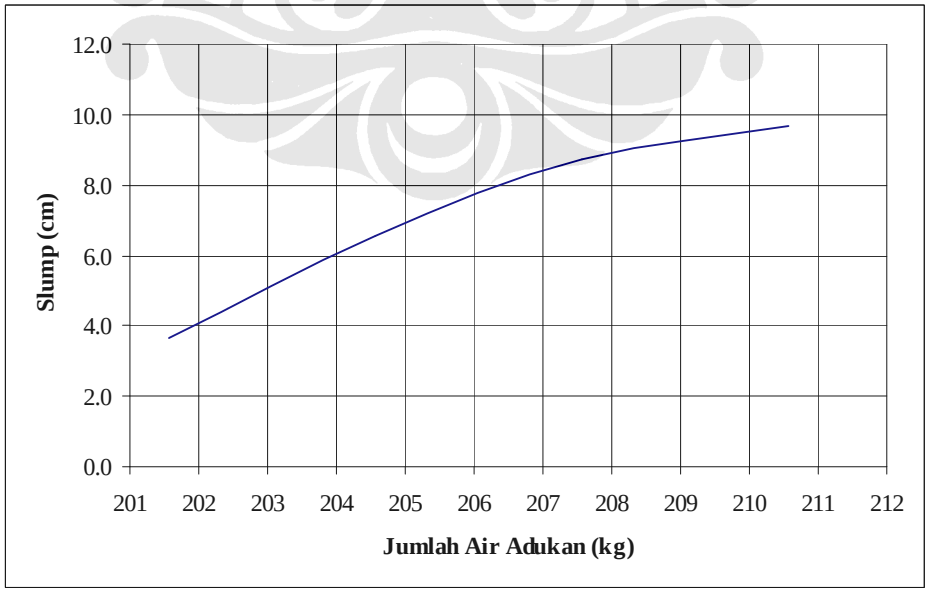
Tabel 5.5 Data Hasil Uji Slump Per m^3 Beton

Tipe	Slump (cm)	Jumlah Air Adukan (kg)
A-0,65	9,7	210,58
B-0,55	8,7	207,58
C-0,45	6,6	204,58
D-0,35	3,7	201,58

Dari data yang diperoleh dari hasil pengujian dibuat grafik yang hubungan antara faktor air semen (w/c) dengan slump dan grafik hubungan antara slump dengan jumlah air adukan yang digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Nilai Slump dengan w/c



Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Slump dengan Jumlah Air

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Dari grafik hubungan antara nilai slump dengan faktor air semen (w/c) terlihat bahwa semakin besar faktor air semen akan menghasilkan nilai slump yang besar dan sebaliknya jika faktor air semen kecil akan menghasilkan nilai slump yang kecil pula. Dan dari grafik hubungan antara slump dengan jumlah air adukan terlihat bahwa semakin besar niai slump akan menghasilkan jumlah air yang besar dan sebaliknya jika nilai slump kecil akan menghasilkan jumlah air yang kecil pula. Namun jika nilai faktor air semen rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, karena jika nilai faktor air semen (w/c) rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya yaitu dalam pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu dari beton menurun.

5.3.2 Pengujian Waktu Ikat

Waktu yang diperlukan semen untuk mengeras terhitung dari mulai bereaksi dengan air disebut dengan waktu ikat. Sesuai dengan standar yang digunakan dalam pengujian waktu ikat ini, maka untuk mendapatkan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dapat dilakukan dengan melihat nilai *Penetraration Resistance* terhadap t (waktu) dan menarik nilai t (waktu) bila *Penetraration Resistance* 500 Psi untuk waktu ikat awal dan bila *Penetraration Resistance* 4000 psi untuk waktu ikat akhir.

Gambar 5.5 Alat Setting Time dan Benda Uji

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Waktu Ikat untuk w/c=0,35

No	Luasan Jarum (inchi²)	Waktu Penetrasi			Hasil Pembacaan	Nilai Perlawanan Penetrasi		Ket
		Jam	Durasi (menit)	Komulatif (menit)		Psi	Komulatif (Psi)	
1	1"	13.00	35	35	30	30	30	
2		13.15	15	50	48	48	78	
3		13.30	15	65	56	54	132	
4		13.45	15	80	74	74	206	
5		14.00	15	95	92	92	298	
6	1/2"	14.05	5	100	60	120	418	
7		14.15	10	110	69	138	556	
8		14.30	15	125	74	148	704	
9		14.45	15	140	100	200	904	
10	1/4"	14.50	5	145	45	180	1084	
11		15.00	10	155	56	224	1308	
12		15.15	15	170	67	268	1576	
13		15.30	15	185	77	308	1884	
14	1/10"	15.45	15	200	100	400	2284	
15		15.50	5	205	50	500	2784	
16		16.00	10	215	65	650	3434	
17		16.15	15	230	91	910	4344	
18		16.30	15	245	100	1000	5344	
19	1/20"	16.35	5	250	60	1200	6544	
20		16.45	10	260	77	1540	8084	
21		17.00	15	275	89	1780	9864	
22		17.15	15	290	97	1940	11804	

$$L\log(PR) = a + bL\log(t)$$

dimana:

PR = perlawanan penetrasi

a dan b = konstanta regresi

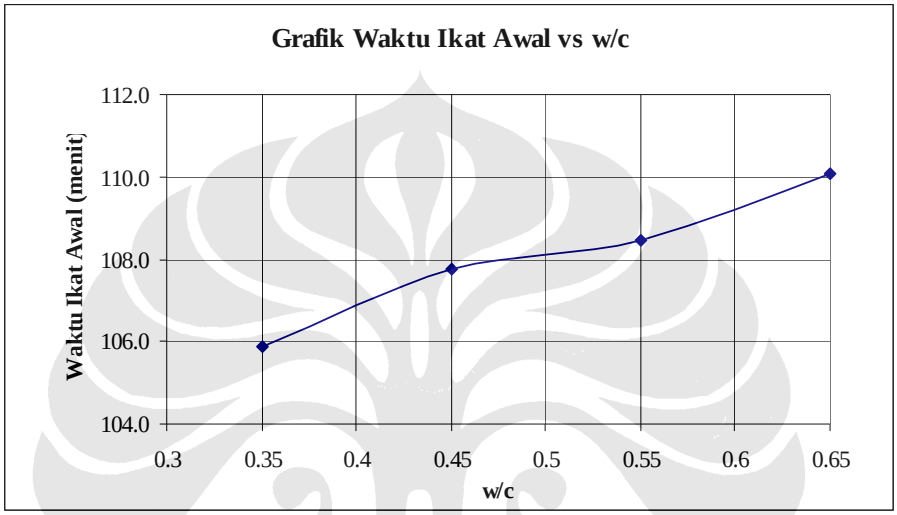
$$a = \frac{\left(\sum Y\right)\left(\sum X^2\right) - \left(\sum X\right)\left(\sum XY\right)}{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2},\ b = \frac{N\left(\sum XY\right) - \left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}$$

Dari data di atas dapat dilihat bahwa waktu ikat awal untuk beton dengan w/c = 0,35 berada 105,89 menit dan waktu ikat akhir adalah 230,10 menit. Data data selanjutnya bisa dilihat dalam tabel dibawah ini :

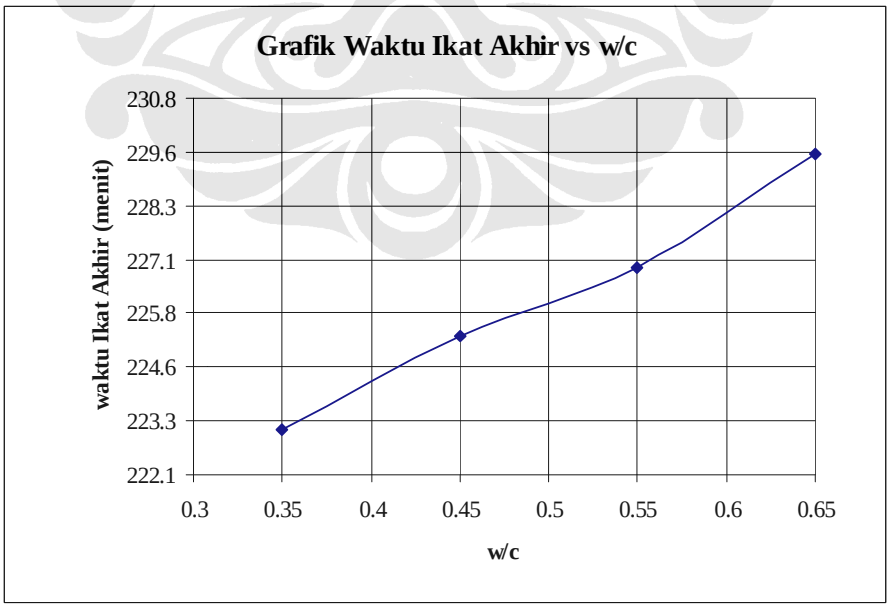
Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian Waktu Ikat

No	Kode	Setting Time (menit)	
		Initial	Final
1	A-0,35	105,89	230,10
2	B-0,45	107,76	225,30
3	C-0,55	108,48	226,88
4	D-0,65	110,07	229,55



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Waktu Ikat Awal dengan w/c



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Waktu Ikat Akhir dengan w/c

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Dari grafik hubungan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dengan faktor air semen (w/c) terlihat bahwa semakin besar nilai faktor air semen (w/c) akan menghasilkan waktu ikat yang lebih lama dikarenakan semen yang lebih kecil. Begitupun dengan sebaliknya jika nilai faktor air semen (w/c) kecil akan menghasilkan nilai waktu ikat yang lebih cepat karena jumlah semen banyak sehingga proses hidrasi dari semen akan lebih cepat.

5.4 PENGUJIAN BETON KERAS

5.4.2 Pengujian Kekuatan Tekan

Pengujian kekuatan tekan ini dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Banyaknya sampel pada setiap umur pengujian adalah 5 buah untuk setiap varisai faktor air semen.

Gambar 5.8 Pengujian Kekuatan Tekan

Tabel 5.8 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan

No.	Kode Campuran	Kuat Tekan Rata – rata (kg/cm^2)				
		3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	A-0,65	130,719	192,966	230,951	242,764	264,833
2	B-0,55	177,970	234,841	269,738	285,417	305,577
3	C-0,45	262,570	312,367	355,092	374,190	392,157
4	D-0,35	351,130	417,056	439,125	451,575	471,663

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

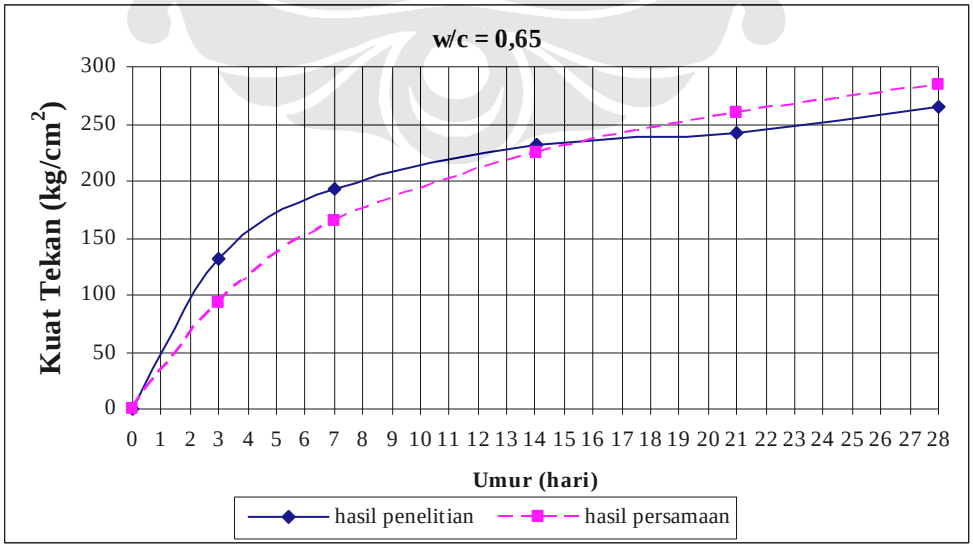
Tabel 5.9 Data Persentase Hasil Pengujian Kekuatan Terhadap umur 28 hari

No	Kode Campuran	% Kuat Tekan Rata-rata Terhadap Umur 28 hari				
		3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	A-0,65	49 %	73 %	87 %	92 %	100 %
2	B-0,55	58 %	77 %	88 %	93 %	100 %
3	C-0,45	67 %	80 %	91 %	95 %	100 %
4	D-0,35	74 %	88 %	93 %	96 %	100 %

Dari data yang dihasilkan dari pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini kemudian disajikan dalam bentuk grafik – grafik. Grafik- grafik yang disajikan diantaranya :

a) Grafik Hubungan antara kuat tekan dengan umur dari masing-masing faktor air semen (w/c)
b) Grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (w/c) dari masing-masing umur
c) Grafik hubungan antara % kuat tekan dengan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari terhadap umur 28 hari
d) Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c

a) Grafik Hubungan antara kuat tekan dengan umur dari masing-masing faktor air semen (w/c)



Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur dari w/c 0,65

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel. 5.10 Mencari persamaan dengan w/c = 0,65

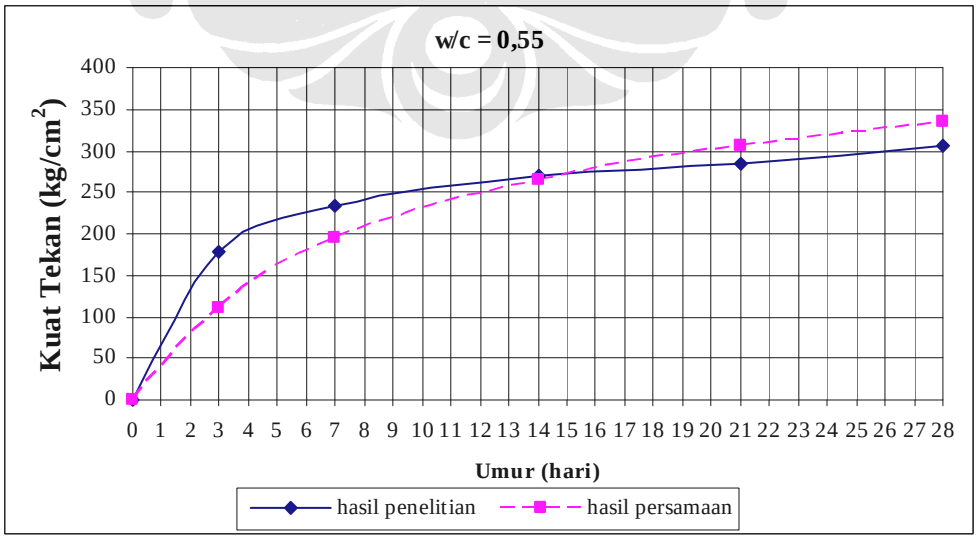
No	Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	u	uy	u^2
	x	y	ln x		
1	0	0	0	0	0
2	3	130.719	1.0986	143.609	1.207
3	7	192.966	1.9459	375.495	3.787
4	14	230.951	2.6391	609.493	6.965
5	21	242.764	3.0445	739.100	9.269
6	28	264.833	3.3322	882.478	11.104
			∑	2750.175	32.331

$$a = \frac{\sum uy}{\sum u^2} = \frac{2750,175}{32,331} = 85,064$$

$y = a \ln x$ maka persamaannya adalah : $y = 85,064 \ln x$

Tabel 5.11 Penyimpangan Kuat Tekan Hasil Penelitian dengan Hasil Persamaan dengan w/c = 0,65

Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)		Penyimpangan (%)
	Hasil Penelitian	Hasil Persamaan	
0	0	0	0
3	130.719	93.452	-39.88
7	192.966	165.527	-16.58
14	230.951	224.489	-2.88
21	242.764	258.979	6.26
28	264.833	283.451	6.57



Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur dari w/c 0,55

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

Tabel. 5.12 Mencari persamaan dengan w/c = 0,55

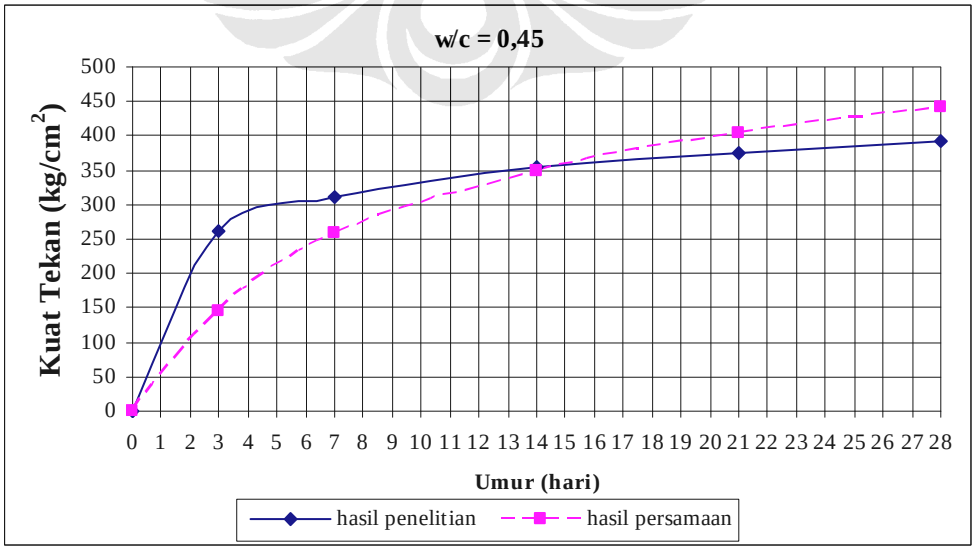
No	Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	u	uy	u^2
	x	y	ln x		
1	0	0	0	0	0
2	3	177.970	1.099	195.520	1.207
3	7	234.841	1.946	456.980	3.787
4	14	269.738	2.639	711.853	6.965
5	21	285.417	3.045	868.959	9.269
6	28	305.577	3.332	1018.244	11.104
			∑	3251.557	32.331

$$a = \frac{\sum uy}{\sum u^2} = \frac{3251,557}{32,331} = 100,571$$

$y = a \ln x$ maka persamaannya adalah : $y = 100,571 \ln x$

Tabel 5.13 Penyimpangan Kuat Tekan Hasil Penelitian dengan Hasil Persamaan dengan w/c = 0,55

Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)		Penyimpangan (%)
	Hasil Penelitian	Hasil Persamaan	
0	0	0	0
3	177.970	110.489	-61.08
7	234.841	195.702	-20.00
14	269.738	265.413	-1.63
21	285.417	306.191	6.78
28	305.577	335.123	8.82



Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur dari w/c 0,45

Tabel. 5.14 Mencari persamaan dengan w/c = 0,45

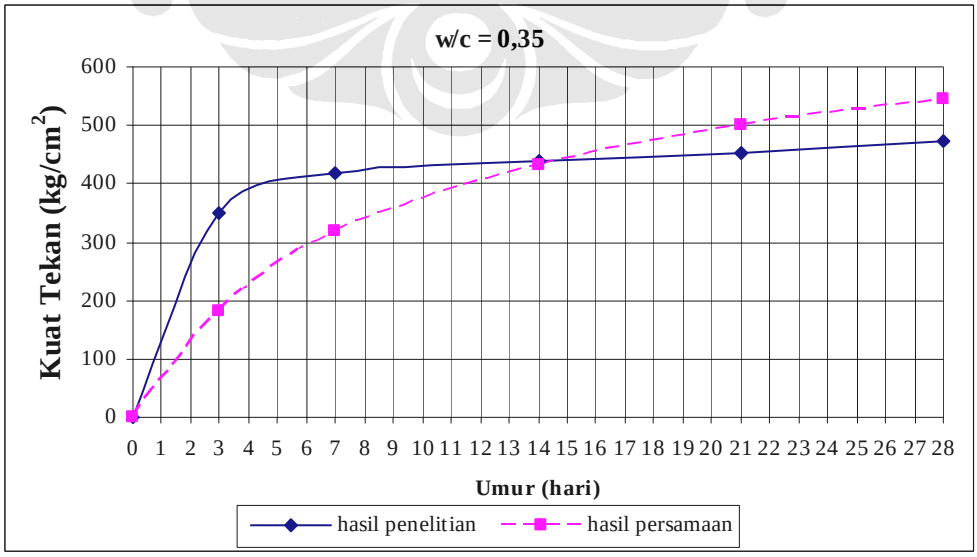
No	Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	u	uy	u^2
	x	y	ln x		
1	0	0	0	0	0
2	3	262.570	1.099	288.462	1.207
3	7	312.367	1.946	607.839	3.787
4	14	355.092	2.639	937.107	6.965
5	21	374.190	3.045	1139.230	9.269
6	28	392.157	3.332	1306.747	11.104
			∑	4279.385	32.331

$$a = \frac{\sum uy}{\sum u^2} = \frac{4279,385}{32,331} = 132,362$$

$y = a \ln x$ maka persamaannya adalah : $y = 132,362 \ln x$

Tabel 5.15 Penyimpangan Kuat Tekan Hasil Penelitian dengan Hasil Persamaan dengan w/c = 0,45

Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)		Penyimpangan (%)
	Hasil Penelitian	Hasil Persamaan	
0	0	0	0
3	262.570	145.415	-80.57
7	312.367	257.565	-21.28
14	355.092	349.311	-1.65
21	374.190	402.979	7.14
28	392.157	441.057	11.09



Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur dari w/c 0,35

Tabel. 5.16 Mencari persamaan dengan w/c = 0,35

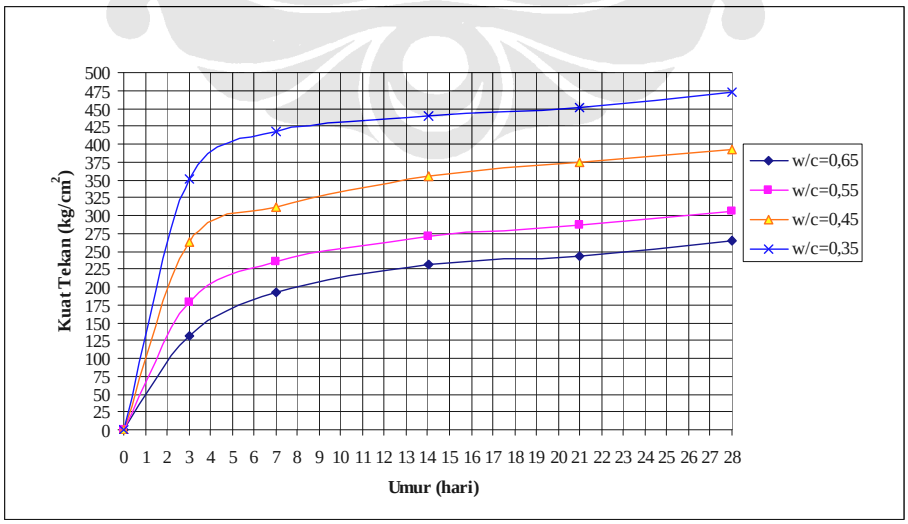
No	Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)	u	uy	u^2
	x	y	ln x		
1	0	0	0	0	0
2	3	351.130	1.099	385.756	1.207
3	7	417.056	1.946	811.553	3.787
4	14	439.125	2.639	1158.876	6.965
5	21	451.575	3.045	1374.829	9.269
6	28	471.663	3.332	1571.679	11.104
			∑	5302.693	32.331

$$a = \frac{\sum uy}{\sum u^2} = \frac{4279,385}{32,331} = 132,362$$

$y = a \ln x$ maka persamaannya adalah : $y = 132,362 \ln x$

Tabel 5.17 Penyimpangan Kuat Tekan Hasil Penelitian dengan Hasil Persamaan dengan w/c = 0,35

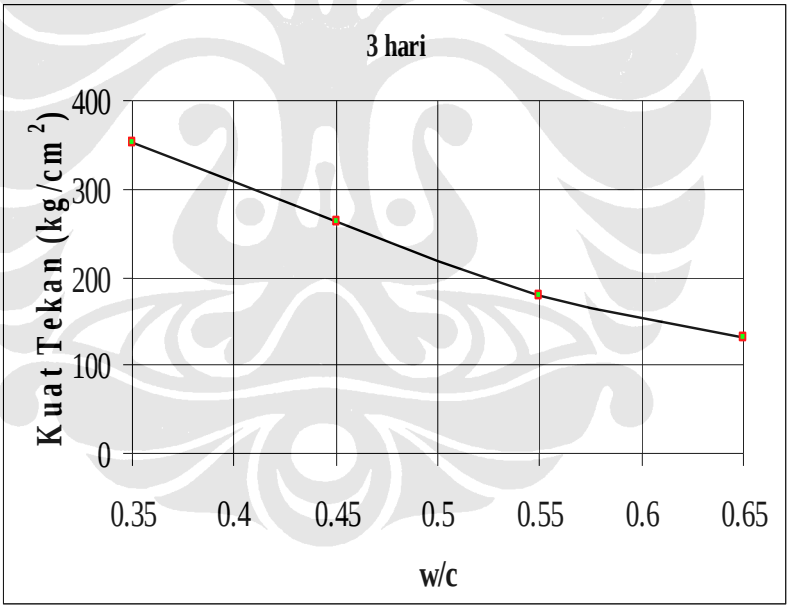
Umur (hari)	Kuat Tekan (kg/cm^2)		Penyimpangan (%)
	Hasil Penelitian	Hasil Persamaan	
0	0	0	0
3	351.130	180.187	-94.87
7	417.056	319.155	-30.68
14	439.125	432.840	-1.45
21	451.575	499.341	9.57
28	471.663	546.525	13.70



Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur dari Masing-masing w/c

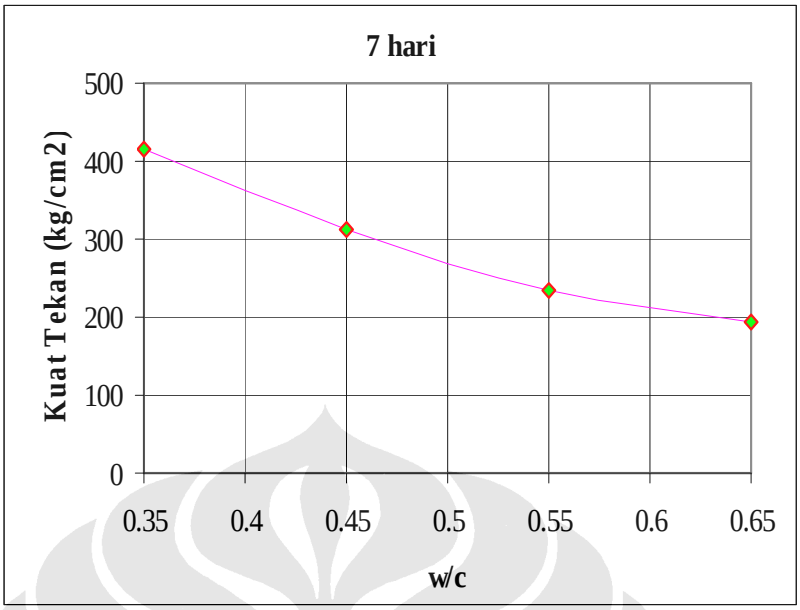
Dari grafik hubungan antara kuat tekan dengan umur diatas terlihat pada umur 28 hari dengan faktor air semen (w/c) 0,35 kuat tekannya sebesar 471,663 kg/cm^2, faktor air semen (w/c) 0,45 kuat tekannya sebesar 392,157 kg/cm^2 , faktor air semen (w/c) 0,55 kuat tekannya sebesar 305,577 kg/cm^2 dan faktor air semen (w/c) 0,65 kuat tekannya sebesar 264,833 kg/cm^2. Oleh karena itu kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton dan biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari.

b) Grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (w/c) dari masing-masing umur

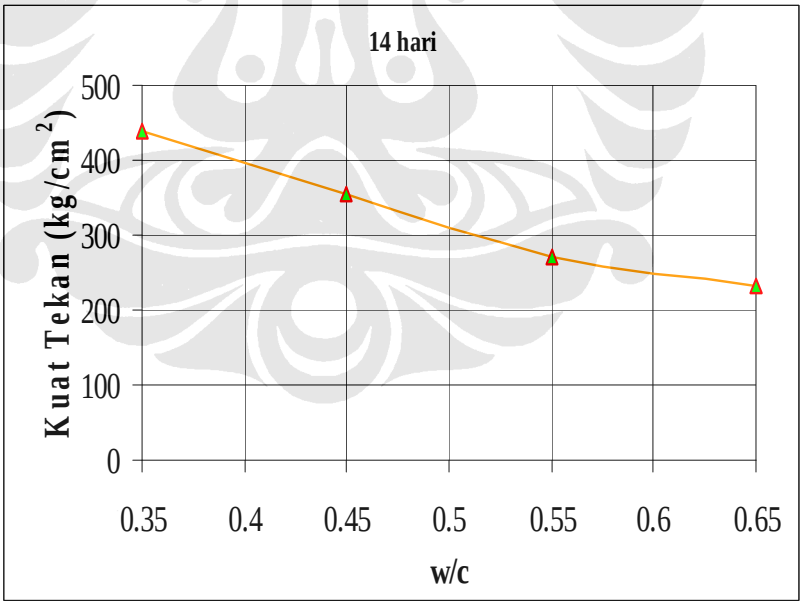


Gambar 5.14 Grafik antara Kuat Tekan dengan w/c pada Umur 3 hari

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

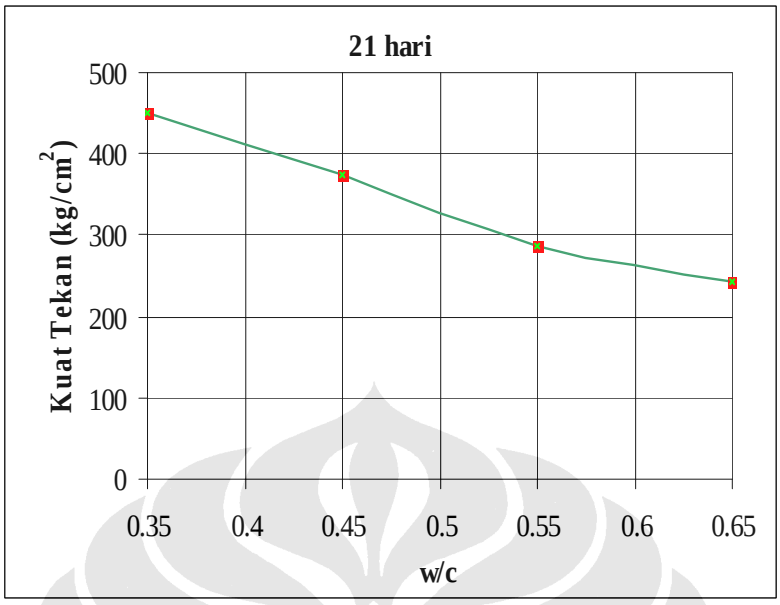


Gambar 5.15 Grafik antara Kuat Tekan dengan w/c pada Umur 7 hari

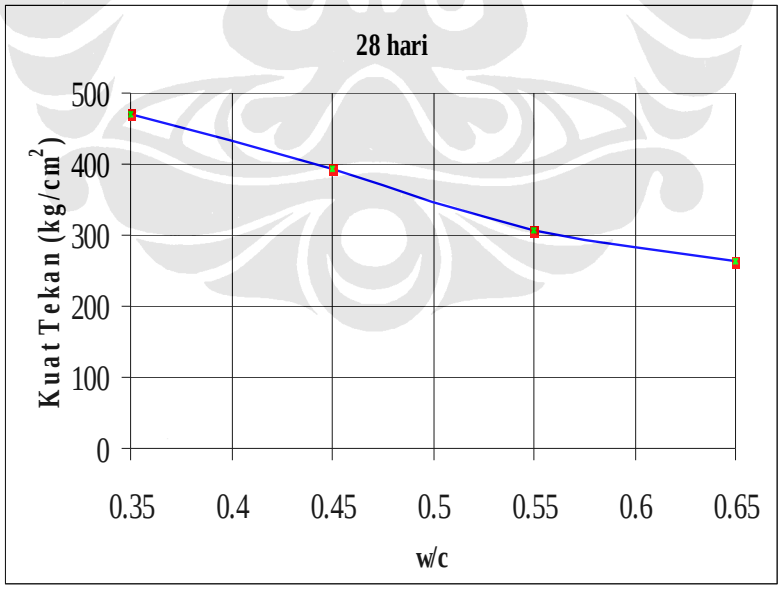


Gambar 5.16 Grafik antara Kuat Tekan dengan w/c pada Umur 14 hari

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

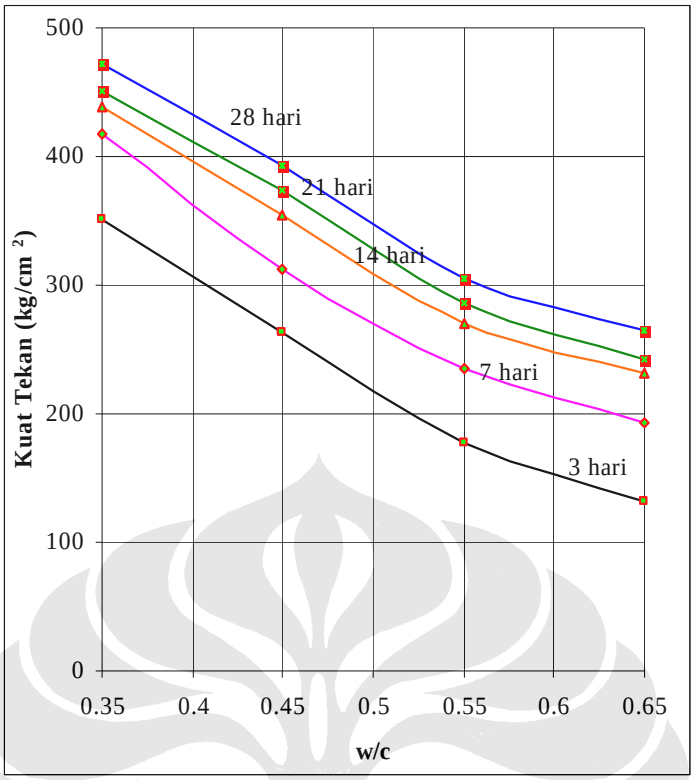


Gambar 5.17 Grafik antara Kuat Tekan dengan w/c pada Umur 21 hari



Gambar 5.18 Grafik antara Kuat Tekan dengan w/c pada Umur 28 hari

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

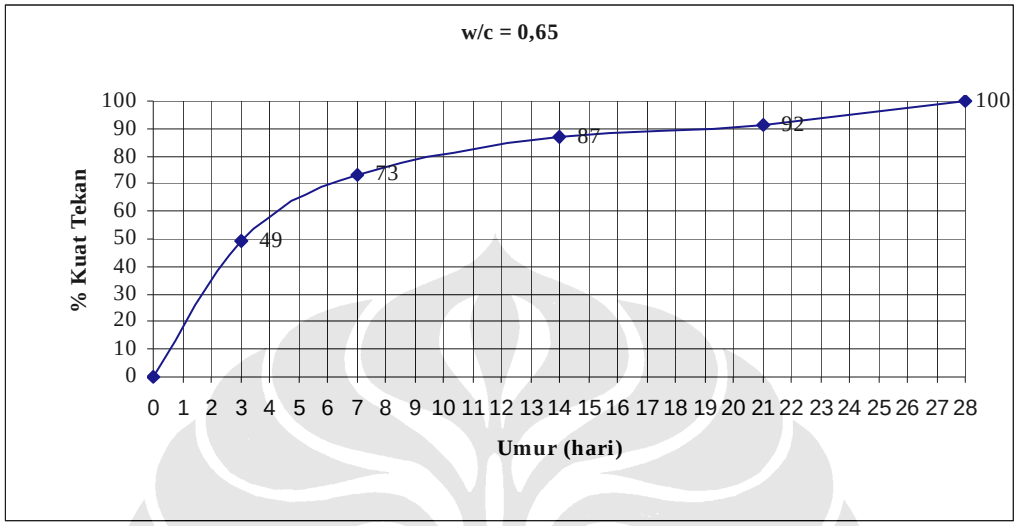


Gambar 5.19 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dengan w/c pada Masing-masing Umur

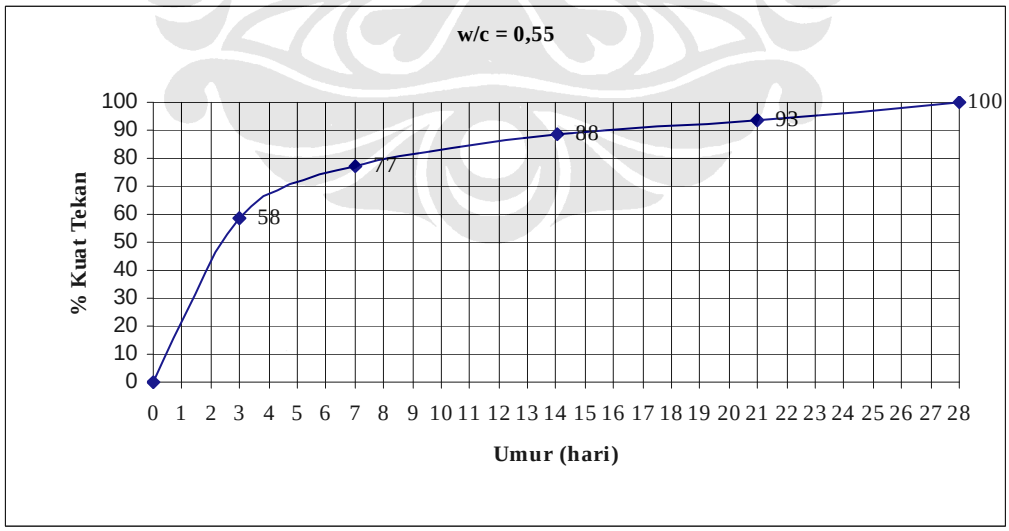
Dari grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (w/c) diatas pada umur 28 hari terlihat dari faktor air semen (w/c) 0,35 kuat tekannya sebesar 471,663 kg/cm^2, faktor air semen (w/c) 0,45 kuat tekannya sebesar 392,157 kg/cm^2 , faktor air semen (w/c) 0,55 kuat tekannya sebesar 305,577 kg/cm^2 dan faktor air semen (w/c) 0,65 kuat tekannya sebesar 264,833 kg/cm^2. Oleh karena itu maka secara umum faktor air semen (w/c) yang kecil akan menghasilkan kuat tekan yang besar dan sebaliknya jika faktor air semen besar akan menghasilkan kuat tekan yang kecil. Namun jika nilai faktor air semen kecil tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, karena jika nilai faktor air semen (w/c) kecil akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya yaitu dalam pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu dari beton menurun.

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

c) Grafik hubungan antara % kuat tekan dengan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari terhadap umur 28 hari

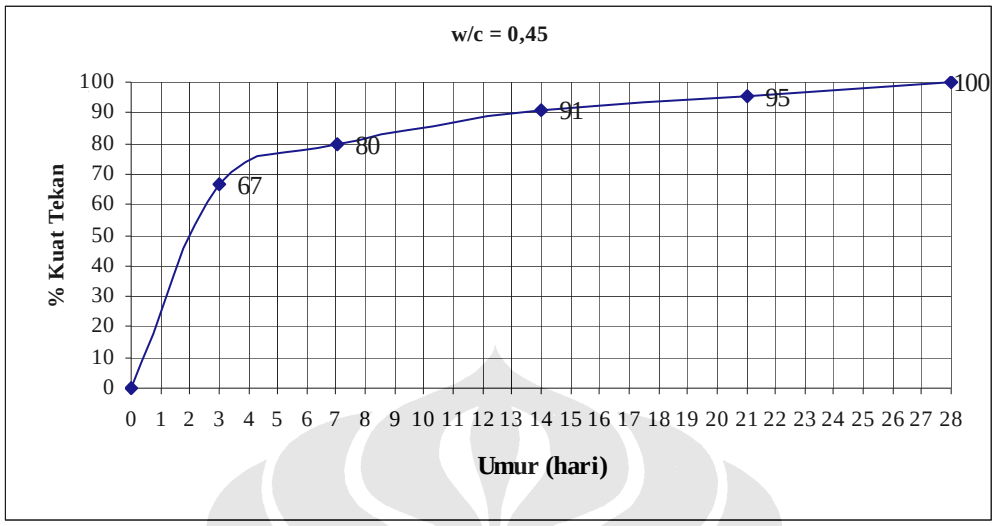


Gambar 5.20 Grafik Hubungan antara % Kuat Tekan dengan Umur pada w/ c = 0,65

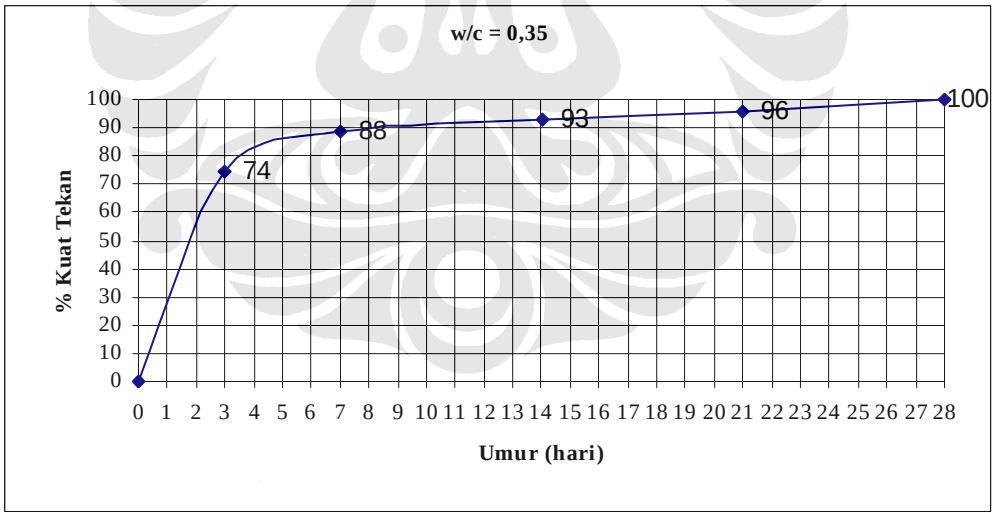


Gambar 5.21 Grafik Hubungan antara % Kuat Tekan dengan Umur pada w/ c = 0,55

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

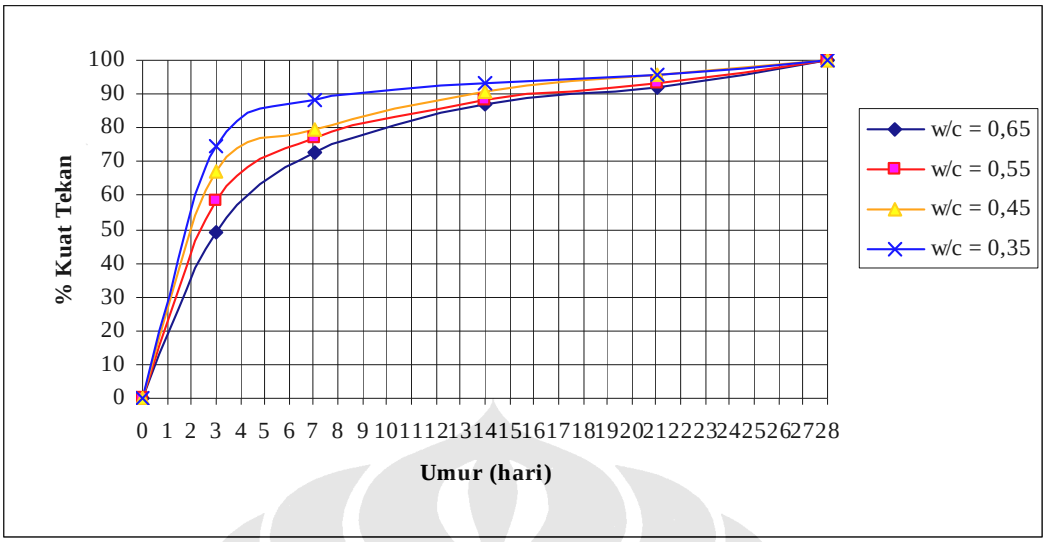


Gambar 5.22 Grafik Hubungan antara % Kuat Tekan dengan Umur pada w/ c = 0,45



Gambar 5.23 Grafik Hubungan antara % Kuat Tekan dengan Umur pada w/ c = 0,35

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008



Gambar 5.24 Grafik Hubungan antara % Kuat Tekan dengan Umur 3 Hari, 7 Hari, 14 Hari, 21 Hari terhadap Umur 28 Hari

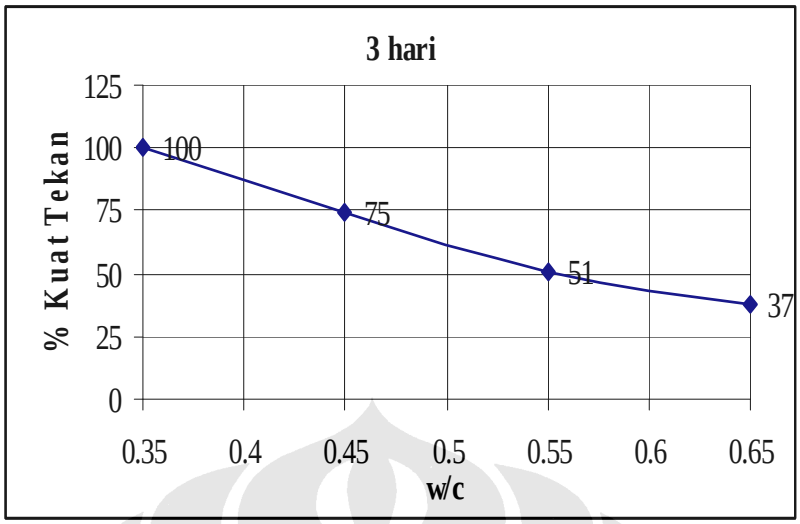
Dari grafik hubungan antara % kuat tekan dengan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari terhadap umur 28 hari dari faktor air semen (w/c) = 0,65 adalah sebagai berikut : umur 3 hari persentase kuat tekannya adalah sebesar 49 %, umur 7 hari persentase kuat tekannya adalah sebesar 73 %, umur 14 hari persentase kuat tekannya adalah sebesar 87 %, dan umur 21 hari persentase kuat tekannya adalah sebesar 92 % dan pada 28 hari adalah 100 %.

d) Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c

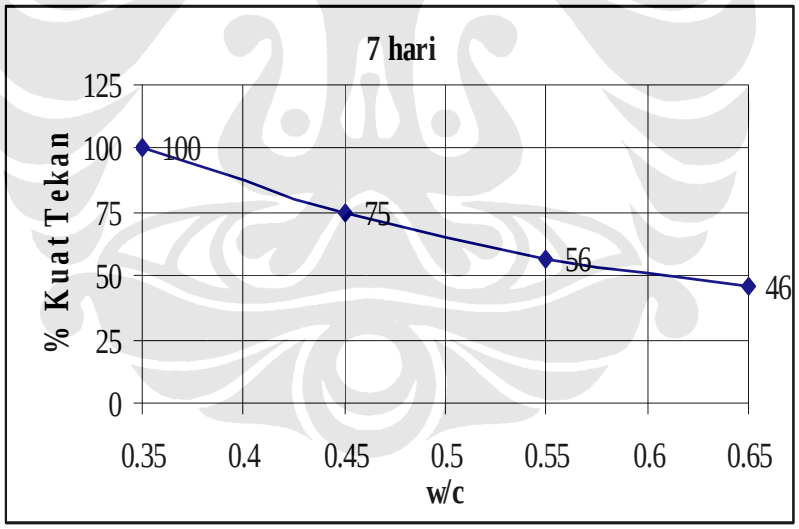
Tabel 5.18 Perbandingan % kuat Tekan terhadap Masing –masing w/c

Umur	% Kuat Tekan Rata-rata Terhadap Masing-masing w/c			
	w/c =0,35	w/c =0,45	w/c=0,55	w/c=0,65
3 hari	100	75	51	37
7 hari	100	75	56	46
14 hari	100	81	61	53
21 hari	100	83	63	54
28 hari	100	83	65	56

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

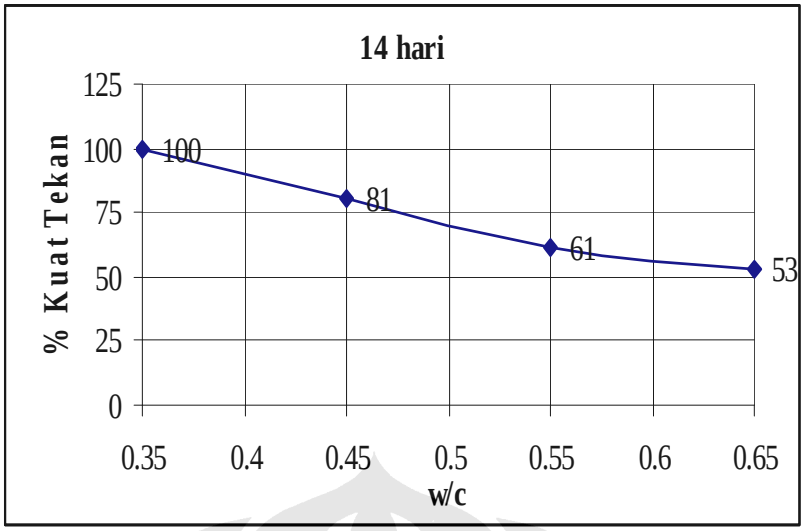


Gambar 5. 25 Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 3 hari

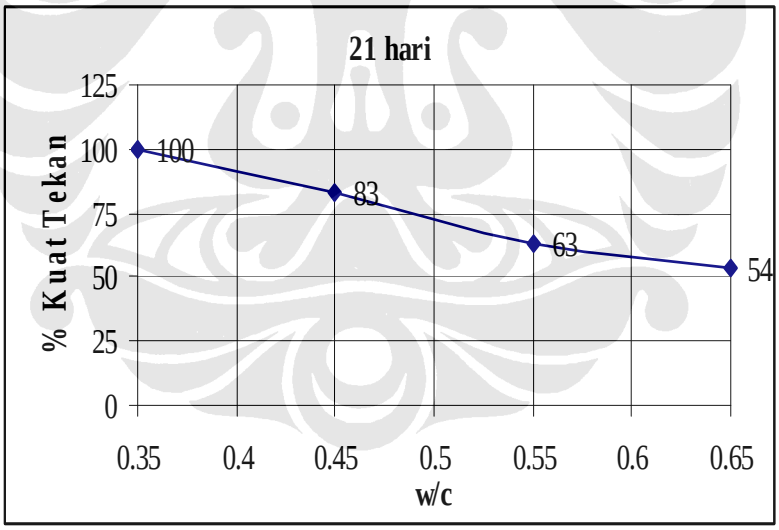


Gambar 5. 26 Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 7 hari

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008

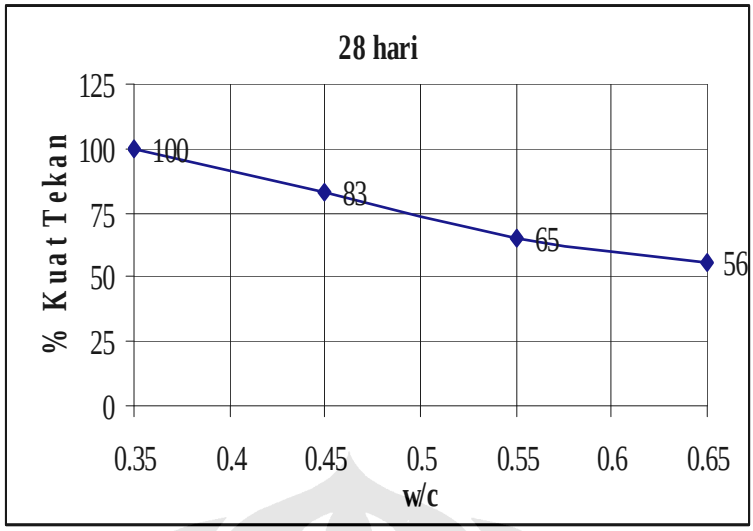


Gambar 5. 27 Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 14 hari



Gambar 5. 28 Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 21 hari

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008



Gambar 5. 29 Grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 28 hari

Dari grafik hubungan antara % kuat tekan terhadap masing-masing w/c pada umur 3 hari adalah sebagai berikut : faktor air semen 0,35 persentase kuat tekannya adalah sebesar 100 %, faktor air semen 0,45 persentase kuat tekannya adalah sebesar 75 %, faktor air semen 0,55 persentase kuat tekannya adalah sebesar 51 %, dan faktor air semen 0,65 persentase kuat tekannya adalah sebesar 37 %.

Mencari hubungan antara..., Santi Handayani, FT UI, 2008