

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pengujian Bahan Dasar Beton

Secara garis besar langkah pengujian diawali dengan penyiapan bahan dimana pasir dan krikilnya berasal dari Kulon Progo. Setelah diperiksa secara visual selanjutnya diadakan pengujian berdasarkan standard ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM, PBI'71 dan PBI'89.

5.1.1. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus sesuai dengan ASTM dan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI 71. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Kulon Progo. Standard pengujian terhadap agregat halus adalah sebagai berikut :

5.1.1.a. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Air pembilas bersih pada pencucian ke - 6 :

Berat mula-mula (a) = 100 gram

Berat setelah dicuci = 96,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{100 - 96,5}{96,5} \times 100\% = 3,5\% \end{aligned}$$

Ketentuan kandungan lumpur dalam pasir untuk beton adalah kurang dari 5 % berarti pasir ini kandungan lumpurnya masih memenuhi syarat, karena kadar lumpurnya 3.5 % < 5 %

5.1.1.b. Hasil Pengujian Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus

➤ Pengamatan Kondisi SSD

Tinggi pasir setelah conical mould diangkat (a) = 5 cm

Tinggi Conical mould (b) = 7.5 cm

Penurunan pasir yang harus terjadi (H) = 0.5 = 0.5 · 7.5 = 3.75 cm

Penurunan pasir yang terjadi : $b - a < H$

$$7.5 - 5.0 < 3.75 \quad (\text{Ok})$$

Berat pasir SSD = 500 gr

Pasir dari volumetrik flash yang sudah dioven (a) = 495.2 gr

Berat volumetrik flash + air (b) = 720 gr

Volumetrik flash + pasir + air setelah 24 jam (c) = 1030 gr

$$\text{Bulk Specific Gr.} = \frac{a}{\frac{b - (c - 500)}{500}} = \frac{495.2}{\frac{720 - (1030 - 500)}{500}} = 2.6063 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Specific Gr SSD} = \frac{b - (c - 500)}{a} = \frac{720 - (1030 - 500)}{495.2} = 2.6316 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Apparent Specific Gr} = \frac{b - (c - 500)}{500 - a} = \frac{720 - (1030 - 500)}{500 - 495.2} = 2.674 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorpsi/penyerapan} = \frac{a}{a} \times 100 \% = \frac{500 - 495.2}{495.2} \times 100 \% = 0.9693 \%$$

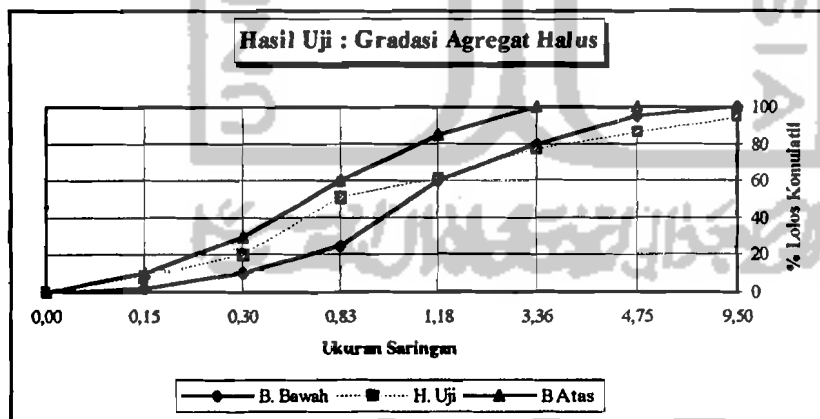
5.1.1.c. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

No Saringan	Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Kumulatif	
		(gram)	(%)	(%)	(%)
3/8.	9,50.	167	5,57	5,57	94,43
4	4,75	249,2	8,31	13,88	86,12
8	2,36	268	8,93	22,81	77,19
16	1,18	473,1	15,77	38,58	61,42
30	0,85	304,1	10,14	48,72	51,28
50	0,3	933,3	31,11	79,83	20,17
100	0,15	363	12,1	91,93	8,07
Pan	0,00.	242,3	8,08	100,00.	0,00.
Jumlah		3000	100	301,31	

$$\text{Modulus Halus Agregat Halus} = \frac{301,31}{100} = 3,0131$$

Kemudian hasil pengujian gradasi agregat halus di atas diplotkan ke dalam batas-batas gradasi agregat halus menurut ASTM C-33.



Gambar 5.1. : Hasil Uji Gradasi Agregat Halus

5.1.1.d. Berat Satuan Volume

Berat silinder = 10,34 kg

Berat silinder + pasir = 18,635 kg

Volume silinder baja = 5301,4376 kg

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan volume} &= \frac{18,635 - 10,34}{5301,4376} = 1,56467 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ &= 1.56467 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan dan pengujian agregat halus yang telah dilaksanakan seperti yang telah diuraikan di atas dapat dilihat pada Tabel 5.2. di bawah ini :

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Parameter	Hasil Analisa
Kadar lumpur agregat halus	3,50%
Bulk specific gravity	2,6063
Bulk specific gravity SSD	2,632
Apparent specific gravity	2,674
Absorpsi	0,97%
Modulus halus agregat halus	3,013
Berat satuan volume	1,565

5.1.2. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Kasar

Pemeriksaan terhadap agregat kasar berdasar ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI'71. Agregat kasar adalah kerikil yang berasal dari Boyolali, pengujian terhadap agregat kasar antara lain adalah :

5.1.2.a. Hasil Pengujian Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Kasar

Berat agregat kasar setelah dioven 24 jam pada suhu 110⁰C (a) = 3000 gr

Berat agregat kasar SSD (b) = 3096.4 gr

Berat agregat kasar dalam air + kontainer (d) = 2141.85 gr

$$\text{Berat kontainer dalam air (e)} = 348.75$$

$$\text{Berat kerikil dalam air (c) = (d - e)} = 1793.10 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{a}{b - c} = \frac{3000}{3096,4 - 1793,10} = 2,3019 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{b}{b - c} = \frac{3096,4}{3096,4 - 1793,1} = 2,3758 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Aparent Specific Gravity Agregat Ksr} = \frac{a}{a - c} = \frac{3000}{3000 - 1793,1} = 2,4857 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorpsi/penyerapan} = \frac{b - a}{a} \times 100 \% = \frac{3096,4 - 3000}{3000} \times 100 \% = 3,213 \%$$

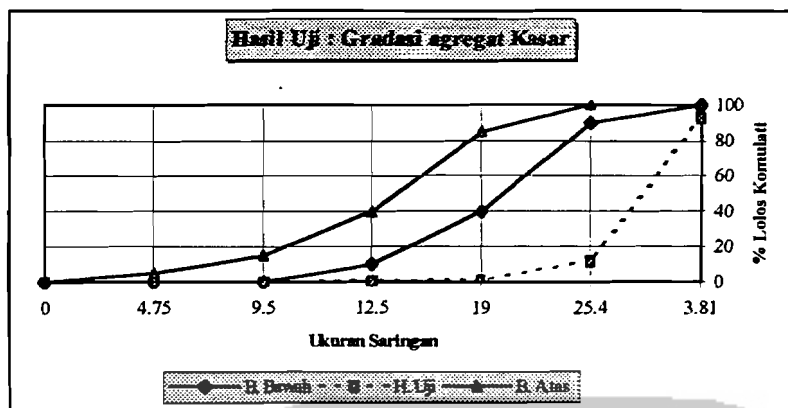
5.1.2. b. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

No Saringan	Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Komulatif	
		(gram)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
1.5	38,1	215,8	7,19	7,19	92,81
1	25,4	2428,5	80,95	88,14	11,86
3/4.	19	327	10,9	99,04	0,96
1,5	12,5	16	0,53	99,57	0,43
Pan *	0,00.	12,7	0,42	100	0,00.
Jumlah		3000	100	293,94	

$$\text{Modulus Halus Agregat Kasar} = \frac{293,94}{100} = 2,9394$$

Kemudian hasil pengujian gradasi agregat kasar di atas diplotkan ke dalam batas-batas gradasi agregat kasar menurut ASTM C-33.



Gambar 5.2. : Hasil Uji Gradasi Kasar

5.1.2.c. Hasil Pengujian Abrasi Agregat Kasar

Berat kerikil mula-mula (a) = 10000 gr

Berat kerikil setelah dimasukkan mesin los angeles (b) = 5600 gr

$$\text{Pengausan yang terjadi} = \frac{a - b}{a} \times 100\% = \frac{10000 - 5600}{10000} \times 100\% = 44\%$$

Bagian yang hilang karena gesekan tidak lebih dari 50 %, sehingga agregat kasar memenuhi syarat.

5.1.2.d. Berat Satuan Volume Agregat Kasar

Berat silinder baja = 10,34 kg

Berat silinder + kerikil = 17,31 kg

Volume Silinder baja = 5301,4376 cm³

$$\begin{aligned} \text{Berat Satuan Volume Agregat Kasar} &= \frac{17,31 - 10,34}{5301,4376} = 1,31474 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ &= 1,31474 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan dan pengujian agregat kasar yang telah dilaksanakan seperti yang telah diuraikan di atas dapat dilihat pada Tabel 5.4. di bawah ini :

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Parameter	Hasil Analisa
Bulk specific gravity	2,6063
Bulk specific gravity SSD	2,632
Apparent specific gravity	2,674
Absorpsi	0,97%
Modulus halus agregat halus	3,013
Berat satuan volume	1,565

5.2. Perhitungan dan Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini ada dua pengujian, tetapi dijadikan satu karena ada kesatuan antara hubungan kuat desak dan modulus elastisitas. Perhitungan dan hasil pengujiannya sebagai berikut :

5.2.1. Perhitungan dan Hasil Pengujian Kuat Desak dan M.Elastisitas Beton

Sampel pengujian kuat desak berupa silinder beton ukuran diameter (ϕ)=15cm dan tinggi (h) = 30 cm, pengujian kuat desak dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

$$\text{Rumus Kuat Desak Beton } f'_c = \frac{P}{A}$$

$$\text{Rumus Modulus Elastisitas } E_c = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p}$$

dimana, f'_c = Tegangan desak (MPa)

P = Kuat hancur beton (kg)

A = Luas silinder beton (cm^2)

E_c = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ_p = Tegangan proporsional (Mpa), didapat dari grafik.

ε_p = Regangan proporsional (Mpa), didapat dari grafik.

Perhitungan hasil kuat desak rata-rata yang diisyaratkan ($f'c$) diperoleh dari hasil uji desak beton, dimana dari perhitungan tersebut dapat diketahui mutu beton dari benda uji tersebut. Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan sebagai berikut :

$$f'c = f'c_r - k \cdot s_d$$

dimana : $k = 1,64$ diperoleh dari tata cara penggunaan campuran dalam ACI

$f'c$ = kuat desak yang diisyaratkan (Mpa)

$f'c_r$ = kuat desak rata-rata (Mpa)

s_d = deviasi standar (Mpa)

Untuk mencari deviasi standar digunakan rumus sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f'c_r)^2}{n - 1}}$$

dimana : s = standar deviasi (Mpa)

f_c = tegangan desak masing-masing benda uji (Mpa)

$f'c_r$ = kuat desak rata-rata (Mpa)

n = jumlah benda uji

Perhitungan kuat desak beton pada umur 28 hari, seperti contoh berikut ini :

(kode $V_{II.8.4}$).

Diketahui beban maksimum $P = 440 \text{ kN} = 440 \times 101,9376 \text{ Kg} = 44852.54 \text{ Kg}$

$$\text{Luas silinder beton} = 0.25\pi \cdot 30 \cdot 15^2 = 179.0786 \text{ cm}^2$$

$$44852.54$$

$$f_{c_4} = \frac{250.4592 \text{ Kg/cm}^2}{179.0786} = 24.57 \text{ MPa}$$

$$\sum f_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 129.75 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat desak rata-rata dari data laboratorium} = f_{c_r} = \frac{\sum f_c}{n} = \frac{129.75}{6} = 21.63 \text{ MPa}$$

$$\text{maka, } (f_c - f_{c_r}) = (24.57 - 21.63) = 2.945 \text{ MPa}$$

$$(f_c - f_{c_r})^2 = 2.945^2 = 8.673 \text{ MPa}$$

$$\sum (f_c - f_{c_r})^2 = (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6})^2 = 69.55 \text{ MPa}$$

Sehingga deviasi standar untuk semua benda uji ($V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}$) adalah :

$$s = \sqrt{\frac{69.55}{6-1}} = 3.73 \text{ MPa}$$

Jadi kuat desak yang disyaratkan adalah :

$$f_c = 21.63 - 1.64 \cdot 3.73$$

$$f_c = 15.508 \text{ Mpa}$$

Hasil perhitungan penelitian ini disusun dalam tabel dan dapat dilihat pada tabel 5.5 dan 5.6 dibawah ini,

Tabel 5.5. Hasil Perhitungan Kuat Desak yang Diisyaratkan Pada Beton Normal

Jenis Beton	No. Sample	Nama Kode	f_c MPa	f_{c_r}	$(f_c - f_{c_r})$ MPa	$(f_c - f_{c_r})^2$ MPa	f_c MPa
V _I	1	V _{I.1}	23,2	21,625	1,575	2,481	15,508
	2	V _{I.2}	24,012		2,385	5,688	
	3	V _{I.3}	16,411		-5,215	27,196	
	4	V _{I.4}	24,57		2,945	8,673	
	5	V _{I.5}	17,31		-4,315	18,62	
	6	V _{I.6}	24,57		2,945	8,673	

Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Kuat Desak yang Diisyaratkan Pada Beton Dengan Bahan Tambah

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	f_c MPa	f_{cr}	$(f_c - f_{cr})$ MPa	$(f_c - f_{cr})^2$ MPa	f_c MPa
V _{II}	a	1	V _{II.a-1}	23,2	21,625	1,575	2,481	15,508
	a	2	V _{II.a-2}	24,012		2,385	5,688	
	a	3	V _{II.a-3}	16,411		-5,215	27,196	
	a	4	V _{II.a-4}	24,57		2,945	8,673	
	a	5	V _{II.a-5}	17,31		-4,315	18,62	
	a	6	V _{II.a-6}	24,57		2,625	6,891	
V _{II}	b	1	V _{II.b-1}	23,146	20,875	2,271	5,157	13,25
	b	2	V _{II.b-2}	26,45		5,577	31,103	
	b	3	V _{II.b-3}	21,217		0,342	0,117	
	b	4	V _{II.b-4}	12,648		-8,225	67,65	
	b	5	V _{II.b-5}	19,45		-1,425	2,031	
	b	6	V _{II.b-6}	22,337		1,465	2,146	
V _{II}	c	1	V _{II.c-1}	26,53	21,293	5,237	27,43	14,51
	c	2	V _{II.c-2}	25,52		4,227	18,29	
	c	3	V _{II.c-3}	18,623		-2,673	7,145	
	c	4	V _{II.c-4}	16,195		-5,093	25,94	
	c	5	V _{II.c-5}	18,832		-2,463	6,066	
	c	6	V _{II.c-6}	22,058		0,767	0,588	
V _{II}	d	1	V _{II.d-1}	20,72	20,137	0,5833	0,34	14,33
	d	2	V _{II.d-2}	21,22		1,0833	1,173	
	d	3	V _{II.d-3}	15,562		-4,5765	20,976	
	d	4	V _{II.d-4}	19,976		-0,157	6,025	
	d	5	V _{II.D-5}	25,508		5,377	28,87	
	d	6	V _{II.D-6}	17,835		2,2967	5,2	
V _{II}	e	1	V _{II.E-1}	16,071	15,116	0,955	0,912	10,817
	e	2	V _{II.E-2}	14,2		-0,916	0,84	
	e	3	V _{II.E-3}	17,259		2,1432	4,5796	
	e	4	V _{II.E-4}	17,855		2,7402	7,5074	
	e	5	V _{II.E-5}	14,7051		-0,411	0,169	
	e	6	V _{II.E-6}	10,6048		-4,511	20,34	

V _{II}	f	1	V _{II.f.1}	22,35	19,348	3	9	15,33
	f	2	V _{II.f.2}	18,167		-1,18	1,39	
	f	3	V _{II.f.3}	21,642		2,29	5,24	
	f	4	V _{II.f.4}	16,58		-2,7	7,67	
	f	5	V _{II.f.5}	16,98		-2,37	5,62	
	f	6	V _{II.f.6}	20,37		1,02	1,04	

V _{II}	g	1	V _{II.g.1}	12,47	11,565	0,905	0,819	8,523
	g	2	V _{II.g.2}	11,34		-0,225	0,051	
	g	3	V _{II.g.3}	11,44		-0,125	0,046	
	g	4	V _{II.g.4}	13,75		2,185	4,796	
	g	5	V _{II.g.5}	9,272		-2,295	5,29	
	g	6	V _{II.g.6}	11,12		-0,445	0,198	

V _{II}	h	1	V _{II.h.1}	20,28	15,47	4,81	23,136	8,75
	h	2	V _{II.h.2}	11,011		-4,459	19,89	
	h	3	V _{II.h.3}	20,406		-3,064	9,36	
	h	4	V _{II.h.4}	12,177		-3,293	10,82	
	h	5	V _{II.h.5}	13,48		-1,99	3,96	

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	f _c MPa	f _{cr}	(f _c -f _{cr}) MPa	(f _c -f _{cr}) ² MPa	f _c MPa
-------------	-----------	----------	------	-----------------------	-----------------	---	--	-----------------------

V _{II}	i	1	V _{II.i.1}	16,397	16,531	-0,134	0,018	14,052
	i	2	V _{II.i.2}	16,07		-0,461	0,213	
	i	3	V _{II.i.3}	19,477		2,946	8,679	
	i	4	V _{II.i.4}	13,91		-2,621	6,87	
	i	5	V _{II.i.5}	16,8		0,269	0,0723	

V _{II}	j	1	V _{II.j.1}	19,81	17,11	2,7	7,29	10,34
	j	2	V _{II.j.2}	18,829		1,22	1,488	
	j	3	V _{II.j.3}	19,523		2,42	5,856	
	j	4	V _{II.j.4}	18,05		0,93	0,865	
	j	5	V _{II.j.5}	9,85		-7,26	52,71	

V _{II}	k	1	V _{II.k.1}	17,542	19,476	-1,934	3,74	16,48
	k	2	V _{II.k.2}	22,224		2,759	7,612	
	k	3	V _{II.k.3}	18,67		-0,806	0,65	
	k	4	V _{II.k.4}	18,01		-1,469	2,158	
	k	5	V _{II.k.5}	20,94		1,462	2,137	

V _{II}	l	1	V _{II.l-1}	16,01	19,498	-3,49	12,18	15,33
	l	2	V _{II.l-2}	18,057		-0,95	0,903	
	l	3	V _{II.l-3}	19,115		-0,38	0,144	
	l	4	V _{II.l-4}	21,22		1,72	2,96	
	l	5	V _{II.l-5}	22,6		3,1	9,61	

V _{II}	m	1	V _{II.m-1}	24,106	20,356	3,75	14,063	16,06
	m	2	V _{II.m-2}	22,03		1,67	2,79	
	m	3	V _{II.m-3}	18,54		-1,82	3,31	
	m	4	V _{II.m-4}	17,96		-2,4	5,76	
	m	5	V _{II.m-5}	19,15		-1,21	1,4641	

V _{II}	n	1	V _{II.n-1}	25,77	22,4165	3,353	11,22	18,97
	n	2	V _{II.n-2}	20,73		-1,69	2,86	
	n	3	V _{II.n-3}	22,89		0,47	0,22	
	n	4	V _{II.n-4}	20,62		-1,8	3,24	
	n	5	V _{II.n-5}	22,069		0,35	0,123	

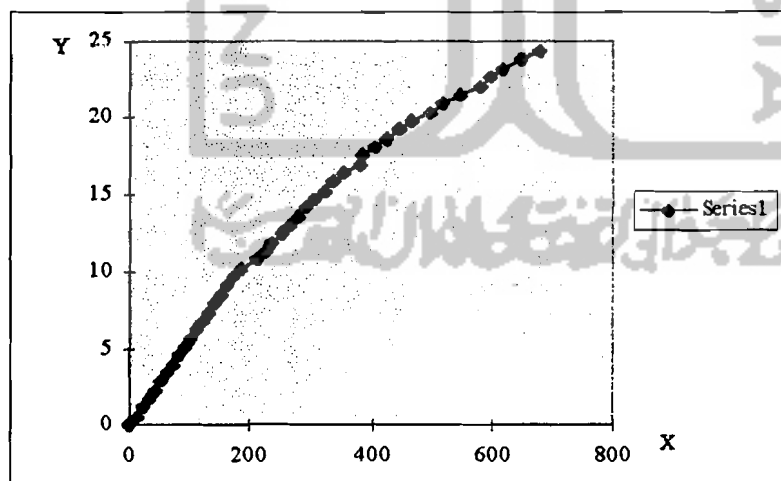
Keterangan : f_c = tegangan desak masing-masing benda uji

f'_c = kuat desak yang diisyaratkan.

Sedangkan untuk menghitung Modulus Elastisitas (kode V_{II.a.4}) :

Diketahui $f'_c \text{ mak} = 24.57 \text{ Mpa}$ dan $\epsilon \text{ Latau } \Delta L \text{ mak} = 695 \times 10^{-3}$, kalau digambarkan

dalam grafik adalah sebagai berikut ini :



$$\frac{160 \times 101.9376}{V_1 \times 15^2 \times 30} = a = 10.1 = 7.356 \text{ Mpa}$$

Didapat nilai $\sigma_p = 7.356 \text{ Mpa}$ dan $\epsilon_p = (173 \times 10^{-3}) / 300 = 4.6667 \cdot 10^{-4}$

$$\text{Nilai } E_c = \frac{7,356}{4.6667 \cdot 10^{-4}} = 15762.86 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan uji kuat desak dan modulus elastisitas beton diatas, maka dapat diketahui nilai kuat desak dan modulus elastisitas beton yang dapat dicapai untuk setiap variasi benda uji. Hasil perhitungan penelitian ini disusun dalam tabel dan dapat dilihat pada tabel 5.7 dan 5.8 dibawah ini, sedangkan untuk grafik perhitungan tegangan dan regangan dapat dilihat dalam daftar lampiran.

Tabel 5.7. Hasil Penelitian Pada Penambahan Bentonite 0%

Jenis Beton	No. Sample	Nama Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
V _I	1	V _{I-1}	12,51	176,71	10	12,1776	10,469	11632,1
	2	V _{I-2}	12,46	181,46	10	7,7943	4,8438	18155,04
	3	V _{I-3}	12,65	176,71	10	7,7111	4	21755,74
	4	V _{I-4}	12,65	179,08	10	11,2461	7,9688	16112,66
	5	V _{I-5}	12,48	176,71	10	13,4037	11,538	11617,05
	6	V _{I-5}	12,63	177,89	10	9,3185	5,7811	18108,28

Tabel 5.8. Hasil Penelitian Pada Penambahan Bentonite 0,2 % sampai 5,5%

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
V _{II}	a	1	V _{II.a-1}	12,66	176,71	11	6,8	3,5	19428,6
	a	2	V _{II.a-2}	12,52	179,08	11	6,9	3,53	19528,31
	a	3	V _{II.a-3}	12,59	176,71	11	9,054	4,833	18735,25
	a	4	V _{II.a-4}	12,66	179,08	11	7,356	4,6667	15762,86
	a	5	V _{II.a-5}	12,72	179,08	11	7,356	3,833	19189,57
	a	6	V _{II.a-6}	12,6	176,71	11	13,0153	7,5333	18276,95

V _{II}	b	1	V _{II.b-1}	12,23	180,266	9,8	6,87	3,3667	20405,95
	b	2	V _{II.b-2}	12,22	176,71	9,8	7,406	4,0333	18362
	b	3	V _{II.b-3}	12,15	180,27	9,8	7,922	5,1667	16332,8
	b	4	V _{II.b-4}	12,45	176,71	9,8	12,844	7,1	18090,141
	b	5	V _{II.b-5}	12,16	176,71	9,8	13,581	10,63	15934,3
	b	6	V _{II.b-6}	12,23	177,89	9,8	15,279	10,5	16551,43

V _{II}	c	1	V _{II.c-1}	12,13	176,71	9,7	14,713	10,2	16424,51
	c	2	V _{II.c-2}	12,13	177,89	9,7	14,713	10,233	16377,99
	c	3	V _{II.c-3}	12,23	181,46	9,7	13,015	10,4	15514,42
	c	4	V _{II.c-4}	12,1	176,71	9,7	6,226	4,8333	14882,27
	c	5	V _{II.c-5}	12,05	176,71	9,7	9,737	7	15396,82
	c	6	V _{II.c-6}	12,23	177,89	9,7	15,279	11,6	15171,55

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
-------------	-----------	----------	------	----------	----------------------	----------	------------------	-------------------------------	---------

V _{II}	d	1	V _{II.d-1}	12,19	176,71	9,3	14,713	11,1667	13611,11
	d	2	V _{II.d-2}	12,28	176,71	9,3	5,735	3,9667	16454,22
	d	3	V _{II.d-3}	11,96	176,71	9,3	5,376	4,6333	12602,96
	d	4	V _{II.d-4}	11,95	176,71	9,3	6,88	4,16667	18511,88
	d	5	V _{II.D-5}	12,06	176,71	9,3	17,542	12,633	15885,86
	d	6	V _{II.D-6}	12,15	177,89	9,3	4,103	4,3	10541,86

V _{II}	e	1	V _{II.E-1}	12,02	176,71	9,5	6,868	7,333	9365,88
	e	2	V _{II.E-2}	12	180,267	9,5	6,31	4,8333	14056,1
	e	3	V _{II.E-3}	12,21	176,71	9,5	8,029	6	14381,667
	e	4	V _{II.E-4}	11,97	176,71	9,5	10,323	8	14903,75
	e	5	V _{II.E-5}	12,17	176,71	9,5	6,309	5,5	11980
	e	6	V _{II.E-6}	12,4	176,71	9,5	4,588	4,3	10669,77

V _{II}	f	1	V _{II.f-1}	11,79	176,71	9,5	8,603	5,4	15931,48
	f	2	V _{II.f-2}	12,07	181,489	9,5	11,47	10,6667	10753,09
	f	3	V _{II.f-3}	12,07	179,07	9,5	16,058	13,1667	14195,92
	f	4	V _{II.f-4}	11,74	179,07	9,5	8,603	6,5	14235,38
	f	5	V _{II.f-5}	12,01	181,489	9,5	9,176	5,8333	17731,185
	f	6	V _{II.f-6}	11,78	176,71	9,5	10,897	7	17567,15

V _{II}	g	1	V _{II.g-1}	11,76	176,71	9	7,456	7,8	9558,97
	g	2	V _{II.g-2}	11,84	177,894	9	5,735	5	11470
	g	3	V _{II.g-3}	11,88	181,489	9	5,825	7,1667	9127,9
	g	4	V _{II.g-4}	11,75	176,71	9	8,603	8	10753,75
	g	5	V _{II.g-5}	11,54	175,326	9	4,0153	4,3333	9266,8
	g	6	V _{II.f-6}	11,82	176,71	9	5,735	5,5	10427

V _{II}	h	1	V _{II.h-1}	12,24	181,489	9	7,4195	4,603	16118,84
	h	2	V _{II.h-2}	12,23	181,489	9	5,5923	8,387	8.667.082
	h	3	V _{II.h-3}	12	179,07	9	8,9628	6,16667	15533,485
	h	4	V _{II.h-4}	12,62	181,489	9	8,8194	5,7378	16620,077
	h	5	V _{II.h-5}	11,73	176,71	9	8,4518	6,3871	13232,82

V _{II}	i	1	V _{II.i-1}	11,62	176,71	9	10,44331	8,4063	12423,18
	i	2	V _{II.i-2}	11,83	176,71	9	8,2098	7,2581	11311,23
	i	3	V _{II.i-3}	11,77	176,71	9	7,5722	4,7541	16,317,92
	i	4	V _{II.i-4}	12	179,07	9	4,9285	4,6775	10536,611
	i	5	V _{II.i-5}	11,66	176,71	9	9,1081	8,094	12252,9
	j	1	V _{II.j-1}	11,69	176,71	9	13,2122	11,846	12153,13

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ _p (MPa)	ε _p 10 ⁻⁴	E (MPa)
-------------	-----------	----------	------	----------	----------------------	----------	----------------------	---------------------------------	---------

V _{II}	j	2	V _{II.j-2}	11,825	176,71	9	13,0712	10,615	13313,7
	j	3	V _{II.j-3}	11,58	176,71	9	8,9041	7,469	12921,41
	j	4	V _{II.j-4}	11,68	176,71	9	11,3005	10,0308	12266,08
	j	5	V _{II.j-5}	11,92	179,07	9	6,7201	5,231	12846,68

V _{II}	k	1	V _{II.k-1}	11,88	176,71	9	9,0923	6,0938	15916,67
	k	2	V _{II.k-2}	11,66	176,71	9	11,7561	8,125	19193,63
	k	3	V _{II.k-3}	11,88	176,71	9	9,6291	6,226	15721
	k	4	V _{II.k-4}	11,75	176,71	9	5,9212	5,397	10971,28
	k	5	V _{II.k-5}	11,57	176,71	9	9,3561	6,6032	15169,04

V _{II}	l	1	V _{II.l-1}	11,74	176,71	9	12,1776	10,469	11632,1
	l	2	V _{II.l-2}	11,66	176,71	9	7,7943	4,8438	18155,04
	l	3	V _{II.l-3}	11,49	176,71	9	7,711	4	21755,74
	l	4	V _{II.l-4}	11,37	176,71	9	11,2461	7,9688	16112,66
	l	5	V _{II.l-5}	11,83	176,71	9	13,4037	11,538	11617,05

V _{II}	m	1	V _{II.m-1}	12,3	180,267	9	9,1627	5,6452	18231,08
	m	2	V _{II.m-2}	12,39	180,267	9	10,6221	6,3492	18816,162
	m	3	V _{II.m-3}	11,87	176,71	9	10,9554	7	16650,124
	m	4	V _{II.m-4}	11,67	176,71	9	8,5537	4,4688	20235,72
	m	5	V _{II.m-5}	11,95	179,07	9	9,3185	5,781	18108,28

V _{II}	n	1	V _{II.n-1}	11,84	176,71	9	9,1627	4,235	21635,66
	n	2	V _{II.n-2}	11,87	176,71	9	10,6221	4,8769	21780,43
	n	3	V _{II.n-3}	11,97	179,07	9	11,7561	5,652	20799,89
	n	4	V _{II.n-4}	12,25	181,489	9	8,5537	4,0368	21189,3
	n	5	V _{II.n-5}	12	181,489	9	7,7943	4	19485,75

Keterangan : V_I = jenis beton normal (tanpa bahan tambah).

V_{II} = jenis beton dengan bahan tambah.

A = bahan tambah bentonite sebesar dalam %

1 = benda uji ke-1

5.2.2.Perhitungan Perbandingan Modulus Elastisitas Beton Uji Dengan Teori

Dengan cara mencari harga rata-rata dari kuat desak dan modulus elastisitas beton, nanti akan lebih mudah untuk membandingkan antara hasil penelitian dengan hasil teori pada penambahan *bentonite*, untuk rumus dari modulus elastisitas yaitu :

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f_c}$$

dimana W_c = berat jenis beton

Untuk rata-rata dari setiap benda uji baik kuat desak atau modulus elastisitas dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Kode $V_{II.a} = \sum f_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 129.75 \text{ Mpa}$

Kuat desak rata-rata dari data laboratorium $= f_{c_r} = \frac{\sum f_c}{n} = \frac{129.75}{6} = 21.63 \text{ Mpa}$

Sedangkan perhitungan rata-rata dari modulus elastisitas dari uji coba yaitu :

Diketahui : Kode $V_{II.a} = \sum E_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 116921.54 \text{ MPa}$

M. Elastisitas rata-rata dari data lab. $= \sum E_{c_r} = \frac{\sum E_c}{n} = \frac{116921.54}{6} = 19486.92 \text{ MPa}$

Selanjutnya untuk hitungan E_c teori. Contoh dari perhitungan kode $V_{II.a}$

Diketahui f_c dari perhitungan diatas = 24.57 Mpa, $W_c = 23 \text{ KN/m}^3$

$$E_c \text{ teori} = 0,043.23^{1,5} \cdot \sqrt{15,51} = 18679,51 \text{ MPa}$$

Hasil-hasil tersebut dapat ditampilkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 5.10. Hasil Banding Uji dan Teori

Jenis Beton	Var. Ben.	Bentonite %	Kode	Fcr MPa	Er teori (MPa)	Er uji (MPa)
V _I	-	0,00	V _I	18,20	20415,31	16230,14
	a	0,20	V _{II.a}	21,63	18678,00	18486,92
	b	0,40	V _{II.b}	20,88	17265,00	17612,77
	c	0,60	V _{II.c}	21,29	18069,00	15927,89
	d	0,80	V _{II.d}	20,14	17747,00	15001,32
	e	1,00	V _{II.e}	15,12	15559,00	13559,53
	f	2,00	V _{II.f}	19,35	18574,00	16069,04
V _{II}	g	3,00	V _{II.g}	11,57	13847,00	11100,74
	h	4,00	V _{II.h}	15,47	14030,00	15034,46
	i	4,25	V _{II.i}	16,53	17739,13	13568,37
	j	4,50	V _{II.j}	17,11	15251,00	13700,20
	k	4,75	V _{II.k}	19,48	19145,00	16394,32
	l	5,00	V _{II.l}	19,50	18573,00	16854,52
	m	5,25	V _{II.m}	20,36	19011,00	19408,27
	n	5,50	V _{II.n}	22,42	20658,00	20978,21

5.3. Analisa Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini, sebelum dapat memaparkan dan membandingkan data, maka peneliti harus yakin akan beberapa hal sebagai berikut : tidak ada bias yang melewati batas dari hasil uji tiap kelompok benda uji. Secara teoritik, hasil dari tiap kelompok benda uji harus menghasilkan data yang 100 % sama, sehingga simpangan bakunya adalah nol. Hal ini jelaslah tidak mungkin karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan benda uji.

kelompok benda uji harus menghasilkan data yang 100 % sama, sehingga simpangan bakunya adalah nol. Hal ini jelaslah tidak mungkin karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan benda uji.

Dalam penelitian biasa digunakan model, suatu hubungan fungsional antara peubah. Dengan model itu diharapkan dapat memahami, menerangkan, mengendalikan dan kemudian memprediksikan kelakuan sistem yang diteliti. Prediksi dalam hal ini mempunyai arti yang khusus yaitu inter atau ekstra polasi.

Model juga menolong dalam menentukan hubungan kausal (sebab akibat) antara dua atau lebih peubah. Ada tidaknya hubungan kausal antara peubah tidak dapat diputuskan dengan hanya menggunakan data statistik. Diharapkan model tersebut merupakan teori tentang cara kerja sistem yang diteliti. Model disini akan selalu berbentuk fungsi dan regresi merupakan alat yang tepat dalam pembentukannya.

Selanjutnya dari data pengujian modulus elastisitas (regangan beton) dianalisa dengan menggunakan analisa statistik garis regresi polinomial berkuadrat kecil.

Untuk perhitungan dengan metode numerik dari hubungan penambahan bentonite dengan kuat desak serta modulus elastisitas dihitung sebagai berikut :

5.3.1. Metode Regresi Polinomial Pangkat Dua.

Perhitungan numerik dengan metode regresi polinomial pangkat dua dilakukan dengan menggunakan Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Hasil perhitungan Numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan bentonite dengan menggunakan metode regresi polinomial pangkat dua.

No.	X_i	Y_i	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i \cdot Y_i$	$X_i^2 \cdot Y_i$
1	0,00	19,20	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
2	0,20	21,63	0,04	0,01	0,00	4,326	0,87
3	0,40	20,88	0,16	0,06	0,03	8,350	3,34
4	0,60	21,29	0,36	0,22	0,13	12,776	7,67
5	0,80	20,14	0,64	0,51	0,41	16,109	12,89
6	1,00	15,12	1,00	1,00	1,00	15,116	15,12
7	2,00	19,35	4,00	8,00	16,00	38,696	77,39
8	3,00	11,57	9,00	27,00	81,00	34,695	104,09
9	4,00	15,47	16,00	64,00	256,00	61,880	247,52
10	4,25	16,53	18,06	76,77	326,25	70,257	298,59
11	4,50	17,11	20,25	91,13	410,06	76,995	346,48
12	4,75	19,48	22,56	107,17	509,07	92,511	439,43
13	5,00	19,50	25,00	125,00	625,00	97,490	487,45
14	5,25	20,36	27,56	144,70	759,69	106,869	561,06
15	5,50	22,42	30,25	166,38	915,06	123,310	678,21
Σ	41,25	280,02	174,89	811,94	3899,70	759,38	3280,08

Nilai rerata dari x dan y adalah:

$$X = \frac{\sum x}{n} = \frac{41,25}{15}$$

$$y = \frac{\sum y}{n} = \frac{280,2}{15} = 18,68$$

Persamaan regresi polinomial pangkat dua

n	ΣX_i	ΣX_i^2
ΣX_i	ΣX_i^2	ΣX_i^3
ΣX_i^2	ΣX_i^3	ΣX_i^4

 \times

a_0
a_1
a_2

 $=$

ΣY_i
$\Sigma X_i \cdot Y_i$
$\Sigma X_i^2 \cdot Y_i$

15,00	41,25	174,9
41,25	174,89	811,9
174,89	811,94	3899,7

 \times

a_0
a_1
a_2

 $=$

280,019
759,379
3280,084

Metode Cramer .

a_0
a_1
a_2

 $=$

0,318	-0,263	0,041
-0,263	0,390	-0,069
0,041	-0,069	0,013

 \times

280,019
759,379
3280,084

a_0
a_1
a_2

 $=$

22,098
-5,217
0,936

Persamaan garis yang mewakili titik data adalah $Y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

dimana: $Y =$ kuat desak (Mpa)

$X =$ penambahan bentonite (%)

Sehingga diperoleh persamaan kurva adalah $Y = 22,098 - 5,217X + 0,936X^2$.

Dengan perhitungan yang sama persis diatas, persamaan untuk modulus elastisitas adalah

$$Y = 17583 - 3786x + 732,6x^2$$

Dari persamaan tersebut di atas maka persamaan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 5.8 dan 5.9

$$D = \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i \cdot Y_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 \cdot Y_i & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

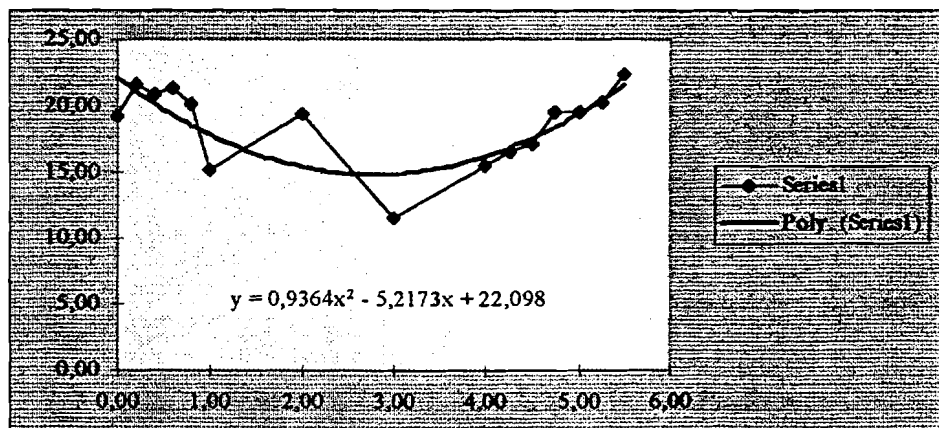
$$= \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma Y_i \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i \cdot Y_i \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^2 \cdot Y_i \end{bmatrix}$$

$$a_0 = \frac{D_1}{D}$$

$$a_1 = \frac{D_2}{D}$$

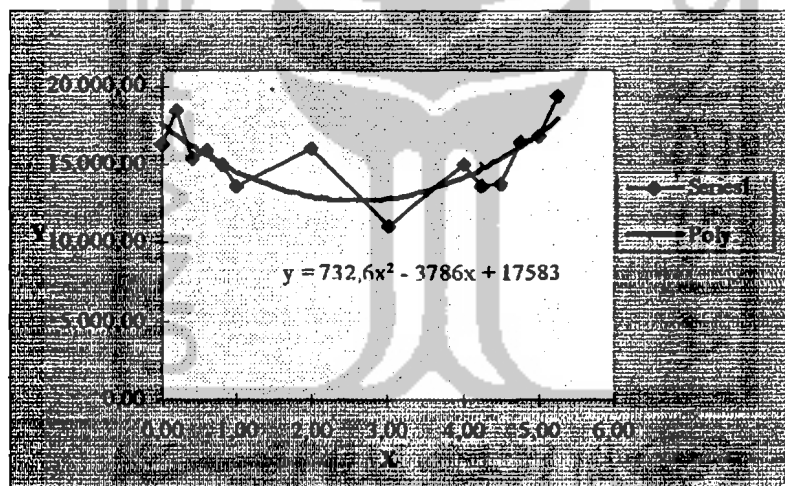
$$a_2 = \frac{D_3}{D}$$



Gambar 5.8 Grafik hubungan hasil kuat desak dengan variasi penambahan bentonite.

Keterangan : Y = Kuat desak beton / Modulus elastisitas.

X = Prosentase penambahan bentonite.



Gambar 5.9 Grafik hubungan hasil modulus elastisitas dengan variasi penambahan bentonite.

Untuk memperjelas hasil dari kuat desak dan modulus elastisitas dalam penambahan bentonite disajikan dalam tabel 5.12 dan 5.13

Tabel 5.12. Hasil Modulus Elastisitas

X	Y
0	17583
0,2	16855,11
0,4	16185,816
0,6	15575,136
0,8	15023,065
1	14529,6
2	12941,4
3	12818,4
4	14160,6
4,25	14725,01
4,5	15381,15
4,75	16128,81
5	16968
5,25	17898,81
5,5	18921,15

Tabel 5.13. Hasil K. Desak

X	Y
0	22,098
0,2	21,0924
0,4	20,161
0,6	19,3074
0,8	18,5235
1	17,817
2	15,408
3	14,871
4	16,206
4,25	16,8323
4,5	17,5755
4,75	18,438
5	19,413
5,25	20,5073
5,5	21,7185

Untuk memilih salah satu dari dua hasil yang terbagik dari dua persamaan tersebut di atas maka dihitung nilai koefisien korelasinya. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan menggunakan tabel 5.14 dan 5.15 rumus berikut.

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}} \dots\dots\dots (5.3)$$

$$g(x_1) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \dots\dots\dots (5.4)$$

dimana:

r = Koefisien korelasi

m = jumlah orde

n = jumlah data

St = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa (residu), yaitu:

$$St = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \dots\dots\dots (5.5)$$

Sr = jumlah kuadrat dari kesalahan, yaitu:

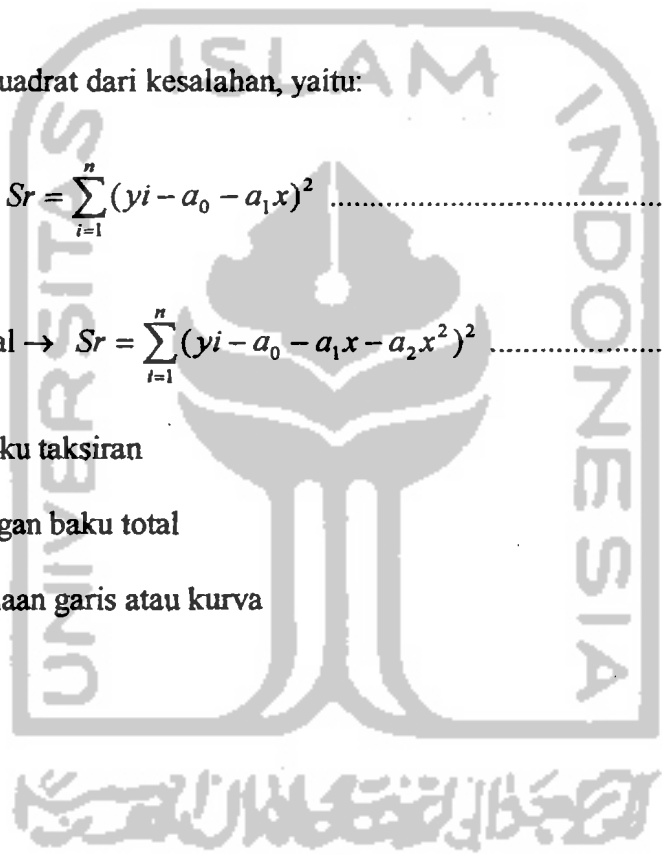
Linier $\rightarrow Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x)^2 \dots\dots\dots (5.6)$

Polynomial $\rightarrow Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2)^2 \dots\dots\dots (5.7)$

$S_{y/x}$ = galat baku taksiran

S_y = simpangan baku total

$g(x_i)$ = persamaan garis atau kurva



Kuat Desak

Tabel 5.14. Komputasi untuk analisis kuat desak kecocokan polinomial kuadrat terkecil orde dua

No.	Xi	Yi	Polynomial		
			g(xi)	(yi-a0-a1x-a2x ²) ²	(yi-y) ²
1	0,00	19,20	2,210E+01	3,275E+00	3,685E+02
2	0,20	21,63	2,109E+01	1,800E+01	4,678E+02
3	0,40	20,88	2,016E+01	1,217E+01	4,358E+02
4	0,60	21,29	1,930E+01	1,526E+01	4,534E+02
5	0,80	20,14	1,852E+01	7,566E+00	4,055E+02
6	1,00	15,12	1,782E+01	5,154E+00	2,285E+02
7	2,00	19,35	1,541E+01	3,849E+00	3,743E+02
8	3,00	11,57	1,487E+01	3,389E+01	1,337E+02
9	4,00	15,47	1,621E+01	3,671E+00	2,393E+02
10	4,25	16,53	1,683E+01	7,312E-01	2,733E+02
11	4,50	17,11	1,758E+01	7,623E-02	2,928E+02
12	4,75	19,48	1,844E+01	4,368E+00	3,793E+02
13	5,00	19,50	1,941E+01	4,460E+00	3,802E+02
14	5,25	20,36	2,051E+01	8,820E+00	4,144E+02
15	5,50	22,42	2,172E+01	2,534E+01	5,027E+02
S	41,25	280	2,800E+02	1,466E+02	5,349E+03

1. Mencari nilai koefisien korelasi dari metode regresi polinomial, yaitu:

Perhitungan simpangan baku total menggunakan persamaan (5.1)

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} = \sqrt{\frac{5349}{15-1}} = 19,55$$

dan galat baku taksiran menggunakan persamaan (5.2)

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} = \sqrt{\frac{146,6}{12}} = 3,495$$

Karena $S_{y/x} < S_y$ maka model regresi linier mempunyai kebaikan sehingga tingkat perbaikan

diukur oleh nilai koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}} = \sqrt{\frac{5349 - 146,6}{5349}} = 0,9862$$

Modulus Elastisitas

Tabel 5.15. Komputasi untuk analisis modulus elastisitas kecocokan polinomial kuadrat terkecil orde dua.

No.	Xi	Yi	Polynomial		
			g(xi)	(yi-a0-a1x-a2x ²) ²	(yi-y) ²
1	0,00	16.230,14	1,758E+04	2,521E+09	2,634E+08
2	0,20	18.486,92	1,686E+04	2,300E+09	3,418E+08
3	0,40	15.467,05	1,619E+04	2,598E+09	2,392E+08
4	0,60	15.927,89	1,558E+04	2,552E+09	2,537E+08
5	0,80	15.001,32	1,502E+04	2,646E+09	2,250E+08
6	1,00	13.559,53	1,453E+04	2,796E+09	1,839E+08
7	2,00	16.069,04	1,294E+04	2,537E+09	2,582E+08
8	3,00	11.100,74	1,282E+04	3,062E+09	1,232E+08
9	4,00	15.034,46	1,416E+04	2,643E+09	2,260E+08
10	4,25	13.568,37	1,473E+04	2,795E+09	1,841E+08
11	4,50	13.700,20	1,538E+04	2,782E+09	1,877E+08
12	4,75	16.394,32	1,613E+04	2,505E+09	2,688E+08
13	5,00	16.854,52	1,697E+04	2,459E+09	2,841E+08
14	5,25	19.408,27	1,790E+04	2,212E+09	3,767E+08
15	5,50	20.978,21	1,892E+04	2,067E+09	4,401E+08
S	41,25	237780,98	2,357E+05	3,847E+10	3,856E+09

1. Mencari nilai koefisien korelasi dari metode regresi polinomial, yaitu:

Perhitungan simpangan baku total menggunakan persamaan (5.1)

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,85 \times 10^9}{15-1}} = 16583,124$$

dan galat baku taksiran menggunakan persamaan (5.2)

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} = \sqrt{\frac{3,847 \times 10^{10}}{15-3}} = 52812,6$$

Karena $S_{y/x} < S_y$ maka model regresi linier mempunyai kebaikan sehingga tingkat perbaikan diukur oleh nilai koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$r = \sqrt{\frac{S_r - S_t}{S_r}} = \sqrt{\frac{3,847.10^{10} - 3,85.10^9}{3,847.10^{10}}} = 0,94865$$

Dari persamaan kurva tersebut diperoleh nilai r untuk kuat desak yaitu 0,9862 maka untuk penerapannya dipakai persamaan kurva yaitu $Y = 22,098 - 5,217X + 0,936X^2$

Sedangkan untuk Modulus Elastisitas kita pakai persamaan yang berpolynomial yaitu $Y = 17583 - 3786X + 732,6X^2$, karena nilai $r = 0,94865$. Hal ini dapat dipakai, karena r menentukan apakah persamaan tersebut dipakai atau tidak. Kalau r mendekati angka 1 maka persamaan tersebut mendekati kebenaran.

5.4. Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian gradasi, berat satuan volume, kadar lumpur, *specific gravity* dan absorpsi agregat halus (pasir) masuk dalam standard ASTM C-33, sehingga agregat halus tersebut layak digunakan dalam penelitian ini. Untuk hasil pengujian agregat kasar khusus dalam pengujian gradasi, agregat kasar tidak masuk dalam standar ASTM C-33. Sedangkan untuk pengujian lainnya, berat jenis SSD, berat jenis kering permukaan, absorpsi masih masuk dalam standar ASTM C-33. Karena dari salah satu tidak masuk dalam standar, maka bahan yang digunakan ditoleransi untuk dapat dipakai.

Bahan tambah yang digunakan adalah *bentonite*, bahan ini dari teori adalah bahan tambah yang dapat mereduksi air (*water reducer*). Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil dari pengujian *slump*-nya. Hasil pengujian *slump* dari benda uji yang tidak ditambahi dengan bahan tambah agak lebih tinggi dari nilai *slump* yang ditambahi dengan bahan

tambah. Sifat dari bahan tambah *bentonite* adalah sebagai *water reducer* (mereduksi air). Dimana sifat bahan-bahan ini adalah mengurangi kadar air beton tanpa kehilangan *workabilitas* (kemudahan dalam pekerjaan). Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump* dan tingkat pengujiannya. Untuk beton normal nilai *slump* adalah 10 cm, sedangkan untuk bahan tambah sampai 5.5% adalah 9 cm. Dengan penurunan nilai *slump* sebesar 1 cm, pekerjaan adukan beton masih dapat dikerjakan dengan mudah atau campuran adukan masih bersifat encer.

Dari hasil perhitungan tabel 5.12. dengan memasukkan harga x (*bentonite* dalam persen) pada persamaan kurva kuat desak atau dapat dilihat dalam Gambar 5.8, bahwa penambahan *bentonite* pada campuran beton berpengaruh terhadap kuat desak dengan kenaikan terhadap beton normal sebesar 2.73 % pada penambahan *bentonite* 5.5 % dari berat semen. Kuat desak minimum terjadi pada penambahan *bentonite* sebesar 3 % dari berat semen dengan nilai penurunan sebesar 49 % dari beton normal.

Untuk tabel 5.13. telah terjadi juga kenaikan dan penurunan modulus elastisitas beton dengan bahan tambah terhadap beton normal. Dengan melihat Gambar 5.9 dapat diketahui kenaikan modulus elastisitas maksimum pada penambahan *bentonite* 5.5 % dari berat semen dengan nilai sebesar 5.65 %. Sedangkan penurunan minimum terjadi pada penambahan *bentonite* 3 % dari berat semen dengan nilai penurunan sebesar 37 % terhadap beton normal.

Dari hasil pembacaan kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa kurva yang dihasilkan hanya sampai pada tegangan maksimal saja. Hal ini disebabkan karena tidak semua data diatas tegangan maksimal dapat dibaca dengan baik. Nilai

regangan optimal yang diperoleh pada saat mencapai tegangan maksimal yaitu regangan beton (ϵ_b) mencapai nilai ± 0.002 . Hal ini sudah sesuai dengan teori yang ada atau tertulis dalam buku “Struktur Beton Bertulang” karangan Istimawan Dipohusodo pada tahun 1996.

