

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil percobaan di laboratorium berikut pembahasannya.

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar, nilai slump, dan hasil uji kuat desak beton.

5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar.

Pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar terdiri dari pemeriksaan modulus halus butir, berat volume, dan berat jenis agregat.

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir.

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium, didapat hasil yang bisa dilihat pada Tabel 5.1 dan pada Lampiran 1.

Tabel 5.1 Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir

Saringan		Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat komulatif	
No	Diameter (mm)	I	II	I	II	I	II
1	4,75	0	0	0	0	0	0
2	2,36	108	111	10,8	11,1	10,8	11,1
3	1,18	156	151	15,6	15,1	26,4	26,2
4	0,60	240	245	24	24,5	50,4	50,7

5	0,30	185	187	18,5	18,7	68,9	69,4
6	0,15	161	159	16,1	15,9	85	85,3
7	pan	150	147	15	14,7		
Jumlah						241,5	242,7
Jumlah rata-rata:						242,1	

$$\text{Modulus halus butir pasir} = \frac{242,1}{100} \times 100\% = 2,421$$

b. Pemeriksaan Berat Volume.

Dari pemeriksaan di laboratorium diperoleh data pada Tabel 5.2 dan 5.3.

Tabel 5.2 Berat Volume Pasir (bisa dilihat pada Lampiran 2)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	11 kg	11,3 kg
Berat tabung + agregat (W_2)	20,2 kg	20,3 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,0053 m ³	0,0053 m ³
Berat volume = $(W_2 - W_1) / V$	1,736 t/m ³	1,699 t/m ³
Berat volume rata-rata		1,717 t/m ³

Tabel 5.3 Berat Volume *Split* (bisa dilihat pada Lampiran 3)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	10,9 kg	11 kg
Berat tabung + agregat (W_2)	19,4 kg	19,6 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,0053 m ³	0,0053 m ³
Berat volume = $(W_2 - W_1) / V$	1,604 t/m ³	1,623 t/m ³
Berat volume rata-rata		1,613 t/m ³

c. Pemeriksaan Berat Jenis.

Dari pemeriksaan di laboratorium diperoleh data pada Tabel 5.4 dan 5.5.

Tabel 5.4 Berat Jenis Pasir. (bisa dilihat pada Lampiran 4)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	185 gr	180 gr
Volume air (V_1)	500 cc	500 cc
Volume air + agregat (V_2)	580 cc	575 cc
Berat jenis = $W / (V_2 - V_1)$	2,3125	2,4
Berat jenis rata-rata		2,36

Tabel 5.5 Berat Jenis *Split*. (bisa dilihat pada Lampiran 5)

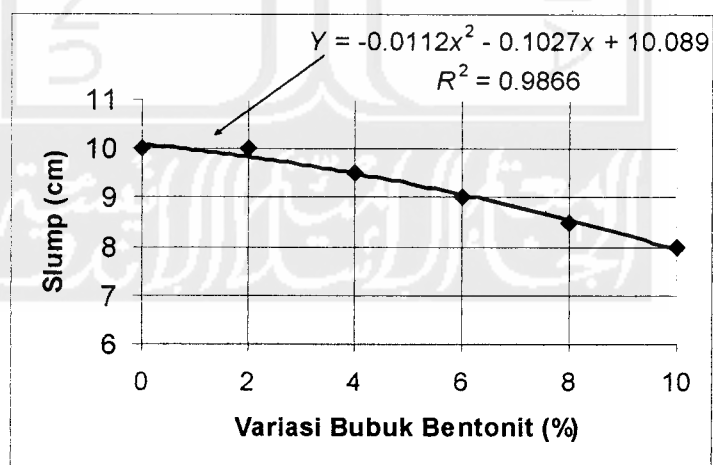
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	446 gr	468 gr
Volume air (V ₁)	500 cc	500 cc
Volume air + agregat (V ₂)	670 cc	680 cc
Berat jenis = W/(V ₂ -V ₁)	2,624	2,6
Berat jenis rata-rata		2,612

5.1.2 Nilai Slump

Dari hasil pengujian slump dengan menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm didapat data yang bisa dilihat pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.1.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Nilai Slump

Variasi bubuk bentonit	Nilai slump (cm)
0%	10
2%	10
4%	9,5
6%	9
8%	8,5
10%	8

**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Antara Nilai Slump Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit.

5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Dari hasil uji kuat desak beton di laboratorium, didapat nilai kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.13. (bisa dilihat pada Lampiran 6 sampai dengan Lampiran 11)

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 0% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	304	12.8	17678.57	560	31.67677
2	149	303	12.7	17443.64	505	28.95037
3	150	300	12.6	17678.57	495	28
4	150	301	12.6	17678.57	545	30.82828
5	150	300	12.7	17678.57	535	30.26263

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 2% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.7	17678.57	615	34.78788
2	149	304	12.6	17443.64	590	33.82321
3	150	300	12.7	17678.57	595	33.65657
4	150	299	12.7	17678.57	560	31.67677
5	150	300	12.7	17678.57	585	33.09091

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 4% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.5	17678.57	615	34.78788
2	150	301	12.5	17678.57	640	36.20202
3	150	301	12.8	17678.57	625	35.35354
4	150	300	12.6	17678.57	645	36.48485
5	151	302	12.5	17915.07	565	31.53769

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 6% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.6	17678.57	605	34.22222
2	150	300	12.6	17678.57	600	34.22222
3	150	303	12.8	17678.57	680	38.46465
4	150	300	12.6	17678.57	625	35.35354
5	150	301	12.6	17678.57	655	37.05051

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 8% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	302	12.7	17678.57	660	37.33333
2	150	303	12.9	17678.57	580	32.80808
3	150	301	12.8	17678.57	630	35.63636
4	150	300	12.6	17678.57	655	37.05051
5	150	300	12.6	17678.57	600	33.93939

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 10% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.6	17678.57	570	32.52525
2	149	301	12.6	17443.64	600	34.39649
3	150	303	12.8	17678.57	620	35.07071
4	150	301	12.5	17678.57	570	32.24242
5	150	300	12.6	17678.57	580	32.80808

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

Variasi bentonit	0%	2%	4%	6%	8%	10%
f_{ci}	31,67677	34,78788	34,78788	34,22222	37,33333	32,52525
	28,95037	33,82321	36,20202	34,22222	32,80808	34,39649
	28	33,65657	35,35354	38,46465	35,63636	35,07071
	30,82828	31,67677	36,48485	35,35354	37,05051	32,24242
	30,26263	33,09091	31,53769	37,05051	33,93939	32,80808
Total	149,71805	167,03534	174,36598	179,31314	176,76767	167,04295
f_{cr}	29,94361	33,40707	34,87320	35,86263	35,35353	33,40859
f_c	27,53158	31,53073	31,621318	32,81397	32,13997	31,36032

Contoh hasil perhitungan kuat desak silinder beton

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{ci}}{n}$$

$$= \frac{149,71805}{5} = 29,94361 \text{ MPa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

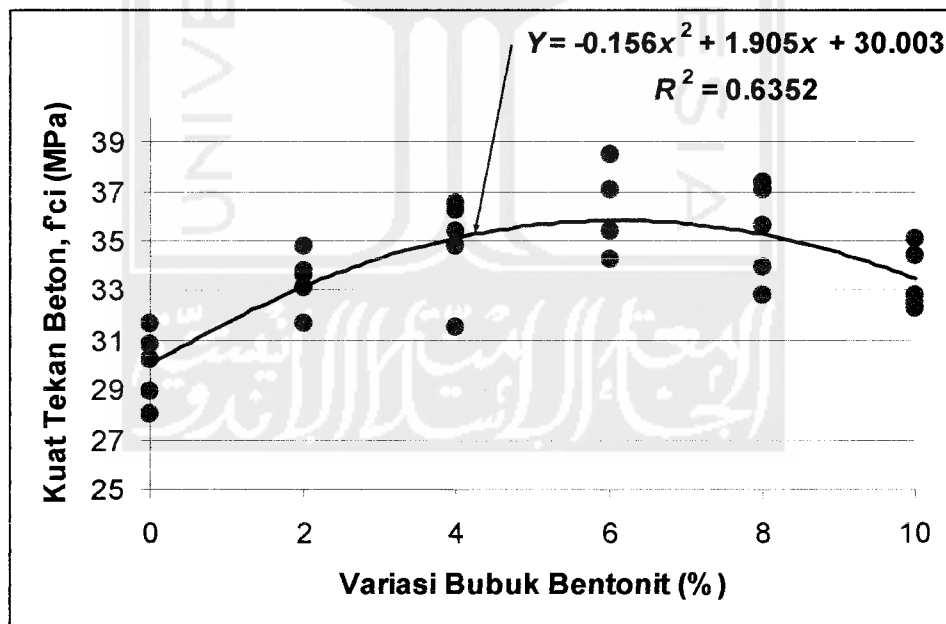
$$= \sqrt{\frac{8,6524}{4}} = 1,47075 \text{ MPa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot sd$$

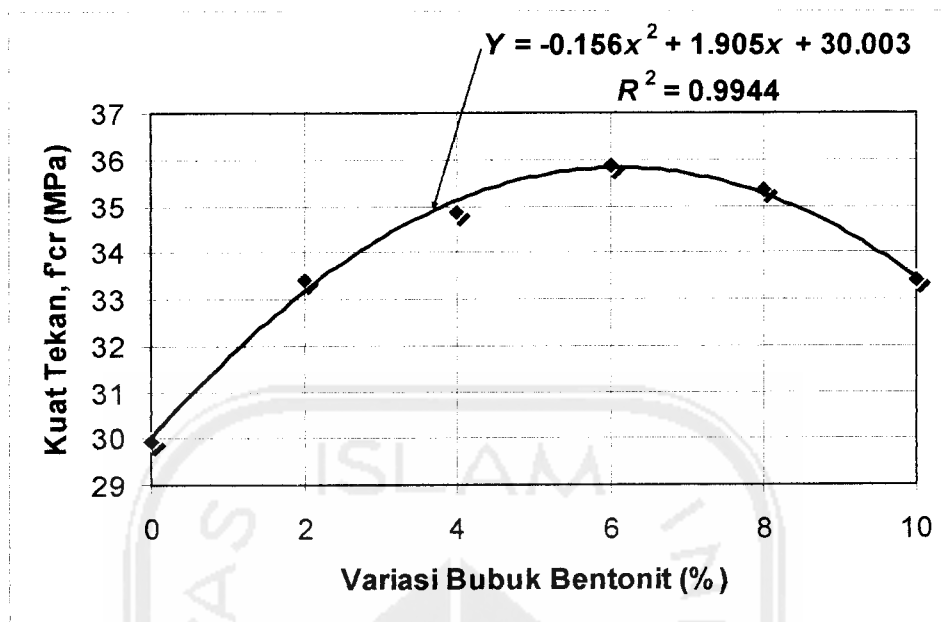
$$= 29,94361 - 1,64 \times 1,47075$$

$$= 27,53158 \text{ MPa}$$

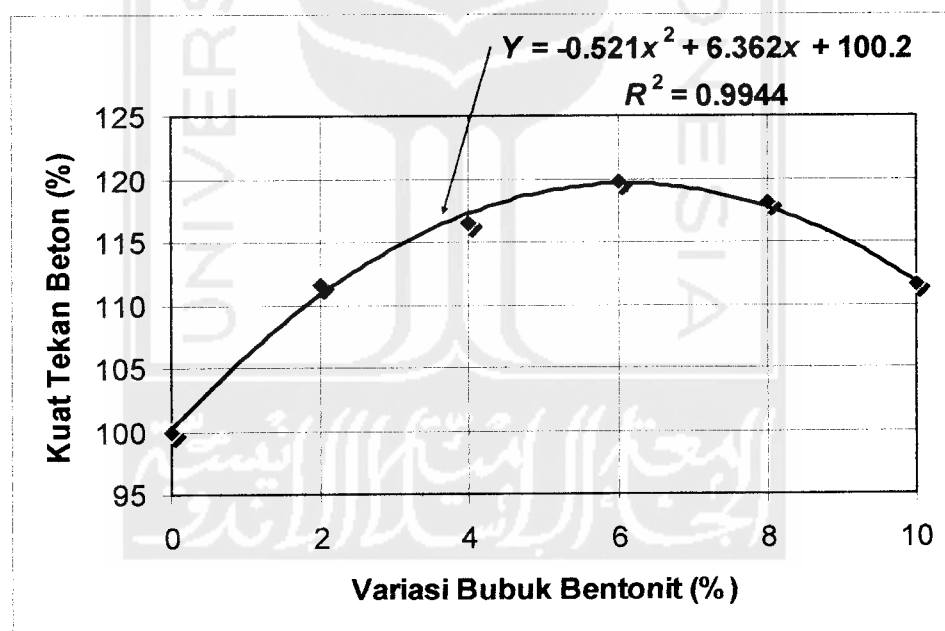
Data dari Tabel 5.13 bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.2 sampai dengan Gambar 5.6.



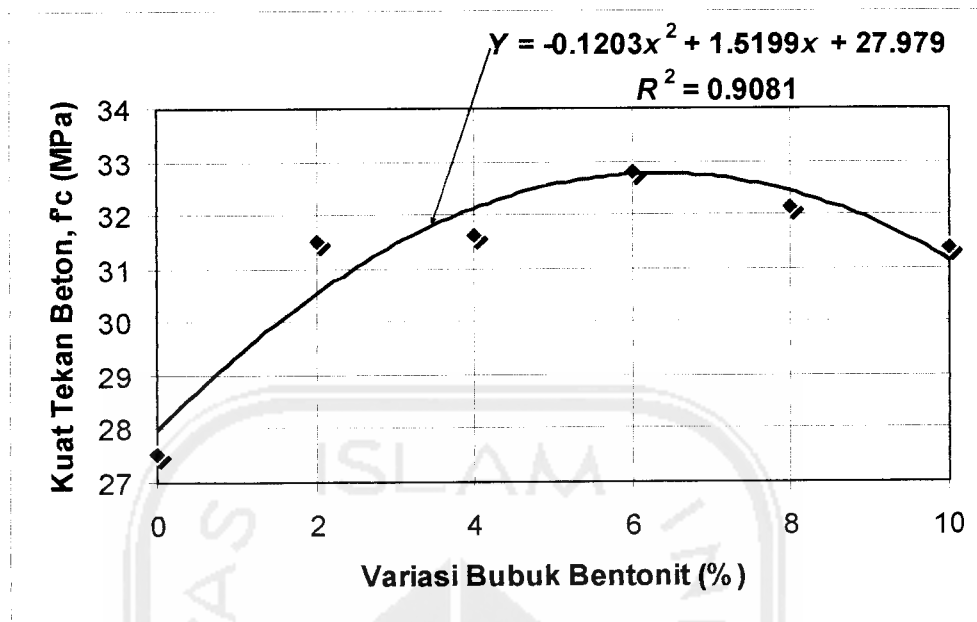
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton (f'_{ci})



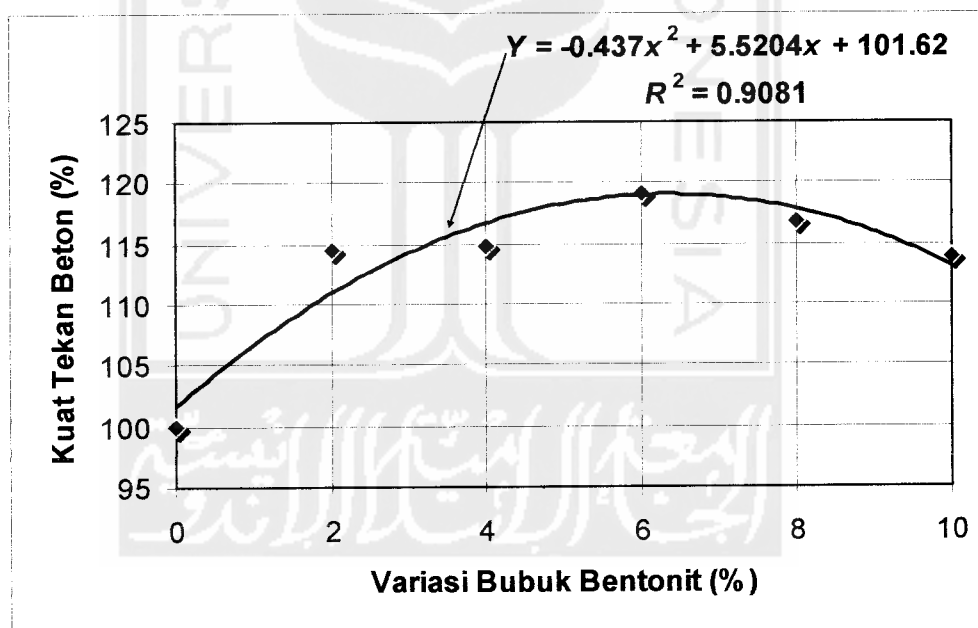
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr})



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

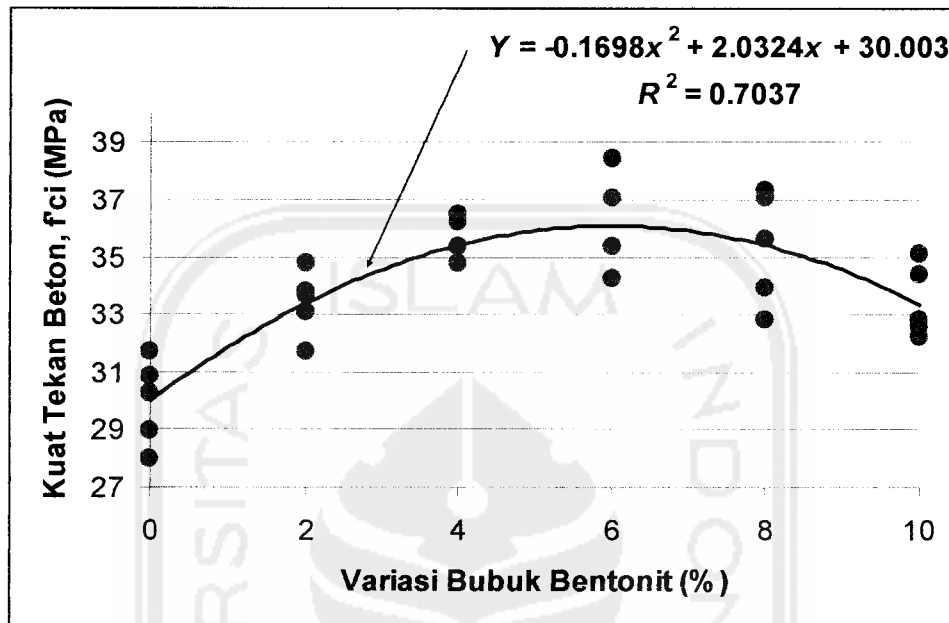


Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

Pada Gambar 5.2 terlihat ada data yang menyimpang jauh pada variasi 4%. Data tersebut bisa dihilangkan, dan diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.8.



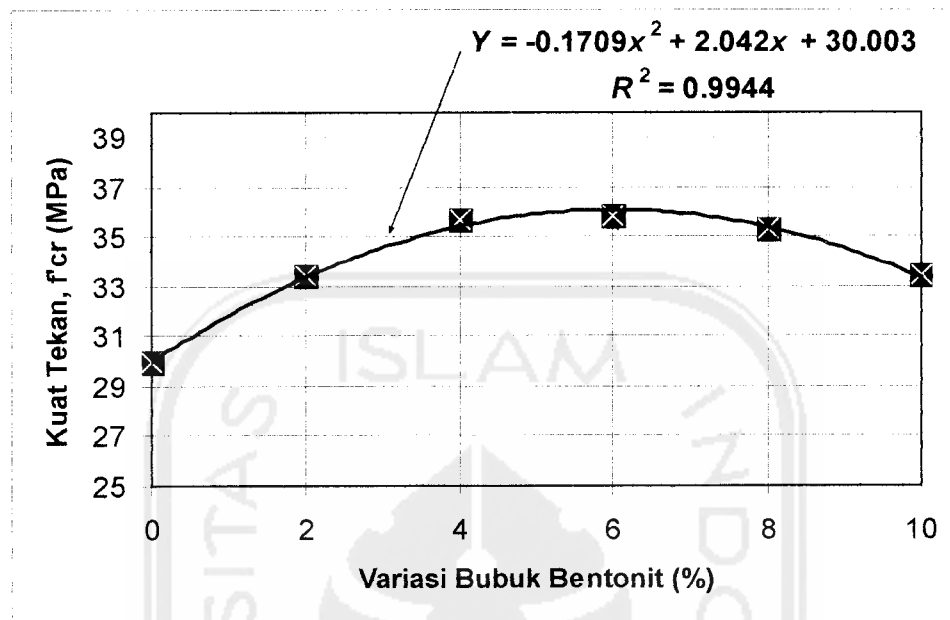
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton (f_{ci})

Dengan penghilangan data yang menyimpang ini, maka hasil pengujian kuat desak beton pada umur 28 hari akan menjadi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.14.

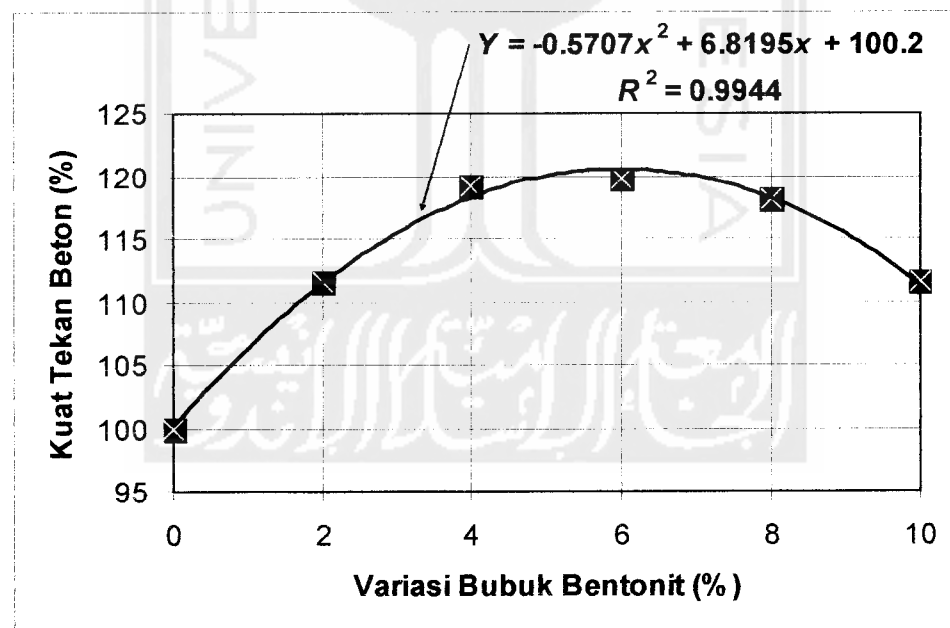
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

Variasi bentonit	0%	2%	4%	6%	8%	10%
f_{ci}	31.67677	34.78788	34.78788	34.22222	37.33333	32.52525
	28.95037	33.82321	36.20202	34.22222	32.80808	34.39649
	28	33.65657	35.35354	38.46465	35.63636	35.07071
	30.82828	31.67677	36.48485	35.35354	37.05051	32.24242
	30.26263	33.09091		37.05051	33.93939	32.80808
Total	149.71805	167.03534	142.82829	179.31314	176.76767	167.04295
f_{cr}	29.94361	33.40707	35.70707	35.86263	35.35353	33.40859
f_c	27.53158	31.53073	34.42976	32.81397	32.13997	31.36032

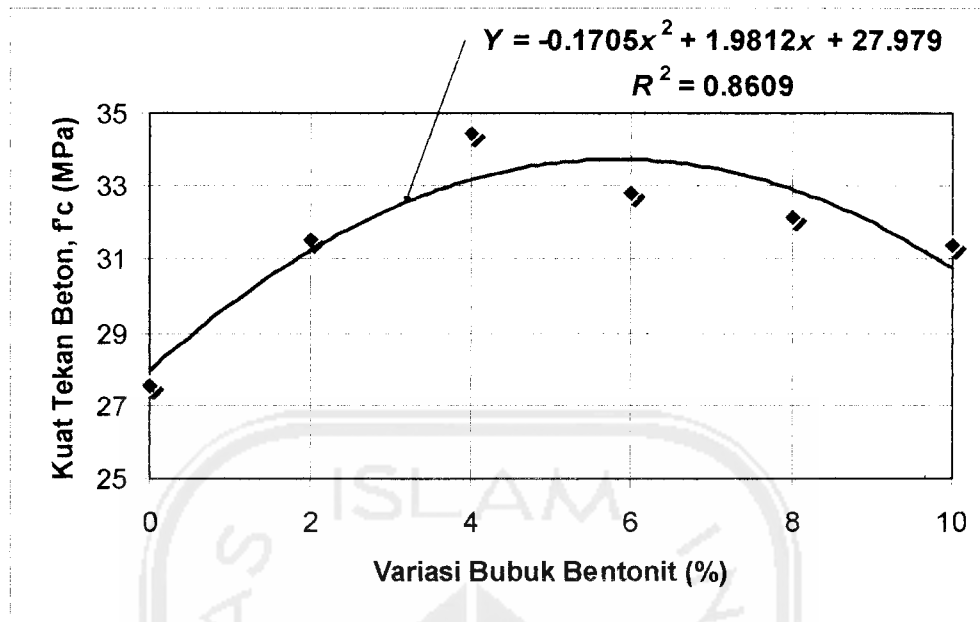
Data dari Tabel 5.14 bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.12.



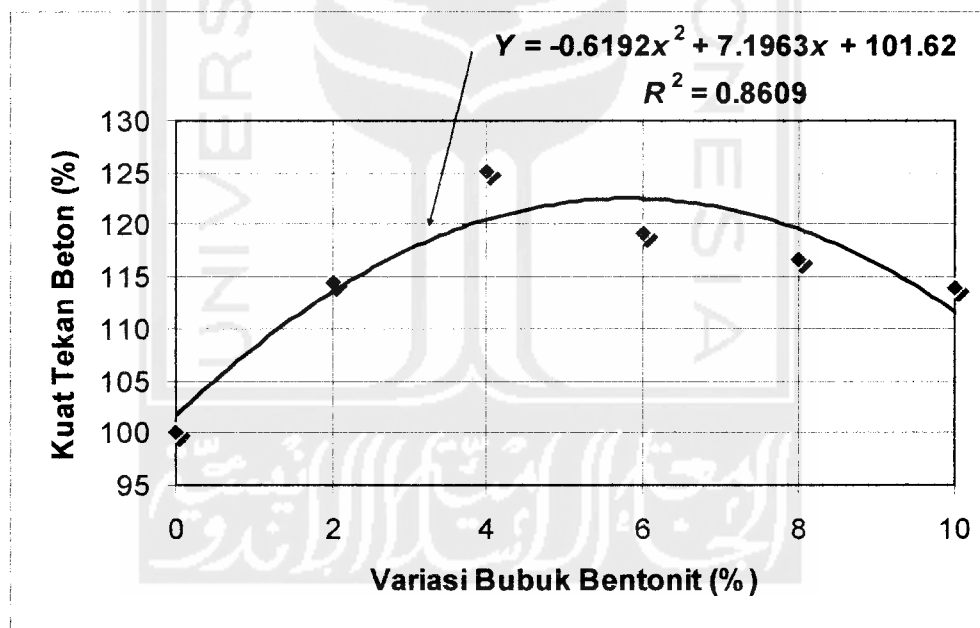
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f_{cr})



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh di laboratorium, yang ditunjukkan pada Tabel 5.14, didapatkan bahwa penambahan bubuk bentonit akan meningkatkan kuat desak beton pada semua variasi dibandingkan dengan beton tanpa penambahan bubuk bentonit. Sedangkan kuat desak maksimum didapat pada variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 4% yang menghasilkan kuat desak ($f'c$) 34,42976 MPa. Penambahan bubuk bentonit sebesar 4% ini meningkatkan kuat desak beton sebesar 18,57 % dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan hasil regresi polinomial, maka akan didapatkan hubungan antara penambahan bubuk bentonit dengan kuat desak beton yang bisa dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Hasil Regresi Polinomial
 $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$

x (penmbahan bubuk bentonit dalam %)	Y (kuat desak beton dalam MPa)
0	27.979
2	31.2594
4	33.1758
6	33.7282
8	32.9166
10	30.741

Untuk nilai optimum penambahan bubuk bentonit bisa dtentukan dengan cara

mencari nilai ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polynomial

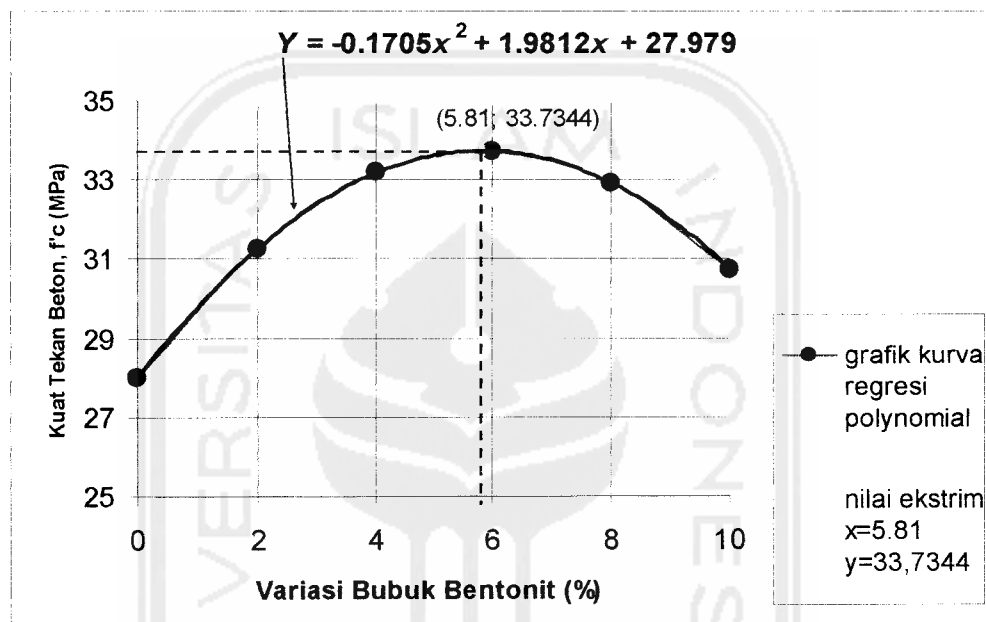
$$Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$$

Maka nilai x bisa dihitung, $x_{opt} = \frac{-1.9812}{2(-0.1705)}$

$$x_{opt} = 5,81$$

Nilai $x_{opt} = 5,81$ dimasukkan ke dalam persamaan $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$, yang akan menghasilkan nilai $Y_{maks} = 33,7344$ MPa

Hasil ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti bisa dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Regresi Polinomial
 $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$, maka nilai optimum penambahan bubuk bentonit adalah 5,81% yang akan menghasilkan peningkatan kuat desak beton sebesar 20,57% dibandingkan beton yang tanpa penambahan bubuk bentonit.

Penambahan bubuk bentonit sebagai *filler* terbukti bisa meningkatkan daya desak beton karena bubuk bentonit yang berukuran kecil (lolos saringan no 200) mengisi pori-pori kapiler pada beton, sehingga beton menjadi lebih padat dan



meningkat kuat desaknya. Bubuk bentonit sebagai *pozzolan* juga bisa mengikat kapur bebas yang merupakan sisa reaksi antara semen dan air untuk dibentuk untuk menjadi gel yang menambah lekatan antar agregat, sehingga meningkatkan kuat desak beton.

Pada penambahan bubuk bentonit di atas nilai optimum, beton justru akan mengalami penurunan kuat desak. Hal ini disebabkan penambahan bubuk bentonit yang berlebihan akan melebihi volume pori-pori kapiler yang ada sehingga bubuk bentonit justru akan mengurangi lekatan yang terjadi antara agregat dan semen. Ini disebabkan juga karena jumlah bubuk bentonit yang berada dalam campuran beton melebihi jumlah kapur bebas sisa reaksi semen dan air. Akibatnya kelebihan bubuk bentonit yang tidak bisa mengikat kapur bebas, tidak bisa membentuk gel dan menghalangi lekatan antara gel dan agregat. Hal ini tampak pada beton dengan penambahan di atas 6%, pecahan yang terjadi lebih disebabkan pada lepasnya beton dari agregat. Dengan kata lain, beton kurang kuat dalam mengikat agregat yang mengakibatkan penurunan kuat desak pada beton.

Bahan tambah bubuk bentonit yang berasal dari Nanggulan, Kulon Progo, bisa menyerap kelebihan air yang terdapat dalam campuran beton. Hal ini dibuktikan pada penurunan nilai slump yang bisa dilihat pada Tabel 5.6. Semakin besar penambahan bubuk bentonit, campuran beton menjadi semakin padat sehingga semakin susah dikerjakan walaupun masih masuk dalam nilai slump rencana. Hal ini berpengaruh pada tingkat kelecakan (keenceran) yang akan mempengaruhi tingkat workabilitas (daya pengerjaan), dan pada akhirnya berpengaruh pada mutu beton.