

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1.1 Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan berupa agregat dari AMP PT.Piranti Utama, kec. Tajinan kab. Malang yaitu Agregat Kasar (*Course Aggregate*) ukuran 10/20 mm, Agregat Halus (*Fine Aggregate*). Untuk bahan serbuk kaca memesan dari via online shoop.

1.2 Pemeriksaan Mutu Bahan

Dari hasil pengujian bahan di Laboratorium mineral, dan material maju (UNIVERSITAS MALANG) dinyatakan memiliki kadar silika sebesar 57,5% dan memiliki sifat pozzolan sebagaimana yang di butuhkan dalam perencanaan beton. Untuk data di lampirkan di lampiran.

Tabel 4 . 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN MATERIAL

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat isi agregat halus (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,73 1,94	-
2	Berat isi semen (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,16 1,32	-
3	Berat isi sregat kasar 10/20 (gr/cm ³) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,44 1,52	-
4	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Zone 2	-
5	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
6	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,75	Memenuhi
7	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20 (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,20	Memenuhi
8	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	0,10	Memenuhi
7	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
8	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	7,90 2,72	-
9	Kadar air <i>ssd</i> agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0,98 1,48	-
10	Bj <i>bulk</i> agregat halus Bj <i>ssd</i> agregat halus Bj <i>apparent</i> agregat halus Penyerapan agregat halus (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,69 2,70 2,72 0,44	Memenuhi - - Memenuhi
11	Bj <i>bulk</i> agregat kasar Bj <i>ssd</i> agregat kasar Bj <i>apparent</i> agregat kasar Penyerapan agregat kasar (%) absorpsi	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,72 2,75 2,81 1,25	Memenuhi - - Memenuhi
12	Bj Semen Tiga Roda Tipe 1/PCC	SNI 03-2531-1991	-	3,00	-
13	Konsistensi dan Waktu ikat semen normal •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45 Maks. 375	173 285	Memenuhi Memenuhi
14	Abrasi (<i>los angeles</i>) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	23,43	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

1.3 Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini digunakan perancangan campuran (*mix design*) berdasarkan metode DOE. Untuk perancangan campuran beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan sebelum melakukan proses perhitungan untuk menentukan komposisi campuran.

1.3.1 Perancangan Campuran Beton Mutu $f'c = 20$ MPa

1.3.1.1 Data Perencanaan

- $f'c$ Rencana = 20 MPa
- Slump Rencana = 80-120 mm
- Agregat Kasar Maksimum = 20 mm
- Agregat Halus = Zone II
- Volume Beton = $< 1000 \text{ m}^3$
- Jenis Semen = Tipe I (PC)
- Jenis Agregat Kasar = Dipecah
- Bj Agregat Halus (*SSD*) = 2,70
- Bj Agregat Kasar 10mm x 20mm (*SSD*) = 2,75

1.3.1.2 Menentukan Kuat Tekan Rencana

Tabel 4 . 2 Standar Deviasi Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar S (Mpa)		
Sebutan	Jumlah Beton (M3)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	<1000	4.5<S<5.5	5.5<S<6.5	6.5<S<8.5
Sedang	1000-3000	3.5<S<4.5	4.5<S<5.5	5.5<S<7.5
Besar	>3000	2.5<S<3.5	3.5<S<4.5	4.5<S<6.5

Sumber : Buku Teknologi Beton, Tri Mulyono

Berdasarkan dari data perencanaan diketahui volume pekerjaan $< 1000 \text{ m}^3$, oleh karena itu standar deviasi yang dapat digunakan adalah baik $5,5 < S <$

6,5. Jadi standar deviasi dipakai 6 MPa.

➤ Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 \times S$$

$$= 20 + 1,34 \times 6$$

$$= 28,04 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 \times S - 3,5$$

$$= 20 + 2,33 \times 6 - 3,5$$

$$= 30,48 \text{ MPa}$$

Keterangan :

f'_c : Kuat tekan rencana

S : Nilai deviasi

Jadi kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} di pilih yang terbesar, yaitu 30,48 MPa.

1.3.1.3 Menentukan Faktor Air Semen

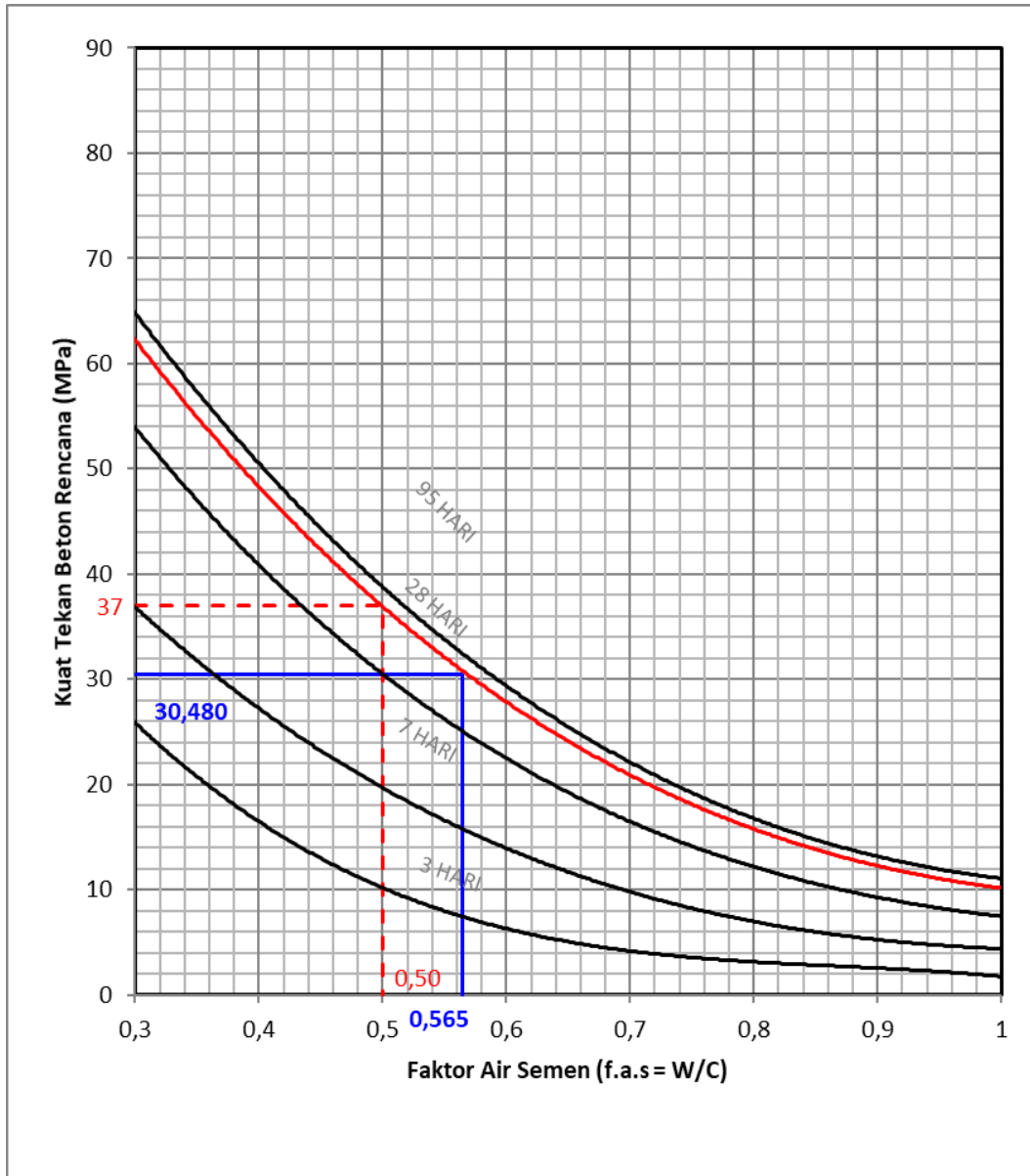
Tabel 4 . 3 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (W/C) = 0,5

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Selinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Selinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Dari tabel diatas dapat ditentukan kuat tekan beton dengan faktor air semen (W/C) = 0,5 dengan tipe semen tipe I dengan jenis agregat kasar dipecah dan umur rencana 28 hari = 37 MPa.

Grafik 4 . 1 Kurva hubungan kekuatan tekan beton dengan W/C



Sumber : Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2003)

dari pembacaan grafik diatas didapat $W/C = 0,565$

1.3.1.4 Menentukan Kadar Air Bebas Dan Jumlah Semen

- Ukuran maks = 20 mm
- Slump = 80 -120 mm

Tabel 4 . 4 Kadar Air Bebas

ukuran max. agregat (mm)	jenis aregat	jumlah air (kg/m3) utnuk			
		slump mm			
		0-10	10--30	30-60	60-180
10	tidak di pecah	150	180	205	225
	di pecah	180	205	230	250
20	tidak di pecah	135	160	180	195
	di pecah	170	190	210	225
40	tidak di pecah	115	140	160	175
	di pecah	155	175	190	205

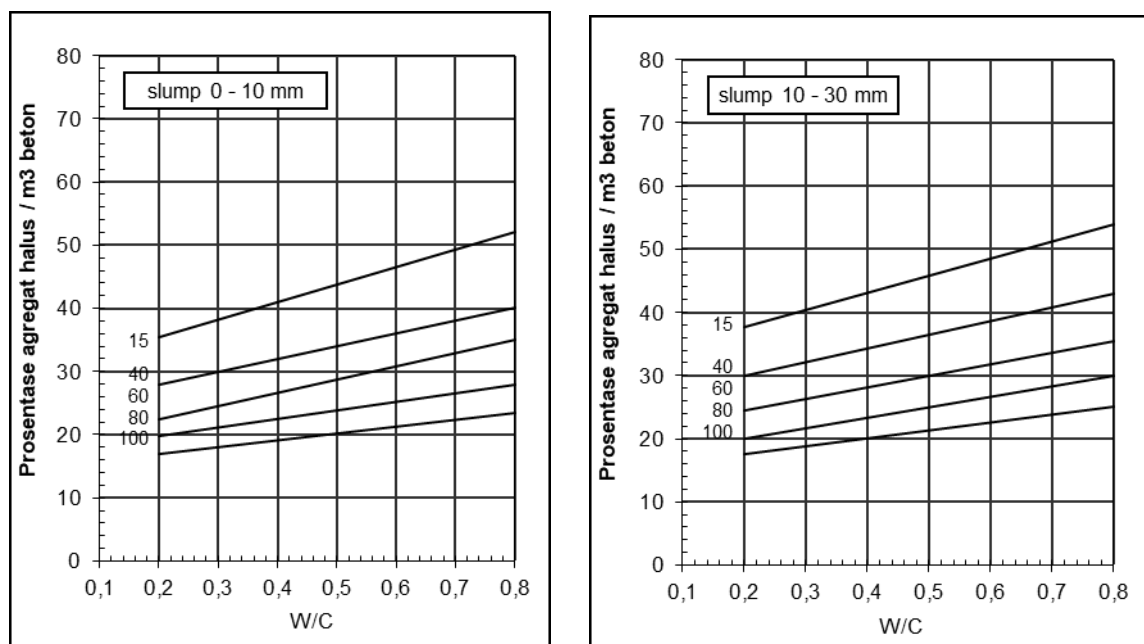
Sumber : Hasil Perhitungan

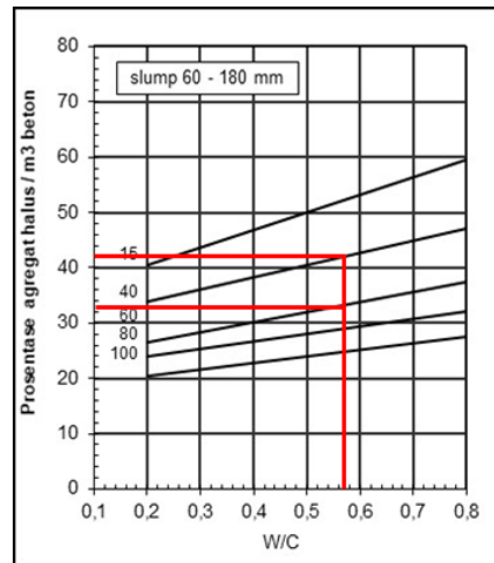
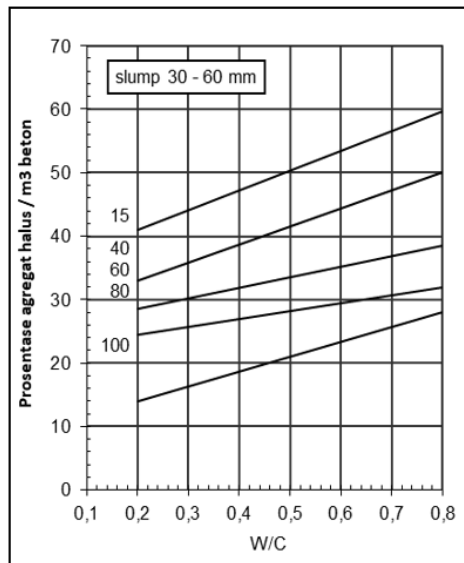
$$W = \frac{2}{3}w_f + \frac{1}{3}w_c = \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225 = 205 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah Semen pc} = \frac{w}{\text{fas}} = \frac{205}{0,565} = 362,83 \text{ kg/m}^3$$

1 Menentukan Presentase Agregat Halus

Grafik 4 . 2 Penentuan Prosentase agregat halus untuk diameter maksimum 20 mm





Persyaratan memenuhi prosentase agregat halus meliputi :

- Zona agregat halus = 2
- Faktor air semen (W/C) = 0,565
- Nilai slump = 80-120 mm

Perhitungan yang didapat dari hasil pembacaan grafik 4.2 sebagai berikut :

- Batas atas = 42
- Batas bawah = 33

Perhitungan prosentase agregat halus didapat :

$$\frac{42 + 33}{2} = 37,5\%$$

Kesimpulan :

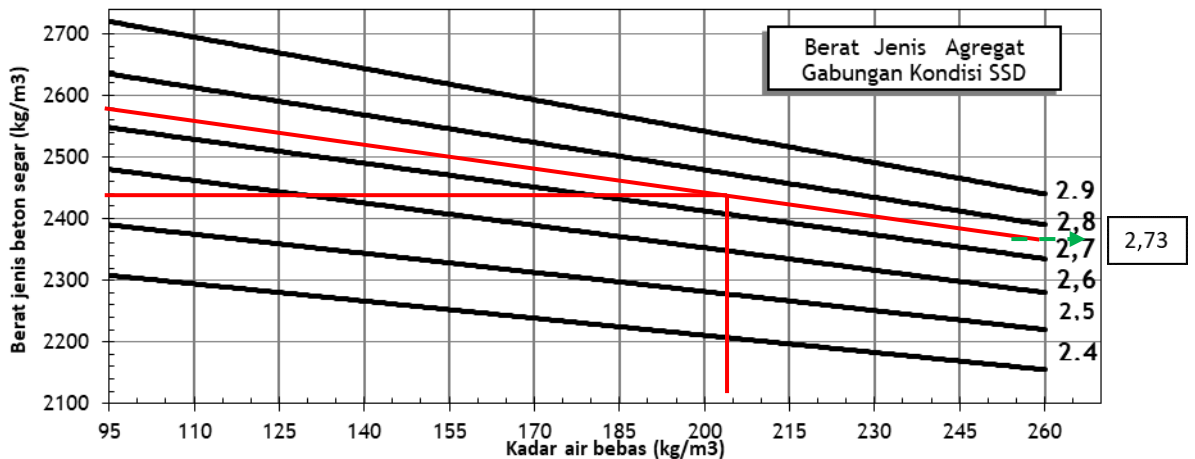
Sehingga dari perhitungan yang didapat memenuhi persyaratan 100% dari hasil percampuran antara agregat halus ditambah dengan agregat kasar. Didapat nilai prosentase agregat halus = 37,5%, dan prosentase agregat kasar = 62,5%.

1.3.1.5 Menentukan Berat Jenis Beton Segar

Menentukan berat jenis agregat campuran :

$$\begin{aligned} B.J &= \frac{(\text{prosentase agt.halus} \times B.J \text{ halus}) + (\text{prosentase agt.kasar} \times B.J \text{ kasar})}{100} \\ &= \frac{(37,5 \times 2,70) + (62,5 \times 2,75)}{100} \\ &= 2,73 \% \end{aligned}$$

Grafik 4 . 3 Berat Jenis Beton Segar



Sumber : Hasil Perhitungan

Kesimpulan :

Syarat lihat kadar air bebas = 205 kg/m³

Kemudian lihat grafik berat jenis beton segar didapat = 2425 kg/m³

2 Menentukan Jumlah Agregat Kondisi SSD

a. Total agregat = B.J Beton Segar – Jumlah Semen – W
= 1857,17 kg/m³

b. Jumlah agregat halus = Presentase agregat Halus x Total Agregat

$$= 696,44 \text{ kg/m}^3$$

c. Jumlah agregat kasar = Presentase agregat Kasar x Total Agregat

$$= 1160,73 \text{ kg/m}^3$$

1.3.1.6 Menentukan Komposisi Campuran Kondisi di Lapangan

a. Semen = 512,50 kg/m³

b. Agregat Kasar Asli = $\frac{100 + wc \text{ asli}}{100 + wc \text{ ssd}}$ x agregat kasar ssd

$$= \frac{102,72}{101,48} \times 1160,73$$

$$= 1174,90 \text{ kg/m}^3$$

c. Agregat Halus Asli = $\frac{100 + wc \text{ asli}}{100 + wc \text{ ssd}}$ x agregat kasar ssd

$$= \frac{107,90}{100,98} \times 696,438$$

$$= 744,16 \text{ kg/m}^3$$

c. Agregat Halus Asli = W + 744,16 – 696,438 + 1174,90 – 1160,73

$$= 266,89 \text{ kg/m}^3$$

1.3.1.7 Menentukan Presentase Agregat Halus dan Agregat Kasar

Penentuan presentase agregat kasar dan agregat halus menggunakan perhitungan cara analitis agregat kasar gabungan berdasarkan SNI 03-2384-2000. Hasil perhitungan didapatkan seperti tabel berikut :

Tabel 4 . 5 Hasil Perhitungan Prosentase Gradasi Gabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif Agregat		% Lolos Agregat		% Lolos Agregat Gabungan Halus & Kasar
			Halus	Kasar	
	Halus	Kasar	37,97	62,03	Hasil
76,2 mm (3")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
38,1 mm (1 1/2")	100,00	100,00	37,97	62,03	100,00
19,1 mm (3/4")	100,00	97,28	37,97	60,34	98,31
9,60 mm (3/8")	100,00	52,46	37,97	32,54	70,51
4,75 mm (No. 4)	98,27	0,04	37,32	0,02	37,34
2,36 mm (No. 8)	93,10	0,00	35,35	0,00	35,35
1,18 mm (No. 16)	72,30	0,00	27,45	0,00	27,45
0,60 mm (No. 30)	40,72	0,00	15,46	0,00	15,46
0,30 mm (No. 50)	22,44	0,00	8,52	0,00	8,52
0,15 mm (No. 100)	6,13	0,00	2,33	0,00	2,33
0,075 mm (No. 200)	0,79	0,00	0,30	0,00	0,30
pan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan secara analitis agregat kasar dan agregat halus gabungan (ditinjau pada saringan 9,60 mm) dan presentase gabungan diharapkan pada saringan tersebut sebesar 71,00%.

- Perhitungan presentase

$$70,51 = \frac{y_1 X + y_2 (100-X)}{100}$$

$$70,51 = \frac{100X + 52,455 (100-X)}{100}$$

$$70,51 = 100X + 5245,5 - 52,455X$$

$$7051 - 5245,5 = 100X - 52,455X$$

$$1805,5 = 47,545 X$$

$$X = \frac{1805,5}{47,545} = 37,974 \% \text{ (agregat halus)}$$

$$= 100\% - 37,974\% = 62,025\% \text{ (agregat kasar)}$$

Dimana :

y1 = lewat kumulatif agregat halus pada saringan 9,60 mm

y2 = lewat kumulatif agregat kasar pada saringan 9,60 mm

Setelah presentase dari kedua agregat tersebut didapatkan, kemudian masing- masing presentase dari kedua agregat dikalikan dengan lewat kumulatif dari kedua agregat mulai dari saringan terbesar hingga pan. Hasil dari kedua perkalian tersebut dijumlahkan sehingga menjadi hasil dari gabungan kedua agregat.

➤ Contoh perhitungan :

- % lolos gabungan agregat halus

$$\text{Saringan 9,6 mm} = \frac{37,974\% \times 100}{100} = 37,974 \%$$

- % lolos gabungan agregat kasar

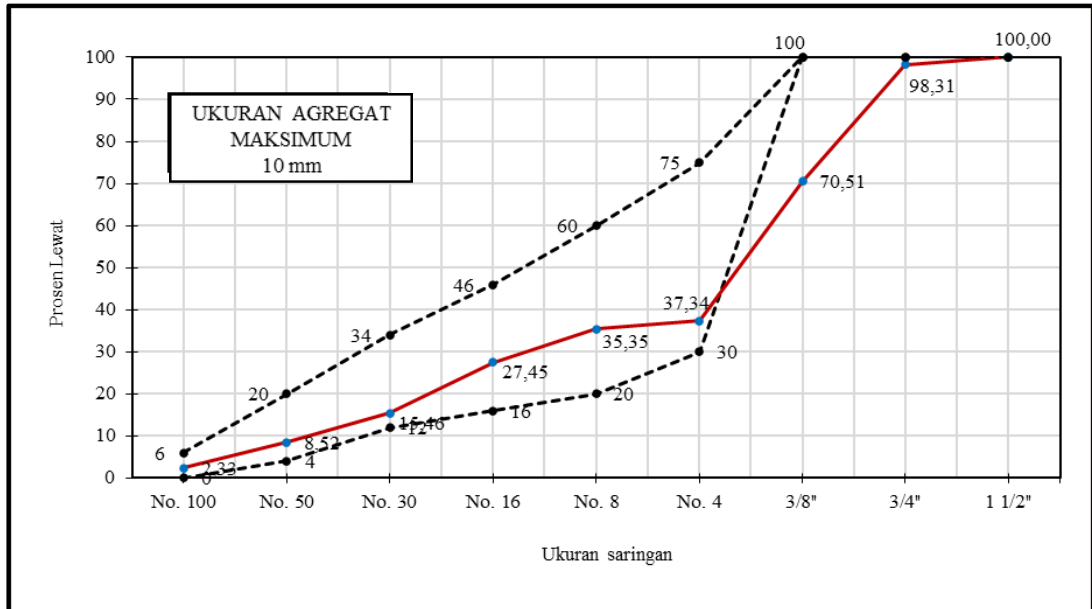
$$\text{Saringan 9,6 mm} = \frac{62,025\% \times 52,46}{100} = 32,54 \%$$

- Hasil % lolos gabungan agregat halus dan agregat kasar

$$\text{Saringan 9,6 mm} = 37,974 + 32,54 = 70,51 \%$$

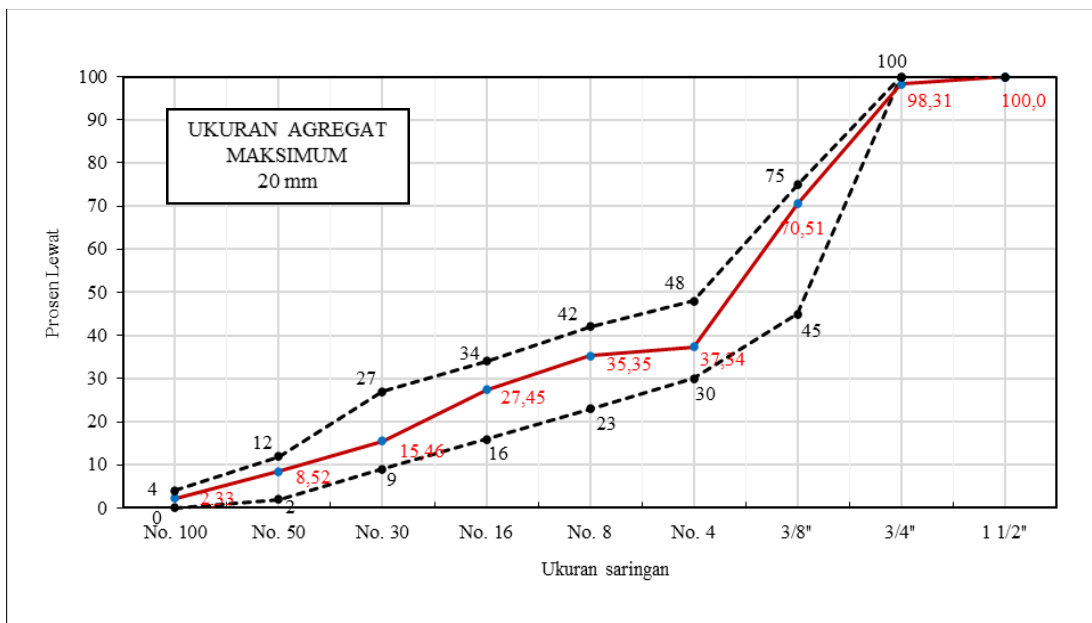
Hasil gabungan dari kedua agregat kemudian dimasukkan kedalam grafik batas gradasi agregat gabungan agregat halus dan agregat kasar untuk mengoreksi hasil hitungan, sesuai dengan batas-batas seperti pada grafik dibawah ini.

Grafik 4. 4 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 10 mm



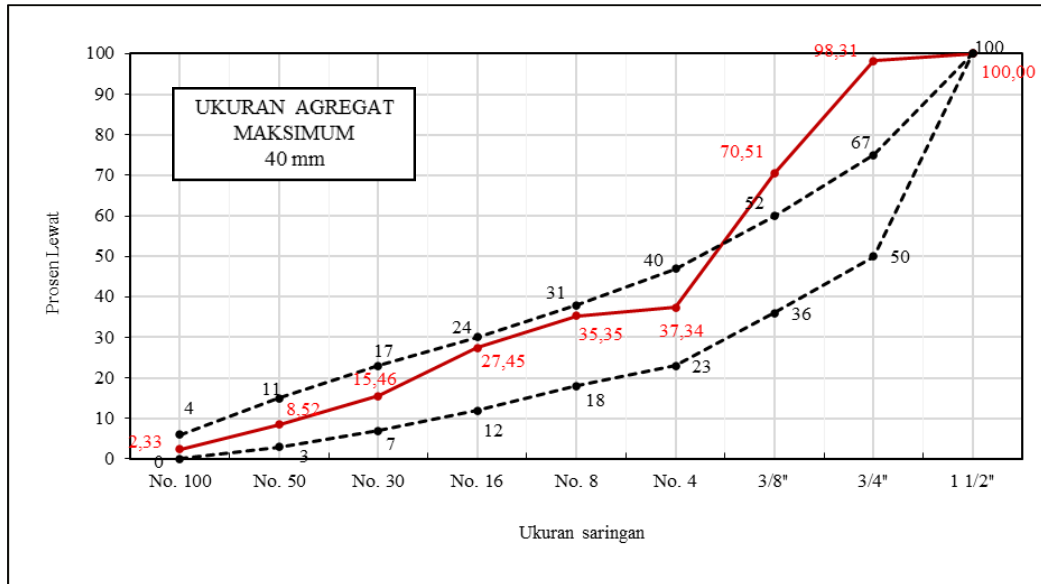
Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Grafik 4. 5 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 20 mm



Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Grafik 4 . 6 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar maksimal 40 mm



Sumber : Gradasi Gabungan - SNI-03-2834-2000

Kesimpulan :

Dari hasil perhitungan dan di masukan ke dalam grafik menunjukkan bahwa hasil dari kelolosan agregat halus dinyatakan memenuhi SNI dengan penggunaan agregat maksimum 20mm.

1.4 Perhitungan Menentukan Presentase Serbuk Kaca Pada Campuran

Beton

Tabel 4 . 6 Prosentase Penambahan Serbuk Kaca Pada Beton

<i>Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan</i>						
Jumlah Bahan Per M ³	Variasi Serbuk Kaca (%)					
	0	2,5	5	7,5	10	
serbuk kaca (Kg)	0	9,07	18,14	27,21	36,28	
Semen (Kg)	362,83	353,76	344,69	335,62	326,55	
Agregat Halus (Kg)	750,83	750,83	750,83	750,83	750,83	
Agregat Kasar 10/20 (Kg)	1158,15	1158,15	1158,15	1158,15	1158,15	
Air Lapangan (Kg)	136,11	136,11	136,11	136,11	136,11	
Berat Beton Segar (Kg)	2407,93	2407,93	2407,93	2407,93	2407,93	
<i>Kebutuhan Campuran Beton Benda Uji Selinder & Balok Kondisi Lapangan</i>						
Jumlah Bahan Campuran Benda Uji Selinder & Balok	Variasi Serbuk Kaca (%)					Total Bahan Campuran
	0	2,5	5	7,5	10	
serbuk kaca (Kg)	0	0,74	1,48	2,22	2,96	7,40
Semen (Kg)	29,60	28,86	28,12	27,38	26,64	140,61
Agregat Halus (Kg)	61,26	61,26	61,26	61,26	61,26	306,28
Agregat Kasar 10/20 mm (Kg)	94,49	94,49	94,49	94,49	94,49	472,44
Air Lapangan (Kg/L)	11,10	11,10	11,10	11,10	11,10	55,52
Jumlah Selinder	12	12	12	12	12	60
Jumlah Balok	2	2	2	2	2	10

Sumber : Hasil Perhitungan

➤ Contoh Perhitungan :

Faktor kehilangan : 1,5

1 slinder : $3,14 \times 0,075 \times 0,075 \times 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

12 slinder : $0,0053 \times 12 = 0,06359 \text{ m}^3$

1 balok : $0,15 \times 0,15 \times 0,4 = 0,009 \text{ m}^3$

2 balok : $0,009 \times 2 = 0,018 \text{ m}^3$

Total 12 slinder 2 balok yakni : $0,08159 \text{ m}^3$

➤ Menghitung kebutuhan pada variasi 2,5%

Serbuk kaca : $0,08159 \text{ m}^3 \times 9,07 \times 1,5 = 1,11 \text{ Kg}$

Semen : $0,08159 \text{ m}^3 \times 353,76 \times 1,5 = 43,29 \text{ Kg}$

$$\text{Agregat halus} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 750,83 \times 1,5 = 91,89 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregat kasar 10/20} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 1158,15 \times 1,5 = 141,73 \text{ Kg}$$

$$\text{Air lapangan} : 0,08159 \text{ m}^3 \times 136,11 \times 1,5 = 16,66 \text{ Kg/L}$$

1.5 Analisa Data Kuat Tekan, Tarik, Dan Belah.

Data perhitungan kuat tekan, tarik, dan belah didapat dari hasil pengujian sampel penelitian yang diambil dan selanjutnya akan ditentukan besarnya kuat tekan beton dengan masing – masing presentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%.

- a. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tekan Kode 2,5% 1 selinder :

SNI 1974 – 2011.

$$P = 557 \text{ KN} \longrightarrow = 557000 \text{ N}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 150^2$$

$$= 17678,5714$$

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{557000}{17678,5714} \\ &= 31,507 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan benda uji (MPa)

A = Luas Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

- b. Contoh Perhitungan umur 28 hari Belah Kode 2,5% 1 selinder :

SNI 2491 – 2014

$$P = 202 \text{ KN} \longrightarrow = 202000 \text{ N}$$

$$f's = \frac{2 \times P}{\pi \times t \times D}$$

$$= \frac{2 \times 202000}{3,14 \times 300 \times 150}$$

$$= 2,857 \text{ MPa}$$

Dimana :

$f's$ = Kuat belah benda uji (MPa)

t = Tinggi Penampang (mm)

D = Diameter Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

c. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tarik Kode 2,5% 1 balok (Tengah) :

SNI 4431-2011

$$P = 29 \text{ KN} \longrightarrow = 29000 \text{ N}$$

$P1$ = P . Total – (selisih tumpuan)

$$= 600 - (15 \times 2)$$

$$= 570 \text{ mm}$$

$$f'r = \frac{P \times P1}{b \times h^2}$$

$$= \frac{29000 \times 570}{150 \times 150^2}$$

$$= 4,728 \text{ MPa}$$

d. Contoh Perhitungan umur 28 hari Tarik Kode 2,5% 1 balok (Tepi) :

SNI 0016-72, SNI-0233-89-A

$$f'r = \frac{3 \times P \times a}{b \times h^2}$$

Dimana :

$f'r$ = Kuat lentur benda uji (MPa)

$P1$ = Panjang Tumpuan (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

h = Tinggi Benda Uji (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

Dengan cara yang sama selanjutnya akan di tabelkan :

Tabel 4 . 7 Nilai Kuat Tekan Selindir Umur 28 Hari

Untuk volume balok = 13500 cm³

Untuk volume silinder = 5303,571 cm³

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Tekan Hancur (KN)	Kuat Tekan Hancur 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000	12,960	627	35,467	31,721
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000		611	34,562	
3	0 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,481	13,160		580	32,808	
4	0 % 4	07/07/2021	03/08/2021	28	2,438	12,930		486	27,491	
5	0 % 5	07/07/2021	03/08/2021	28	2,444	12,960		475	26,869	
6	0 % 6	07/07/2021	03/08/2021	28	2,436	12,920		586	33,147	
7	0 % 7	07/07/2021	03/08/2021	28	2,408	12,770		523	29,584	
8	0 % 8	07/07/2021	03/08/2021	28	2,413	12,800		585	33,091	
9	0 % 9	07/07/2021	03/08/2021	28	2,470	13,100		574	32,469	
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,398	12,720	12,940	557	31,507	31,432
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,446	12,970		476	26,925	
3	2,5 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,470	13,100		570	32,242	
4	2,5 % 4	07/07/2021	03/08/2021	28	2,451	13,000		579	32,752	
5	2,5 % 5	07/07/2021	03/08/2021	28	2,449	12,990		602	34,053	
6	2,5 % 6	07/07/2021	03/08/2021	28	2,434	12,910		544	30,772	
7	2,5 % 7	07/07/2021	03/08/2021	28	2,413	12,800		540	30,545	
8	2,5 % 8	07/07/2021	03/08/2021	28	2,464	13,070		560	31,677	
9	2,5 % 9	07/07/2021	03/08/2021	28	2,432	12,900		573	32,412	
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,444	12,960	12,837	514	29,075	29,860
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,415	12,810		531	30,036	
3	5 % 3	08/07/2021	04/08/2021	28	2,419	12,830		553	31,281	
4	5 % 4	08/07/2021	04/08/2021	28	2,408	12,770		525	29,697	
5	5 % 5	08/07/2021	04/08/2021	28	2,402	12,740		501	28,339	
6	5 % 6	08/07/2021	04/08/2021	28	2,429	12,880		559	31,620	
7	5 % 7	08/07/2021	04/08/2021	28	2,444	12,960		510	28,848	
8	5 % 8	08/07/2021	04/08/2021	28	2,427	12,870		528	29,867	
9	5 % 9	08/07/2021	04/08/2021	28	2,396	12,710		530	29,980	
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,380	12,620	12,688	495	28,000	28,729
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,410	12,780		480	27,152	
3	7,5 % 3	09/07/2021	05/08/2021	28	2,389	12,670		518	29,301	
4	7,5 % 4	09/07/2021	05/08/2021	28	2,391	12,680		517	29,244	
5	7,5 % 5	09/07/2021	05/08/2021	28	2,389	12,670		583	32,978	
6	7,5 % 6	09/07/2021	05/08/2021	28	2,385	12,650		505	28,566	
7	7,5 % 7	09/07/2021	05/08/2021	28	2,419	12,830		481	27,208	
8	7,5 % 8	09/07/2021	05/08/2021	28	2,363	12,530		476	26,925	
9	7,5 % 9	09/07/2021	05/08/2021	28	2,406	12,760		516	29,188	
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,380	12,620	12,630	450	25,455	26,127
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,395	12,700		468	26,473	
3	10 % 3	10/07/2021	06/08/2021	28	2,363	12,530		472	26,699	
4	10 % 4	10/07/2021	06/08/2021	28	2,400	12,730		461	26,077	
5	10 % 5	10/07/2021	06/08/2021	28	2,357	12,500		421	23,814	
6	10 % 6	10/07/2021	06/08/2021	28	2,393	12,690		501	28,339	
7	10 % 7	10/07/2021	06/08/2021	28	2,406	12,760		451	25,511	
8	10 % 8	10/07/2021	06/08/2021	28	2,346	12,440		465	26,303	
9	10 % 9	10/07/2021	06/08/2021	28	2,395	12,700		468	26,473	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 8 Nilai Kuat Belah Selindir Umur 28 Hari

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Belah Hancur (KN)	Kuat Belah Hancur 28Hari (MPa)	Belah Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,430	12,890	12,867	208	2,941	2,871
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,442	12,950		192	2,715	
3	0 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,406	12,760		209	2,956	
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,417	12,820	12,807	202	2,857	2,767
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,421	12,840		186	2,630	
3	2,5 % 3	07/07/2021	03/08/2021	28	2,406	12,760		199	2,814	
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,412	12,790	12,743	198	2,800	2,692
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,421	12,840		189	2,673	
3	5 % 3	08/07/2021	04/08/2021	28	2,376	12,600		184	2,602	
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,427	12,870	12,730	172	2,432	2,498
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,366	12,550		183	2,588	
3	7,5 % 3	09/07/2021	05/08/2021	28	2,408	12,770		175	2,475	
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,410	12,780	12,710	144	2,036	2,197
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,387	12,660		153	2,164	
3	10 % 3	10/07/2021	06/08/2021	28	2,393	12,690		169	2,390	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 9 Nilai Kuat Lentur Balok Umur 28 Hari

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	berat isi (kg)	Berat (kg)	Berat Rata-Rata (Kg)	Kuat Tarik Lentur Hancur (KN)	Kuat Tarik Lentur Hancur 28 Hari (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-Rata 28 Hari (MPa)	keruntuhan yang di terima
1	0 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,684	36,230	35,640	29,500	4,982	4,856	Tengah
2	0 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,596	35,050		28,000	4,729		Tengah
1	2,5 % 1	07/07/2021	03/08/2021	28	2,701	36,470	35,560	29,000	4,898	4,813	Tengah
2	2,5 % 2	07/07/2021	03/08/2021	28	2,567	34,650		28,000	4,729		Tengah
1	5 % 1	08/07/2021	04/08/2021	28	2,679	36,160	35,395	28,000	4,729	4,391	Tengah
2	5 % 2	08/07/2021	04/08/2021	28	2,565	34,630		24,000	4,053		Tengah
1	7,5 % 1	09/07/2021	05/08/2021	28	2,591	34,980	35,355	26,000	4,391	4,053	Tengah
2	7,5 % 2	09/07/2021	05/08/2021	28	2,647	35,730		22,000	3,716		Tengah
1	10 % 1	10/07/2021	06/08/2021	28	2,505	33,820	35,005	21,000	3,547	3,293	Tengah
2	10 % 2	10/07/2021	06/08/2021	28	2,681	36,190		18,000	3,040		Tengah

Sumber : Hasil Perhitungan

1.6 Perbandingan Prosentase Kuat Belah, Lentur Terhadap Kuat Tekan

Tabel 4 . 10 Tabel Perbandingan Kuat Belah terhadap Kuat Tekan

No	Kadar	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)	Belah Rata-Rata 28 Hari (MPa)	fc/fr (%)
1	0%	31,721	2,871	11,050
2	2,50%	31,432	2,767	11,359
3	5%	29,860	2,692	11,094
4	7,50%	28,729	2,498	11,499
5	10%	26,127	2,197	11,894

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 11 Tabel Perbandingan Kuat Lentur terhadap Kuat Tekan

No	Kadar	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)	Lentur Rata-Rata 28 Hari (MPa)	fc/fs (%)
1	0%	31,721	4,856	6,533
2	2,50%	31,432	4,813	6,530
3	5%	29,860	4,391	6,800
4	7,50%	28,729	4,053	7,088
5	10%	26,127	3,293	7,933

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil prosentase perbandingan kuat belah, dan lentur terhadap kuat tekan didapatkan nilai rata-rata nya yaitu untuk kuat belah terhadap kuat tekan yaitu sebesar 11,379 MPa, dan kuat lentur terhadap kuat tekan yaitu sebesar 6,976 MPa.

1.7 Pengujian Interval Kepercayaan

Data – data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data – data tersebut dapat mendekati angka valid. Dalam pengujian ini interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya 95% adalah data – data yang dapat dipercaya. Data – data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data – data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 4 . 10 Data Pengujian Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Tekan
1	31,507
2	26,925
3	32,242
4	32,752
5	34,053
6	30,772
7	30,545
8	31,677
9	32,412
X	31,432

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{31,507+26,925+32,242+26,925+34,053+30,772+30,545+31,677+32,412}{9} \\
 &= 31,432
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(31,507-31,432)^2+(26,925-31,432)^2+(32,242-31,432)^2+(32,752-31,432)^2+(34,053-31,432)^2+(30,772-31,432)^2+(30,545-31,432)^2+(31,677-31,432)^2+(32,412-31,432)^2}{9-1}} \\
 &= 1,994
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1+(1-0,05)) = 0,975$$

$$dk = n-1 = 2$$

$$[t_{0,975}] = 4,30$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t0,975] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) \\
 &= 31,432 - (2,306 \times \frac{1,994}{\sqrt{9}}) < \mu < 31,432 + (2,306 \times \frac{1,994}{9}) \\
 &= 28,776 < \mu < 34,087
 \end{aligned}$$

Tabel 4 . 11 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t0,975	Interval Kepercayaan		
0%	31,721	3,036	0,975	8	2,306	27,678	< μ <	35,763
2,5%	31,432	1,994	0,975	8	2,306	28,776	< μ <	34,087
5%	29,860	1,069	0,975	8	2,306	28,437	< μ <	31,196
7,5%	28,729	1,853	0,975	8	2,306	26,262	< μ <	31,196
10%	26,127	1,208	0,975	8	2,306	24,519	< μ <	27,735

Tabel 4 . 12 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Tekan

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	35,467	31,721	3,036	0,975	8	2,306	27,678	35,763	TRUE	1
2	34,562								TRUE	1
3	32,808								TRUE	1
4	27,491								FALSE	0
5	26,869								FALSE	0
6	33,147								TRUE	1
7	29,584								TRUE	1
8	33,091								TRUE	1
9	32,469								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	31,507	31,432	1,994	0,975	8	2,306	28,776	34,087	TRUE	1
2	26,925								FALSE	0
3	32,242								TRUE	1
4	32,752								TRUE	1
5	34,053								TRUE	1
6	30,772								TRUE	1
7	30,545								TRUE	1
8	31,677								TRUE	1
9	32,412								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										8

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	29,075	29,860	1,069	0,975	8	2,306	28,437	31,284	TRUE	1
2	30,036								TRUE	1
3	31,281								TRUE	1
4	29,697								TRUE	1
5	28,339								FALSE	0
6	31,620								FALSE	0
7	28,848								TRUE	1
8	29,867								TRUE	1
9	29,980								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	28,000	28,729	1,853	0,975	8	2,306	26,262	31,196	TRUE	1
2	27,152								TRUE	1
3	29,301								TRUE	1
4	29,244								TRUE	1
5	32,978								FALSE	0
6	28,566								TRUE	1
7	27,208								TRUE	1
8	26,925								TRUE	1
9	29,188								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										8

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10%

No	Data	X	s	P	dk	t _{0,975}	Min	Max		
1	25,455	26,127	1,208	0,975	8	2,306	24,519	27,735	TRUE	1
2	26,473								TRUE	1
3	26,699								TRUE	1
4	26,077								TRUE	1
5	23,814								FALSE	0
6	28,339								FALSE	0
7	25,511								TRUE	1
8	26,303								TRUE	1
9	26,473								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										7

Tabel 4 . 13 Data Pengujian Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Belah
1	2,857
2	2,630
3	2,814
X	2,767

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n}$$

$$= \frac{2,857+2,630+2,767}{3-1}$$

$$= 2,767$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2,857-2,767)^2 + (2,630-2,767)^2 + (2,814-2,767)^2}{3-1}} = 0,120$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1 + (1 - 0,05)) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 2$$

$$[t_{0,975}] = 4,303$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t_{0,975}] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}})$$

$$= 2,767 - (4,303 \times \frac{0,120}{\sqrt{3}}) < \mu < 2,767 + (4,303 \times \frac{0,120}{\sqrt{3}})$$

$$= 2,468 < \mu < 3,066$$

Tabel 4 . 14 Interval Kepercayaan Kuat Belah Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0%	2,871	0,135	0,975	2	4,303	2,536	< μ <	3,206
2,5%	2,767	0,100	0,975	2	4,303	2,468	< μ <	3,066
5%	2,692	0,100	0,975	2	4,303	2,442	< μ <	2,941
7,5%	2,498	0,080	0,975	2	4,303	2,299	< μ <	2,698
10%	2,197	0,179	0,975	2	4,303	1,752	< μ <	2,641

Tabel 4 . 15 Data Pengujian Kuat Belah Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,941	2,871	0,135	0,975	2	4,30	2,536	3,206	TRUE	1
2	2,715								TRUE	1
3	2,956								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,857	2,767	0,120	0,975	2,000	4,303	2,468	3,066	TRUE	1
2	2,630								TRUE	1
3	2,814								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,800	2,692	0,100	0,975	2	4,30	2,442	2,941	TRUE	1
2	2,673								TRUE	1
3	2,602								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,432	2,498	0,080	0,975	2	4,30	2,299	2,698	TRUE	1
2	2,588								TRUE	1
3	2,475								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10% Belah

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2,036	2,197	0,179	0,975	2	4,30	1,752	2,641	TRUE	1
2	2,164								TRUE	1
3	2,390								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4 . 16 Data Pengujian Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca

No	Data Kuat Lentur
1	4,898
2	4,729
X	4,813

Dari data diatas maka dicari nilai :

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\ &= \frac{4,898+4,729}{2-1} \\ &= 4,813 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(4,898-4,813)^2 + (4,729-4,813)^2}{3-1}} = 0,119 \end{aligned}$$

$$P = \frac{1}{2} \times (1 + (1 - 0,05)) = 0,975$$

$$dk = n - 1 = 1$$

$$[t_{0,975}] = 12,71$$

Keterangan :

X = Nilai Rata-Rata

S = Standart Deviasi

P = Persentil

[t_{0,975}] = Nilai Pada Persentil

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= x - (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) < \mu < x + (t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}) \\ &= 4,813 - (12,71 \times \frac{0,119}{\sqrt{2}}) < \mu < 4,813 + (12,71 \times \frac{0,119}{2}) \\ &= 3,740 < \mu < 5,887 \end{aligned}$$

Tabel 4 . 17 Interval Kepercayaan Kuat Lentur Beton 2,5 % Serbuk Kaca

Variasi Serbuk Kaca %	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0%	4,856	0,179	0,975	1	12,71	3,246	< μ <	6,465
2,5%	4,813	0,119	0,975	1	12,71	3,740	< μ <	5,887
5%	4,391	0,478	0,975	1	12,71	0,098	< μ <	8,684
7,5%	4,053	0,478	0,975	1	12,71	-0,240	< μ <	8,346
10%	3,293	0,358	0,975	1	12,71	0,073	< μ <	6,513

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 . 18 Data Pengujian Kuat LenturBeton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 0% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,982	4,856	0,179	0,975	1,00	12,71	3,246	6,465	TRUE	1
2	4,729								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 2,5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,898	4,813	0,119	0,975	1,000	12,710	3,740	5,887	TRUE	1
2	4,729								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,729	4,391	0,478	0,975	1,00	12,71	0,098	8,684	TRUE	1
2	4,053								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 7,5% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4,391	4,053	0,478	0,975	1,00	12,71	-0,240	8,346	TRUE	1
2	3,716								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

Interval Kepercayaan kadar Campuran Serbuk Kaca 10% Lentur

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3,547	3,293	0,358	0,975	1,00	12,71	0,073	6,513	TRUE	1
2	3,040								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										2

1.8 Pengujian Regresi

Perhitungan ini digunakan sebagai pembandingan dari persamaan dan koefisien determinasi (R^2) yang didapat dari program Microsoft Excel 2007. Perhitungan yang digunakan adalah Analisis Regresi Non Linier.

Pada penelitian ini untuk menganalisis variasi kadar beton terhadap kuat tekan, belah, dan tarik pada campuran beton, maka digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjono,1996;338), dengan regresi bentuk persamaan :

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2$$

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sum Y &= na + b\sum X + c\sum X^2 \\ \sum XY &= a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3 \\ \sum X^2Y &= a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4\end{aligned}$$

Tabel 4 . 19 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	35,4667	31,507	29,075	28,000	25,455
2	34,5616	26,925	30,036	27,152	26,473
3	32,8081	32,242	31,281	29,301	26,699
4	27,4909	32,752	29,697	29,244	26,077
5	26,8687	34,053	28,339	32,978	23,814
6	33,1475	30,772	31,620	28,566	28,339
7	29,5838	30,545	28,848	27,208	25,511
8	33,0909	31,677	29,867	26,925	26,303
9	32,4687	32,412	29,980	29,188	26,473
Rata"	31,721	31,432	29,860	28,729	26,127

Tabel 4 . 20 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	31,721	1006,207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	2,5	31,432	987,949	6,250	15,625	39,063	78,579	196,448
3	5,0	29,860	891,642	25,000	125,000	625,000	149,302	746,510
4	7,5	28,729	825,359	56,250	421,875	3164,063	215,468	1616,010
5	10,0	26,127	682,623	100,000	1000,000	10000,00	261,270	2612,705
Total (∑)	25	147,869	4393,780	187,500	1562,500	13828,13	704,620	5171,672

Dari tabel 4.20. maka didapat persamaan :

$$\begin{aligned}147,869 &= 5a + 25b + 187,500c \\ 704,620 &= 25a + 187,500b + 1562,500c \\ 5171,672 &= 187,500a + 187,500b + 13828,13c\end{aligned}$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = [B]$$

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B] \times [A^{-1}]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25,0 & 187,5 \\ 25,0 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 147,869 \\ 704,620 \\ 5171,67 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 147,869 \\ 704,620 \\ 5171,67 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$a = 31,754$$

$$b = -0,077$$

$$c = -0,048$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,048x^2 - 0,077x + 31,754$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,077 \left\{ 704,620 - \frac{25 \times 147,869}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,048 \left\{ 5171,672 - \frac{187,500 \times 147,869}{5} \right\} \right) \\ &= 20,545 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 4393,780 - \frac{147,869^2}{5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20,737 \\
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{20,545}{20,737} \\
 &= 0,99074 \\
 &= 99,074\%
 \end{aligned}$$

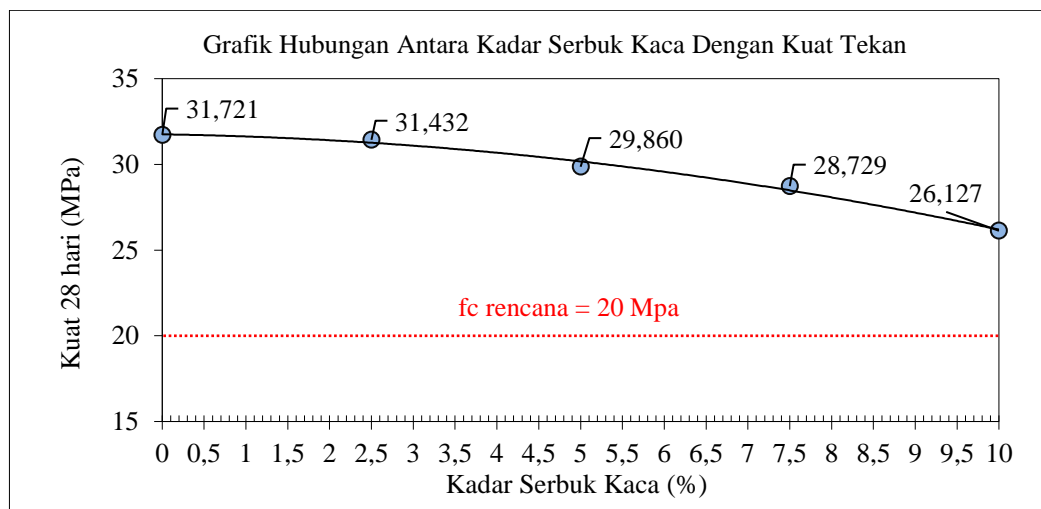
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,048x^2 - 0,077x + 31,754$$

$$\hat{Y} = -0,048(2,5)^2 - 0,077(2,5) + 31,754$$

$$\hat{Y} = 31,262 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 7 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 21 Data Pengujian Kuat Belah Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	2,94141	2,86	2,80	2,43	2,04
2	2,71515	2,63	2,67	2,59	2,16
3	2,95556	2,81	2,60	2,47	2,39
Rata"	2,871	2,767	2,692	2,498	2,197

Tabel 4 . 22 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	2,87	8,24	0,00	0,0	0,0	0	0
2	2,5	2,77	7,66	6,25	15,6	39,1	6,917508	17,29377
3	5,0	2,69	7,24	25,00	125,0	625,0	13,45791	67,28956
4	7,5	2,50	6,24	56,25	421,9	3164,1	18,73737	140,5303
5	10,0	2,20	4,83	100,00	1000,0	10000,0	21,96633	219,6633
Total (Σ)	25	13,024	34,209	187,500	1562,500	13828,125	61,079	444,777

Dari tabel 4.22. maka didapat persamaan :

$$13,024 = 5a + 25b + 187,500c$$

$$61,079 = 25a + 187,500b + 1562,500c$$

$$444,777 = 187,500a + 187,500b + 13828,125c$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B]$$

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B] \times [A^{-1}]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25 & 187,500 \\ 25 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 13,024 \\ 61,079 \\ 444,78 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13,024 \\ 61,079 \\ 444,78 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$a = 2,8548$$

$$b = -0,0060$$

$$c = -0,0059$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,0059x^2 - 0,0060x + 2,85548$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,0060 \left\{ 61,079 - \frac{25 \times 13,024}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,0059 \left\{ 444,777 - \frac{187,500 \times 13,024}{5} \right\} \right) \\ &= 0,280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 34,209 - \frac{13,024^2}{5} \\ &= 0,282 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{0,282}{0,280} \\ &= 0,992 \\ &= 99,216\% \end{aligned}$$

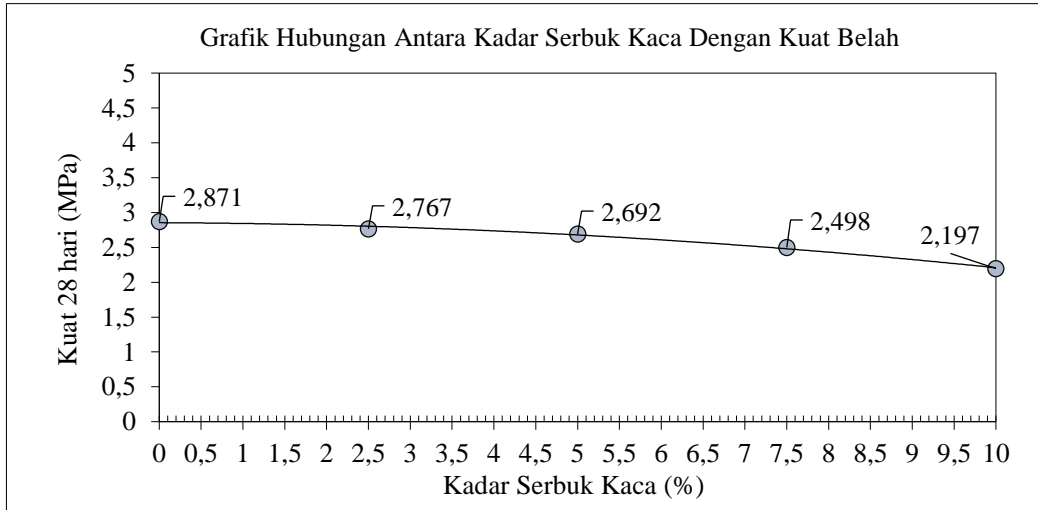
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,0059x^2 - 0,006x + 2,854$$

$$\hat{Y} = -0,0059(2,5)^2 - 0,006(2,5) + 2,854$$

$$\hat{Y} = 2,803 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 8 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Belah Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 23 Data Pengujian Kuat Lentur Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

No.	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0
1	4,982	4,898	4,729	4,391	3,547
2	4,729	4,729	4,053	3,716	3,040
Rata"	4,856	4,813	4,391	4,053	3,293

Tabel 4 . 24 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,0	4,856	23,576	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	2,5	4,813	23,168	6,250	15,625	39,063	12,033	30,083
3	5,0	4,391	19,282	25,000	125,000	625,000	21,956	109,778
4	7,5	4,053	16,430	56,250	421,875	3164,063	30,400	228,000
5	10,0	3,293	10,846	100,000	1000,000	10000,000	32,933	329,333
Total (Σ)	25	21,407	93,302	187,500	1562,500	13828,13	97,322	697,194

Dari tabel 4.24. maka didapat persamaan :

$$21,407 = 5a + 25b + 187,500c$$

$$97,322 = 25a + 187,500b + 1562,500c$$

$$697,194 = 187,500a + 187,500b + 13828,125c$$

Digunakan rumus matriks :

$$[A] \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = [B]$$

$$A = \begin{pmatrix} 5,0 & 25,0 & 187,5 \\ 25,0 & 187,500 & 1562,500 \\ 187,500 & 1562,500 & 13828,125 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 21,407 \\ 97,322 \\ 697,19 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Jadi :

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 21,407 \\ 97,322 \\ 697,19 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,886 & -0,309 & 0,023 \\ -0,309 & 0,199 & -0,018 \\ 0,023 & -0,018 & 0,002 \end{pmatrix}$$

Sehingga didapat nilai :

$$\begin{aligned} a &= 4,865 \\ b &= -0,001 \\ c &= -0,015 \end{aligned}$$

Maka persamaannya adalah : $\hat{Y} = a + bX + cX^2$

$$\hat{Y} = -0,015x^2 - 0,001x + 4,865$$

Mencari koefisien determinasi (R^2):

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,001 \left\{ 97,322 - \frac{25 \times 21,407}{5} \right\} \right) \\ &\quad + \left(-0,015 \left\{ 697,194 - \frac{187,500 \times 21,407}{5} \right\} \right) \\ &= 1,639 \end{aligned}$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$\begin{aligned}
&= 93,302 - \frac{21,407^2}{5} \\
&= 1,653 \\
R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
&= \frac{1,639}{1,653} \\
&= 0,992 \\
&= 99,174\%
\end{aligned}$$

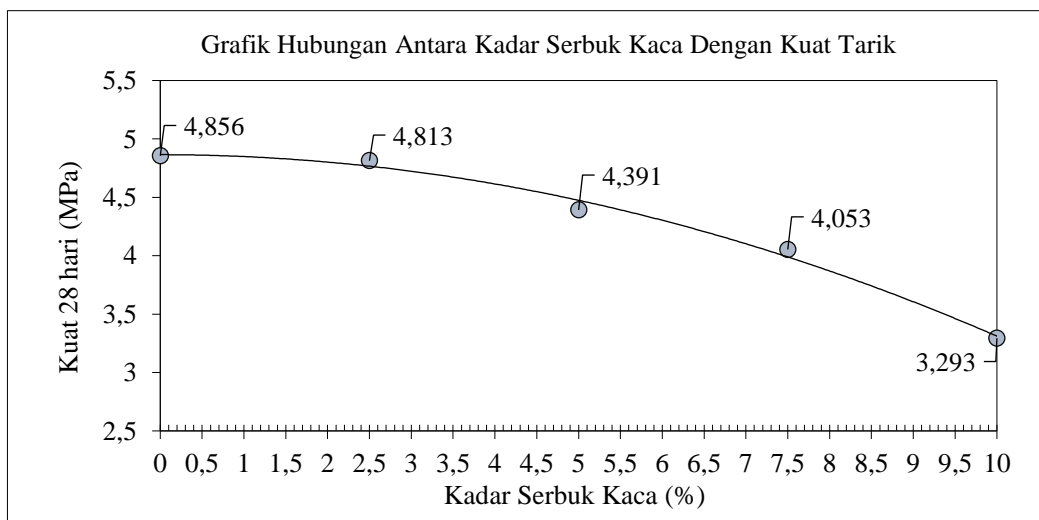
Dari rumus diatas dapat diketahui kuat tekan beton campuran serbuk kaca :

$$\hat{Y} = -0,015x^2 - 0,001x + 4,865$$

$$\hat{Y} = -0,015(2,5)^2 - 0,001(2,5) + 4,865$$

$$\hat{Y} = 4,766 \text{ Mpa}$$

Grafik 4 . 9 Analisa Regresi Hubungan Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari



Tabel 4 . 25 Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi Serbuk Kaca Terhadap Mutu Beton

No	Karakteristik Campuran Beton	Persamaan Analisa Regresi Non Linier	kadar Campuran Bahan Serbuk Kaca (%)			
			2,5	5,0	7,5	10,0
1	Tekan	$\hat{Y} = (-0,298X^2) + (-0,193X) + (31,754)$ $R^2 = 0,990$	31,43	29,86	28,73	26,13
2	Belah	$\hat{Y} = (-0,036X^2) + (-0,014X) + (2,855)$ $R^2 = 0,992$	2,77	2,69	2,50	2,20
3	Tarik	$\hat{Y} = (-0,096X^2) + (-0,002X) + (4,865)$ $R^2 = 0,992$	4,81	4,39	4,05	3,29

Kesimpulan :

Pada penelitian didapatkan hasil benda uji campuran beton dengan menggunakan bahan tambah serbuk kaca masih layak digunakan sebagai bahan tambah campuran beton dengan acuan f_c rencana sebesar 20Mpa pada kuat tekan.

1.9 Pengujian Hipotesis

Untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan serbuk kaca pada kuat tekan, belah, dan tarik pada campuran beton dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah (*anova single factor*) dengan menggunakan data interval kepercayaan, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar penambahan serbuk kaca pada beton

Tabel 4 . 26 Data Pengujian Hipotesis Kuat Tekan

Variasi	0	2,5	5	7,5	10	Jumlah
Tekan	35,467	31,507	29,075	28,000	25,455	149,503
	34,562	26,925	30,036	27,152	26,473	145,147
	32,808	32,242	31,281	29,301	26,699	152,331
	27,491	32,752	29,697	29,244	26,077	145,261
	26,869	34,053	28,339	32,978	23,814	146,053
	33,147	30,772	31,620	28,566	28,339	152,444
	29,584	30,545	28,848	27,208	25,511	141,697
	33,091	31,677	29,867	26,925	26,303	147,863
	32,469	32,412	29,980	29,188	26,473	150,521
Jumlah	285,487	282,885	268,743	258,562	235,143	1330,820
Banyak Pengamatan	9	9	9	9	9	45
Rata-rata	31,721	31,432	29,860	28,729	26,127	147,869

Dari tabel 4.26 di atas selanjutnya dihitung :

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (35,47)^2 + \dots + (25,45)^2 \\ &= 39357\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$R_y = \frac{1330,82^2}{45}$$

$$= 39357$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned} P_y &= \frac{285,49}{9} + \frac{282,88}{9} + \frac{268,74}{9} + \frac{258,56}{9} + \frac{235,14}{9} - 39357 \\ &= 39544,02 - 39357 = 186,631 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 39698 - 39357,39 - 186,631 = 153,9$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 4 . 27 Tabel Analisa Kuat Tekan

Sumber Variasi	Dk	JK	KT
Rata-rata	1	39698	39697,8852
Antar Perlakuan	4	186,631694	46,6579234
Dalam Perlakuan	40	154	3,84666526
Jumlah	45		

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT(\text{antar perlakuan})}{KT(\text{kekeliruan})}$

$$F \text{ hitung} = \frac{46,657}{3,846} = 12,129$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana,2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 4 ; 40) = 2,620$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 12,129 > F_{\text{tabel}} = 2,620$,. Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan.

Perhitungan analisa varian satu arah ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel 2016, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 4 . 28 Perhitungan Kuat Tekan Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
0	9	285,487	31,72076	9,219681		
2,5	9	282,885	31,43165	3,977994		
5	9	268,743	29,86038	1,142639		
7,5	9	258,562	28,72907	3,433605		
10	9	235,143	26,12705	1,459407		
ANOVA						
Source of Variator	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	186,6317	4	46,65792	12,12945	1,508E-06	2,605975
Within Groups	153,8666	40	3,846665			
Total	340,4983	44				

Tabel 4 . 29 Perhitungan Kuat Belah Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
0	3	8,6121	2,8707	0,0182		
2,5	3	8,301	2,767	0,0145		
5	3	8,0747	2,6916	0,0101		
7,5	3	7,4949	2,4983	0,0065		
10	3	6,5899	2,1966	0,0321		
ANOVA						
Source of Variator	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,8475	4	0,2119	13,037	0,0005605	3,478
Within Groups	0,1625	10	0,0163			
Total	1,01	14				

Tabel 4 . 30 Perhitungan Kuat Tarik Anova Single Factor Dengan MS Excel 2016

Anova: Single Factor					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	
0	2	9,7111	4,8556	0,0321	
2,5	2	9,6267	4,8133	0,0143	
5	2	8,7822	4,3911	0,2282	
7,5	2	8,1067	4,0533	0,2282	
10	2	6,5867	3,2933	0,1284	

ANOVA						
Source of Variatio	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3,3059	4	0,8265	6,548	0,0318839	5,1922
Within Groups	0,6311	5	0,1262			
Total	3,937	9				

Tabel 4 . 31 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan

No.	Parameter	Fhitung	</>	Ftabel	Ho	Ha
1	Tekan	12,129	>	2,620	Ditolak	Diterima
2	Belah	13,037	>	3,478	Ditolak	Diterima
3	Tarik	6,548	>	5,192	Ditolak	Diterima

Kesimpulan :

Dari uji hipotesis untuk Tekan,Belah,Tarik didapatkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima dan dapat dinyatakan adanya pengaruh yang signifikan dengan penambahan seruk kaca.

1.10 Pengujian Korelasi

Untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan serbuk kaca pada campuran beton, dilakukan uji korelasi, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar penambahan serbuk kaca terhadap beton optimum. Dalam analisis kolerasi yang dicari adalah koefisien kolerasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel

independen (X) dengan variabel dependen (Y) atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Berikut rumus uji Korelasi :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana :

n = Banyaknya Pasangan Data X dan Y

$\sum x$ = Total Jumlah Dari Variabel X

$\sum y$ = Total Jumlah Dari Variabel Y

$\sum x^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel X

$\sum y^2$ = Kuadrat Dari Total Variabel Y

$\sum xy$ = Hasil Perkalian Dari Total Jumlah Variabel X Dan Y

Berikut adalah hasil dari perhitungan uji korelasi :

Tabel 4 . 32 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0	31,721	1006,207	0,000	0,000
2	3	31,432	987,949	6,250	78,579
3	5	29,860	891,642	25,000	149,302
4	8	28,729	825,359	56,250	215,468
5	10	26,127	682,623	100,000	261,270
Total (\sum)	25	147,87	4393,78	187,50	704,62

- Perhitungan Uji Korelasi Tekan :

$$r = \frac{5 \times 704,62 - (25) \times (147,87)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 4393,78 - (147,9)^2\}}}$$

$$r = \frac{3523,0976 - 3696,7228}{\sqrt{937,5 - 625 \times 21968,899 - 21865}}$$

$$r = \frac{-173,6251403}{\sqrt{312,50 \times 103,68}}$$

$$r = \frac{-173,6251403}{\sqrt{32401,33572}}$$

$$r = -0,964564$$

Tabel 4 . 33 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Belah Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0,0	2,871	8,241	0,000	0,000
2	2,5	2,767	7,656	6,250	6,918
3	5,0	2,692	7,245	25,000	13,458
4	7,5	2,498	6,242	56,250	18,737
5	10,0	2,197	4,825	100,000	21,966
Total (Σ)	25	13,024	34,209	187,500	61,079

- Perhitungan Uji Korelasi Belah :

$$r = \frac{5 \times 61,08 - (25) \times (13,02)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 34,21 - (13)^2\}}}$$

$$r = \frac{305,39562 - 325,60606}{\sqrt{937,50 - 625 \times 171,04332 - 169,63}}$$

$$r = \frac{-20,21043771}{\sqrt{312,50 \times 1,4124}}$$

$$r = \frac{-20,21043771}{\sqrt{441,3855162}}$$

$$r = -0,961981$$

Tabel 4 . 34 Data Untuk Menentukan Korelasi Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	Y ²	X ²	XY
1	0,0	4,856	23,576	0,000	0,000
2	2,5	4,813	23,168	6,250	12,033
3	5,0	4,391	19,282	25,000	21,956
4	7,5	4,053	16,430	56,250	30,400
5	10,0	3,293	10,846	100,000	32,933
Total (Σ)	25	21,407	93,302	187,500	97,322

- Perhitungan Uji Korelasi Tarik :

$$r = \frac{5 \times 97,32 - (25) \times (21,41)}{\sqrt{\{5 \times 187,50 - (25)^2\} \times \{5 \times 93,30 - (21)^2\}}}$$

$$r = \frac{486,61111 - 535,16667}{\sqrt{937,50 - 625 \times 466,51005 - 458,25}}$$

$$r = \frac{-48,55555556}{\sqrt{312,50 \times 8,265}}$$

$$r = \frac{-48,55555556}{\sqrt{2582,709877}}$$

$$r = -0,955435$$

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis regresi kuat tekan beton umur 28 hari, maka hubungan variasi kadar serbuk kaca terhadap kuat tekan menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,964**, kuat belah menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,961** kuat tarik menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar (r) **-0,955**. perubahan nilai kuat tekan, belah, dan tarik dipengaruhi oleh kadar serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton. Dari sini kita dapat menarik kesimpulan, bahwa dengan melihat hasil perhitungan regresi menghasilkan hasil uji korelasi yang nilainya minus (-), dapat di artikan bahwa hasil pengujian dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti semen sebagian yaitu mengalami penurunan (tidak ada

korelasi) dalam kuat tekan, belah, maupun tarik. Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Untuk memberikan gambaran besar atau kecil derajat hubungan, maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4 . 35 Hasil Pengujian Uji Korelasi Campuran Serbuk Kaca

Pengujian	Hasil Uji Korelasi	Kesimpulan
Tekan	-0,964564	Tidak Ada Korelasi
Belah	-0,961981	Tidak Ada Korelasi
Tarik	-0,955435	Tidak Ada Korelasi

r	Kriteria Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0 - 0,5	Korelasi Lemah
0,5 - 0,8	Korelasi Sedang
0,8 - 1	Korelasi Kuat/Erat
1	Korelasi Sempurna