

BAB IV
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (*Impact Value*) (BS 812: Part 3: 1975)

Pengujian agregat terhadap tumbukan (AIV) dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregate Impact Value*)

No	Parameter	Satuan	I	II
(A)	Berat benda uji	gram	500,0	500,0
(B)	Berat benda uji setelah tes dan lewat saringan # 2,36 mm BS	gram	48,2	45,7
(C)	Berat benda uji setelah tes dan tertahan saringan # 2,36 mm BS	gram	451,5	454,1
	<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	(%)	9,64	9,14
	Rata-rata <i>Aggregate Impact Value</i>	(%)	9,39	
Catatan: Rata-rata <i>Aggregate Impact Value</i> = 9,39% (Maksimum 30%)				

Hasil Pengujian:

$$AIV = \frac{B}{A} \times 100 \%$$

Keterangan:

AIV = *Aggregate Impact Value* (%)

A = Berat awal benda uji (gr)

B = Berat lolos saringan #2,36 mm (gr), (saringan pemisah setelah proses selesai)

Aggregate Impact Value (AIV) ditentukan berdasarkan harga rata-rata dari dua pengukuran sebagai berikut:

Sample I

A = 500 gram

B = 48,2 gram

$$\text{Maka AIV: } \frac{48,2}{50,0} \times 100 \% = 9,64 \%$$

Sample II

A = 500 gram

B = 45,7 gram

$$\text{Maka AIV: } \frac{45,7}{500} \times 100 \% = 9,14 \%$$

$$\text{Maka nilai rata-rata} = \frac{9,14+9,64}{2} = 9,39 \%$$

Dari hasil Perhitungan rata-rata agregat Impact value dari agregat Ds. Danuredjo, Kec. Pasirian, Kab. Lumajang, Prov. Jawa Timur didapatkan nilai sebesar 9,39 %, sedangkan persyaratan *agregat impact value* maksimum 30 %, maka agregat ini dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.1.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (*Flakines Index*) (*BS 812: Part 1: 1975*)

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menyeragamkan cara memperoleh indeks kepipihan atau prosentase berat agregat kasar atau pipih yang masih dapat digunakan. Pengujian indeks kepipihan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Indeks Kepipihan (*Flakines Indeks*)

FLAKINESS INDEX

BS 812 : Part 1 : 1975

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 gr
Saringan	Berat tertahan	Presentase tertahan
(mm)	(gram)	(%)
63		
50		
37.5		
28		
20		
14	1834.5	52%

Analisa saringan		Berat kering oven = 3500 gr
Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Presentase tertahan (%)
10	672.2	19%
6.3	412.3	11.8%
Berat benda uji	M1	3500 gram
Total berat tertahan di atas 5 %	M2	2919 gram
Total berat lolos pada tes flakiness dari M2	M3 F	581 gram
Flakiness Index		19.90 %
Catatan: Flakiness Index = 19,90 %		(maksimum 25%)

Hasil Pengujian:

$$\text{Indeks Kepipihan (\%)} = \frac{M3F \times 100}{M2}$$

Keterangan:

M2 = jumlah fraksi yang mempunyai prosentase berat tertahan lebih besar terhadap 5 % terhadap berat total (gr)

M3F = jumlah berat partikel agregat yang lolos pada alat pada kepipihan (gr).

Maka dari hasil percobaan diperoleh:

M1 = 3500 gram

M2 = 2919 gram

M3 = 581 gram

$$\begin{aligned} \text{Indeks Kepipihan (\%)} &= \frac{M3 \times 100}{M2} \\ &= \frac{581 \times 100}{2919} \\ &= 19,90 \% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian Flakines Indeks agregat Ds. Danuredjo, Kec. Pasirian, Kab. Lumajang, Prov. Jawa Timur didapatkan nilai sebesar 19,90 %, maka agregat tersebut dapat digunakan. Dengan syarat maksimum 25%.

4.1.3 Hasil Pengujian Angka Angularitas (*Angularity Number*) (BS 812: Part 1: 1975)

Pengujian ini adalah untuk menyeragamkan dengan cara memperoleh angka agularitas agregat kasar yang masih dapat digunakan. Pengujian angka angularitas ditentukan dari proporsi rongga dalam sebuah sampel agregat sesudah kompaksi. Angularitas atau adanya bagian-bagian yang bersudut pada partikel pada suatu agregat merupakan bagian yang penting karena hal ini mempengaruhi kemudahan saling mengunci (*interlocking*) antar partikel. Pengujian angka agularitas dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Penentuan Angka Angularitas (*Angularity Number*)

Uraian		berat (gram)
Berat silinder kosong	W1	3550
Berat silinder + air penuh	W2	6450
Berat air	C = W2 - W1	2900
Percobaan I		
Berat silinder + agregat	W3	8540
Berat agregat	W4 = W3 - W1	4990
Percobaan II		
Berat silinder + agregat	W5	8510
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	4960
Percobaan III		
Berat silinder + agregat	W7	8500
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	4950

$$\text{Angka Angularitas} = 67 - \frac{100M}{C \text{ Ga}} = 3,63$$

Dimana : M = Berat agregat dalam silinder rata-rata
= (W4 + W6 + W8) / 3
C = Berat air diisi penuh dalam silinder
Ga = Berat jenis (*Specific Gravity*) dari agregat
(*Angularity number* berkisar 0-12)

Hasil Pengujian:

$$\text{Angka agularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot G_a}$$

Keterangan:

M = berat agregat dalam silinder (gr).

C = berat air diisi penuh dalam silender (gr).

G_a = spesifik gravity dari agregat.

Maka dari hasil pengujian diperoleh:

$$\begin{aligned} W_1 \text{ (berat silinder kosong)} &= 3550 \text{ gram} \\ W_2 \text{ (berat silinder + air penuh)} &= 6450 \text{ gram} \\ \text{Berat air, C} &= W_2 - W_1 \\ &= 6450 \text{ gram} - 3550 \text{ gram} \\ &= 2900 \text{ gram} \end{aligned}$$

a. Untuk percobaan I

$$\begin{aligned} W_3 \text{ (berat silinder+agregat)} &= 8540 \text{ gram} \\ W_4 \text{ (berat agregat)} &= W_3 - W_1 \\ &= 8540 \text{ gram} - 3550 \text{ gram} \\ &= 4990 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. Untuk pengujian II

$$\begin{aligned} W_5 \text{ (berat silinder+agregat)} &= 8510 \text{ gram} \\ W_6 \text{ (berat agregat 2)} &= W_5 - W_1 \\ &= 8510 \text{ gram} - 3550 \text{ gram} \\ &= 4960 \text{ gram} \end{aligned}$$

c. Untuk pengujian III

$$\begin{aligned} W_7 \text{ (berat silinder+agregat 3)} &= 8500 \text{ gram} \\ W_8 \text{ (berat agregat 3)} &= W_7 - W_1 \\ &= 8500 \text{ gram} - 3550 \text{ gram} \\ &= 4950 \text{ gram} \end{aligned}$$

Angka Anggularitas

$$67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot G_a} = 67 - \frac{100 (4990 + 4960 + 4950) / 3}{2900 \times 2.70} = 3,63$$

Dari hasil pengujian agregat yang telah dilakukan didapatkan nilai angka anggularitas sebesar 3,63 maka agregat tersebut dapat digunakan. Dimana angka anggularitas disyaratkan berkisar antara 0-12. Semakin besar nilai angka anggularitas maka pencampuran lebih sulit dilaksanakan namun dapat memberikan stabilitas yang tinggi karena agregat saling mengunci.

4.1.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19- 74)(ASTM C-29-71)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi. Pengujian berat isi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat 10/20

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT 10-20				
AASHTO T-19-80				
Uraian		Berat (gram)		
		I		
Berat silinder kosong	W1	7850		
Berat silinder + air penuh	W2	17860		
Berat air	V = W2 - W1	10010		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat	W3	22050	21930	21840
Berat agregat	W4 = W3 - W1	14200	14080	13990
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat	W5	23210	23410	23100
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	15360	15560	15250
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	23350	23220	23300
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	15500	15370	15450
Berat isi agregat =	$\frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8}$ = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		

Uraian	Berat (gram)		
	I		
Berat isi agregat lepas	1.42	1.41	1.40
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.53	1.55	1.52
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.55	1.54	1.54
Catatan: Rata-rata berat isi = 1.50 gr/cm ³			

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat 10/10

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT 10-10

AASHTO T-19-80

Uraian	Berat (gram)		
	I		
Berat silinder kosong W1	7850		
Berat silinder + air penuh W2	17860		
Berat air V = W2 - W1	10010		
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat W3	21180	21290	21330
Berat agregat W4 = W3 - W1	13330	13440	13480
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat W5	22550	22380	22540
Berat agregat 2 W6 = W5 - W1	14700	14530	14690
Agregat padat dengan goyangan			
Berat silinder + agregat 3 W7	23030	22400	22800
Berat agregat 3 W8 = W7 - W1	15180	14550	14950

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	W _{4,6,8} = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.33	1.34	1.35
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.47	1.45	1.47
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.52	1.45	1.49
Catatan : Rata-rata berat isi = 1.43 gr/cm ³			

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat 5/10

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT 5-10

AASHTO T-19-80

Uraian	Berat (gram)			
	I			
Berat silinder kosong	W1	7850		
Berat silinder + air penuh	W2	17860		
Berat air	V = W2 - W1	10010		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat	W3	21020	21420	21390
Berat agregat	W4 = W3 - W1	13170	13570	13540
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat	W5	22390	22600	22660
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	14540	14750	14810
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	23120	22870	23000
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	15270	15020	15150

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	W _{4,6,8} = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder
Berat isi agregat lepas	1.32 1.36 1.35
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.45 1.47 1.48
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.53 1.50 1.51

Catatan : Rata-rata berat isi = 1.44 gr/cm³

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi 1 Agregat 0/5

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT 0-5

AASHTO T-19-80

Uraian	Berat (gram)			
	I			
Berat silinder kosong	W1	3550		
Berat silinder + air penuh	W2	6560		
Berat air	V = W2 - W1	3010		
Agregat lepas				
Berat silinder + agregat 1	W3	8350	8470	8580
Berat agregat 1	W4 = W3 - W1	4800	4920	5030
Agregat padat dengan tusukan				
Berat silinder + agregat 2	W5	9210	9340	9320
Berat agregat 2	W6 = W5 - W1	5660	5790	5770
Agregat padat dengan goyangan				
Berat silinder + agregat 3	W7	9430	9430	9380
Berat agregat 3	W8 = W7 - W1	5880	5880	5830

Berat isi agregat = $\frac{W_{4,6,8}}{V}$	W _{4,6,8} = Berat agregat dalam silinder V = volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder		
Berat isi agregat lepas	1.59	1.63	1.67
Berat isi agregat padat dengan tusukan	1.88	1.92	1.92
Berat isi agregat padat dengan goyangan	1.95	1.95	1.94

Catatan : Rata-rata berat isi = 1.83 gr/cm³

Contoh perhitungan menggunakan data hasil pengujian berat isi agregat 10/20 sebagai berikut:

$$\text{Berat isi} = \frac{W_4}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Keterangan:

V = Volume agregat dalam silinder = volume air dalam silinder (cm³)

W₄ = Berat benda uji (gr)

Perhitungan:

$$\begin{aligned} W1 \text{ (berat silinder kosong)} &= 7850 \text{ gram} \\ W2 \text{ (berat silinder + air penuh)} &= 17860 \text{ gram} \\ \text{Berat air, C} &= W2 - W1 \\ &= 17860 - 7850 \\ &= 10010 \text{ gram} \end{aligned}$$

Agregat lepas:

$$\begin{aligned} W3 \text{ (berat silinder + agregat)} &= 22050 \text{ gram} \\ W4 = (W3 - W1) &= 14200 \text{ gram} \end{aligned}$$

Agregat Padat dengan tusukan:

$$\begin{aligned} W5 \text{ (berat silinder + agregat)} &= 23210 \text{ gram} \\ W6 = (W5 - W1) &= 15360 \text{ gram} \end{aligned}$$

Agregat padat dengan goyangan:

$$\begin{aligned} W7 \text{ (berat silinder + agregat)} &= 23350 \text{ gram} \\ W8 = (W7 - W1) &= 15500 \text{ gram} \end{aligned}$$

Maka berat isi agregat lepas:

$$\begin{aligned} &= W4 / C \\ &= 14200 / 10010 \\ &= 1,42 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Berat isi agregat padat dengan tusukan:

$$\begin{aligned} &= W6 / C \\ &= 15360 / 10010 \\ &= 1,53 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Berat isi agregat padat dengan goyangan:

$$\begin{aligned} &= W8 / C \\ &= 15500 / 10010 \\ &= 1,55 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Dari pengujian berat isi didapatkan hasil rata-rata sebagai berikut:

- Berat isi agregat 10/20 lepas = 1,41 gr/cm³
- Berat isi agregat 10/20 padat dengan tusukan = 1,54 gr/cm³
- Berat isi agregat 10/20 padat dengan goyangan = 1,54 gr/cm³
- Berat isi agregat 10/10 lepas = 1,34 gr/cm³
- Berat isi agregat 10/10 padat dengan tusukan = 1,46 gr/cm³
- Berat isi agregat 10/10 padat dengan goyangan = 1,49 gr/cm³
- Berat isi agregat 5/10 lepas = 1,34 gr/cm³
- Berat isi agregat 5/10 padat dengan tusukan = 1,47 gr/cm³
- Berat isi agregat 5/10 padat dengan goyangan = 1,51 gr/cm³
- Berat isi agregat 0/5 lepas = 1,63 gr/cm³
- Berat isi agregat 0/5 padat dengan tusukan = 1,91 gr/cm³
- Berat isi agregat 0/5 padat dengan goyangan = 1,95 gr/cm³

4.1.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kasar, Sedang dan Halus (AASHTO T-27-82) (ASTM C-136-46)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/20

ANALISA SARINGAN AGREGAT 10-20

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	1217.8	1217.80	5.94	94.06
12.5 mm (1/2")	10891.4	12109.20	59.04	40.96
9.5 mm (3/8")	6817.7	18926.90	92.28	7.72
4.75 mm (No. 4)	1320.3	20247.20	98.72	1.28
2.36 mm (No. 8)	65.3	20312.50	99.04	0.96
2 mm (No. 10)	10.3	20322.80	99.09	0.91

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
1.18 mm (No. 16)	33.3	20356.10	99.25	0.75
0.71 mm (No. 25)	20.1	20376.20	99.35	0.65
0.6 mm (No. 30)	27.5	20403.70	99.48	0.52
0.425 mm (No. 40)	10.2	20413.90	99.53	0.47
0.28 mm (No. 50)	7.8	20421.70	99.57	0.43
0.18 mm (No. 80)	15.8	20437.50	99.65	0.35
0.15 mm (No. 100)	10.0	20447.50	99.69	0.31
0.075 mm (No. 200)	33.5	20481.00	99.86	0.14
p a n	29.3	20510.30	100.00	0.00
Total berat	20510.30			

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/10

ANALISA SARINGAN AGREGAT 10-10

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	9309.3	9309.30	36.16	63.84
9.5 mm (3/8")	13670.3	22979.60	89.27	10.73
4.75 mm (No. 4)	2398.2	25377.80	98.59	1.41
2.36 mm (No. 8)	43.0	25420.80	98.75	1.25
2 mm (No. 10)	17.2	25438.00	98.82	1.18
1.18 mm (No. 16)	43.5	25481.50	98.99	1.01
0.71 mm (No. 25)	45.4	25526.90	99.17	0.83
0.6 mm (No. 30)	25.5	25552.40	99.27	0.73
0.425 mm (No. 40)	45.8	25598.20	99.44	0.56
0.28 mm (No. 50)	65.2	25663.40	99.70	0.30
0.18 mm (No. 80)	58.2	25721.60	99.92	0.08
0.15 mm (No. 100)	4.2	25725.80	99.94	0.06
0.075 mm (No. 200)	13.0	25738.80	99.99	0.01
p a n	2.7	25741.50	100.00	0.00
Total berat	25741.50			

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang 5/10

ANALISA SARINGAN AGREGAT 5-10

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	0.0	0.00	0.00	100.00
9.5 mm (3/8")	0.0	0.00	0.00	100.00
4.75 mm (No. 4)	5204.3	5204.30	43.99	56.01
2.36 mm (No. 8)	4009.2	9213.50	77.87	22.13
2 mm (No. 10)	1907.3	11120.80	93.99	6.01
1.18 mm (No. 16)	219.2	11340.00	95.85	4.15
0.71 mm (No. 25)	87.0	11427.00	96.58	3.42
0.6 mm (No. 30)	16.9	11443.90	96.72	3.28
0.425 mm (No. 40)	18.5	11462.40	96.88	3.12
0.28 mm (No. 50)	16.9	11479.30	97.02	2.98
0.18 mm (No. 80)	38.4	11517.70	97.35	2.65
0.15 mm (No. 100)	11.6	11529.30	97.44	2.56
0.075 mm (No. 200)	197.7	11727.00	99.12	0.88
p a n	104.6	11831.60	100.00	0.00
Total berat	11831.60			

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 0/5

ANALISA SARINGAN AGREGAT 0-5

AASHTO T-27-82

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
25 mm (1")	0.0	0.00	0.00	100.00
19 mm (3/4")	0.0	0.00	0.00	100.00
12.5 mm (1/2")	0.0	0.00	0.00	100.00
9.5 mm (3/8")	0.0	0.00	0.00	100.00
4.75 mm (No. 4)	10.4	10.40	0.43	99.57
2.36 mm (No. 8)	84.9	95.30	3.93	96.07
2 mm (No. 10)	209.9	305.20	12.60	87.40

Ukuran saringan	Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
			tertahan	Lolos
1.18 mm (No. 16)	241.8	547.00	22.59	77.41
0.71 mm (No. 25)	163.3	710.30	29.33	70.67
0.6 mm (No. 30)	88.5	798.80	32.98	67.02
0.425 mm (No. 40)	250.7	1049.50	43.33	56.67
0.28 mm (No. 50)	280.1	1329.60	54.90	45.10
0.18 mm (No. 80)	338.0	1667.60	68.86	31.14
0.15 mm (No. 100)	286.1	1953.70	80.67	19.33
0.075 mm (No. 200)	265.0	2218.70	91.61	8.39
p a n	203.2	2421.90	100.00	0.00
Total berat	2421.90			

Dari hasil analisa saringan agregat kasar, sedang dan halus didapatkan prosentase lolos yang selanjutnya akan dipergunakan dalam mencari prosentase campuran (*Mix Design*).

4.1.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus, Agregat Sedang, Agregat Kasar (AASHTO T-84 81)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = ssd*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorpsi*) dari agregat halus.

- a. Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis permukaan jenuh (SSD) ialah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan (absorpsi) ialah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 0 – 5

AAHSTO T-84-81

Keterangan	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	495,30	495,00	495,15
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,10	500,20	500,15
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	657,60	662,60	662,05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	970,80	974,90	972,85
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{B + Bj - Bt}$	2,65	2,63	2,64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{B + Bj - Bt}$	2,68	2,66	2,67
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2,65	2,63	2,64
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,97%	1,05%	1,01%

Tabel 4.13 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 5 - 10

AAHSTO T-85-81

Keterangan	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	2930	2932,8	2931,4
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	3000	3000,5	3000,25
Berat contoh di dalam air	Ba	1892,5	1886	1889,25
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,65	2,63	2,64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,71	2,69	2,70
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,82	2,80	2,81
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,39%	2,31%	2,35%

Tabel 4.14 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 10 - 10*AASHTO T-85-81*

Keterangan	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4894,4	4895,9	4895,15
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000,3	5000	5000,15
Berat contoh di dalam air	Ba	3193	3184,5	3188,75
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,71	2,70	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,77	2,75	2,76
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,88	2,86	2,87
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	2,16%	2,14	2,14%

Tabel 4.15 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 10 - 20*AASHTO T-85-81*

Keterangan	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4925,4	4920,8	4923,1
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000,1	5000	5000,05
Berat piknometer diisi air pada 25°C	Ba	3160,1	3155,8	3157,95
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,68	2,67	2,67
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,72	2,71	2,71
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,79	2,79	2,879
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,52%	1,61%	1,56%

Contoh Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 0 - 5:

- a. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) $= \frac{B_k}{(B+B_j-B_t)}$
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) $= \frac{B_j}{(B+B_j-B_t)}$
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) $= \frac{B_k}{(B+B_k-B_t)}$
- d. Penyerapan (*absorsi*) $= \frac{B_j-B_k}{B_k} \times 100\%$

Keterangan:

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat picnometer berisi air (gr)

B_t = Berat picnometer berisi benda uji dalam air (gr)

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh (gr).

Percobaan sampel 1 : B_k = 495,30 gram

B = 657,50 gram

B_j = 500,10 gram

B_t = 970,80 gram

Maka perhitungan:

- a. Berat jenis (*bulk*) $= B_k / (B_j - B_t)$
 $= 495,30 / (500,10 - 970,80) = 2,65$
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh $= B_j / (B_j - B_t)$
 $= 500,10 / (500,10 - 970,80) = 2,68$
- c. Berat jenis semu $= B_k / (B_j - B_t)$
 $= 495,30 / (500,10 - 970,80) = 2,65$
- d. Penyerapan $= ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\%$
 $= (500,10 - 495,30) / 495,30 \times 100\%$
 $= 0,97 \%$

Percobaan sampel 2 : Bk = 495,00 gram
 B = 662,60 gram
 Bj = 500,20 gram
 Bt = 974,90 gram

Maka perhitungan:

- e. Berat jenis (*bulk*) $= Bk / (Bj - Bt)$
 $= 495,00 / (500,20 - 974,90) = 2,63$
- f. Berat jenis kering permukaan jenuh $= Bj / (Bj - Bt)$
 $= 500,20 / (500,20 - 974,90) = 2,66$
- g. Berat jenis semu $= Bk / (Bj - Bt)$
 $= 495,00 / (500,00 - 974,80) = 2,63$
- h. Penyerapan $= ((Bj - Bk) / Bk) \times 100\%$
 $= (500,20 - 495,00) / 495,00 \times 100\%$
 $= 1,05 \%$

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai rata – rata:

- Berat jenis (*bulk*) $= 2,64$
 Berat jenis kering permukaan jenuh $= 2,67$
 Berat jenis semu $= 2,64$
 Penyerapan $= 1,01 \%$

Dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat didapat hasil:

1. Berat jenis dan penyerapan agregat 0/5
 - Berat jenis $= 2,64$
 - Berat jenis SSD $= 2,67$
 - Berat jenis semu $= 2,64$
 - Penyerapan $= 1,01 \%$
2. Berat jenis dan penyerapan agregat 5/10
 - Berat jenis $= 2,64$

- Berat jenis SSD = 2,70
 - Berat jenis semu = 2,81
 - Penyerapan = 2,35 %
3. Berat jenis dan penyerapan agregat 10/10
- Berat jenis = 2,70
 - Berat jenis SSD = 2,76
 - Berat jenis semu = 2,87
 - Penyerapan = 2,14 %
4. Berat jenis dan penyerapan agregat 10/20
- Berat jenis = 2,67
 - Berat jenis SSD = 2,71
 - Berat jenis semu = 2,79
 - Penyerapan = 1,56 %

Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis $> 2,5$ dan penyerapan < 3 .

4.1.7 Hasil Pengujian Keausan Agregat Dengan Alat Abrasi *Los Angeles* (AASHTO T-96-77 (1982))

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 1/2") terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*. Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar 10/20

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)

AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500			
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	2500			
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000			
Berat tertahan saringan no 12			3813.8		

No	Parameter	I	II	Satuan
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	3813.8		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100\%$	23.72		%

Catatan : Keausan = 23.72 % < 40 %

Contoh Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar 10/20:

Perhitungan:

$$\text{Nilai keausan Los Angeles} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat benda uji semula (gr)

b = berat benda uji tertahan disaringan No. #12 dan No #4 (gr)

Keausan dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen.

$$\text{Nilai keausan Los Angeles} = (5000 - 3813,8) / 5000 \times 100 \% = 23,72 \%$$

Dari hasil percobaan didapatkan nilai = 23,72 %, maka memenuhi syarat ketahanan agregat kasar terhadap keausan karena kurang dari < 40%, apabila lebih dari 40% maka agregat tersebut lunak yang artinya tidak dapat digunakan. Dari

semua hasil pengujian agregat diatas dapat disimpulkan dengan matriks perbandingan pengujian terhadap spesifikasi pada tabel 4.17 berikut:

Tabel 4.17 Matriks Perbandingan Hasil Pengujian Agregat Terhadap Spesifikasi

No.	Pengujian	Hasil	Spesifikasi Bina Bina Marga	Keterangan
1	Berat isi Agregat 10/20	1.41		
		1.54		
		1.54		
2	Berat isi Agregat 10/10	1.34		
		1.46		
		1.49		
3	Berat isi Agregat 5/10	1.34		
		1.47		
		1.51		
4	Berat isi Agregat 0/5	1.63		
		1.91		
		1.95		
5	Berat Jenis Agregat 10/20	2.67	Min. 2.5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 10/20	1.56%	Maks 3 %	Memenuhi
6	Berat Jenis Agregat 10/10	2.70	Min. 2.5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 10/10	2.14%	Maks 3 %	Memenuhi
7	Berat Jenis Agregat 5/10	2.64	Min. 2.5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 5/10	2.35%	Maks 3 %	Memenuhi
8	Berat Jenis Agregat 0/5	2.64	Min. 2.5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 0/5	1.01%	Maks 3 %	Memenuhi
9	Angka Angularitas Kasar	3.63	0 - 12	Memenuhi
10	Flakiness	19.90	Maks 25 %	Memenuhi
11	Impact Value	9.39	Maks 30 %	Memenuhi
12	Abrasi	23.72	Maks 30 %	Memenuhi

4.2 Hasil Pengujian Aspal

4.2.1 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal (AASHTO T-49-80) (ASTM D-5-71)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban,

dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN			
Sebelum Kehilangan Minyak			
AASHTO T 49-80			
Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 08.20 WIB	140 °C
	Selesai jam	: 09.10 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam	: 09.10 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 10.15 WIB	
Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C		Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam	: 10.15 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 10.45 WIB	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik :

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	63	64	68	68	70
Benda uji II	63	65	66	68	70
Rata-rata	66.50				

Catatan :	Rata-rata penetrasi = 66,50 (10 ⁻¹ mm)
-----------	---

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Berat

PENGUJIAN PENETRASI BAHAN-BAHAN BITUMEN

Setelah Kehilangan Minyak

AASHTO T 49-80

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 18.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 19.00 WIB	

Pemeriksaan	Penetrasi pada suhu 25°C	Pembacaan suhu termometer
	Mulai jam : 19.30 WIB	25 °C
	Selesai jam : 19.45 WIB	

Penetrasi pada 25°C dengan beban 100 gr, jangka waktu 5 detik:

Pengamatan	1	2	3	4	5
Benda uji I	60	60	63	63	64
Benda uji II	62	64	64	64	66
Rata-rata	63.00				

Catatan: Rata-rata penetrasi setelah kehilangan berat = 63,00 (10⁻¹ mm)
(94,74% dari penetrasi sebelum kehilangan berat. Syarat : ≥ 54% semula)

Catatan: Rata-rata penetrasi setelah kehilangan berat = 63,00 (10-1 mm)
(94,74% dari penetrasi sebelum kehilangan berat. Syarat: ≥ 54%)

Dari pengujian penetrasi aspal didapat hasil:

1. Hasil pengujian penetrasi aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 66,50.
2. Hasil pengujian penetrasi aspal setelah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 63.
3. Dari kedua pengujian tersebut $63/66,50 \times 100 \% = 94,74\%$, dengan persyaratan sesudah kehilangan berat minimal 75 % dan sebelum kehilangan berat minimal 79 %, sehingga hasil pengujian memenuhi persyaratan.

4.2.2 Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar (AASHTO T 48-81)
(ASTM D-92-52)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan-bahan lainnya yang mempunyai titik nyala oven cup kurang dari 79°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal
PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL
 Dengan Cleveland Open Cup
AASHTO T 48-81

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.20 WIB	140 °C
	Selesai jam : 09.10 WIB	
Menuang contoh	Penuangan contoh	Pembacaan suhu menuang
	Mulai jam : 09.10 WIB	140 °C
	Selesai jam : 10.15 WIB	
Kenaikan suhu contoh	Sampai 56°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 17.25 WIB	15°C per menit
	Selesai jam : 17.40 WIB	
	antara 56 s/d 28°C di bawah titik nyala	
	Mulai jam : 17.40 WIB	5°C s/d 6°C per menit
	Selesai jam : 17.50 WIB	
		Titik nyala perkiraan = 340 °C

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56	17.40 WIB	284	
51	17.41 WIB	289	
46	17.42 WIB	294	

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
41	17.42 WIB	299	
36	17.43 WIB	304	
31	17.44 WIB	309	
26	17.45 WIB	314	314 nyala
21	17.48 WIB	319	319 bakar
Catatan : Titik nyala = 314 °C, Titik bakar = 319 °C			

Hasil Pengujian:

Hasil rata-rata pengujian ganda (*duplo*) dilaporkan sebagai titik nyala pada benda uji sebagai berikut:

17.45", (314) Titik Nyala

17.48", (319) Titik Bakar

Dari hasil pengujian, titik nyala didapatkan sebesar 314°C yaitu pada saat kondisi alat penguji menyala dan titik bakar 319°C, dan dimana titik nyala telah memenuhi persyaratan aspal keras dengan penetrasi 60/70 yaitu minimal 232°C.

4.2.3 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter (AASHTO T-53-89)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun suatu aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal dan tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL DAN TER

AASHTO T 53-89

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu es		
	Mulai jam	:13.20 WIB	27 °C		
	Selesai jam	:14.20 WIB			
Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C		Pembacaan suhu es		
	Mulai jam	: 14.20 WIB	0 °C		
	Selesai jam	: 14.30 WIB			
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam	: 14.30 WIB			
	Selesai jam	: 14.45 WIB			
Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		14.30	14.30		
5		14.32	14.32		
10		14.34	14.34		
15		14.36	14.36		
20		14.37	14.37		
25		14.38	14.38		
30		14.39	14.39		
35		14.40	14.40		
40		14.41	14.41		
45		14.42	14.42		
50		14.43	14.43	14.44 (48°C)	14.44 (48°C)
Catatan : Titik lembek = 48 °C					

Hasil Pengujian:

Suhu pada saat setiap bola baja menyentuh pelat dasar dilaporkan, suhu titik lembek bahan bersangkutan dari hasil pengamatan rata-rata dilaporkan dan dibulatkan sampai 0,5°C terdekat untuk tiap percobaan ganda (duplo).

Kesimpulan:

Hasil pengamatan titik lembek aspal adalah 48°C, Hasil tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk titik lembek aspal yang ditentukan yaitu minimum 48 °C dan maksimum 58 °C. Sehingga aspal tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran.

4.2.4 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal (AASHTO T-51-81)

Pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertarik. Fungsi dari pengujian ini untuk mengetahui sifat getas dari aspal tersebut, aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian daktilitas aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL		
Sebelum Kehilangan Minyak		
AASHTO T 51-81		
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 18.00 WIB	
	Selesai jam : 19.00 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	
	Mulai jam : 19.00 WIB	
	Selesai jam : 19.15 WIB	
Pembacaan suhu water bath	25 °C	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 20.00 WIB	
	Selesai jam : 20.15 WIB	
		Pembacaan suhu alat
		25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan (Cm)	150	150
Rata-rata (Cm)	150	

Catatan : Daktilitas sebelum kehilangan berat = 150 Cm

Tabel 4.23 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat

PENGUJIAN DAKTILITAS BAHAN-BAHAN ASPAL

Setelah Kehilangan Minyak

AASHTO T 51-81

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan	Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam : 08.20 WIB	150 °C
	Selesai jam : 09.10 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 09.10 WIB	
	Selesai jam : 10.15 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 13.00 WIB	25 °C
	Selesai jam : 13.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 13.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 14.00 WIB	25°C

Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :

Pengamatan	1	2
Pembacaan (Cm)	120	120
Rata-rata (Cm)	120	

Catatan : Daktilitas setelah kehilangan berat = 120 Cm

Catatan: Daktilitas setelah kehilangan berat = 120 cm

Hasil rata-rata dari tiga benda uji normal diamati sebagai harga daktilitas contoh tersebut. Apabila benda uji menyetuh dasar mesin uji atau terpanjang pada permukaan air maka pengujian dianggap gagal dan tidak normal. Untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alkohol atau sodium klorida. Hasil pengujian antara lain:

1. Hasil pengujian daktilitas aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai sebesar 120 cm.
2. Hasil pengujian daktilitas aspal sesudah kehilangan berat didapatkan nilai sebesar 150 cm.
3. Kedua daktilitas tersebut memenuhi syarat Depkimpraswil 2002 yaitu minimum 100 cm.

4.2.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras Dan Ter (AASHTO T-226-79)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen adan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Fungsi dari pengujian ini untuk mengetahui kemurnian aspal tersebut tanpa tercampur bahan lain. Aspa yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian berat jenis aspal dan ter dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Keras

PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL KERAS

AASHTO T 226-79

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal
	Mulai jam	: 08.20 WIB	140 °C
	Selesai jam	: 09.10 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam	: 09.10 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 10.15 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam	: 10.15 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 10.30 WIB	
Pemeriksaan Berat Jenis	Mulai jam	: 10.30 WIB	Pembacaan suhu water bath
	Selesai jam	: 11.00 WIB	25°C

	Sampel I	Sampel II
Berat piknometer + air (gr)	64.4	64.6
Berat piknometer (gr)	28.7	27.1
Berat air - isi piknometer (gr)	35.7	37.5
Berat piknometer + contoh (gr)	59.1	59.8
Berat piknometer (gr)	28.7	27.1
Berat contoh (gr)	30.4	32.7
Berat pikno + air + contoh (gr)	65.2	65.5
Berat piknometer + contoh (gr)	59.1	59.8
Berat air saja (gr)	6.1	5.7
Isi bitumen (cm ³)	29.6	31.8
Berat Jenis: $\frac{\text{berat contoh}}{\text{berat air sebanyak isi bitumen}}$	1.03	1.03
Catatan : Berat jenis = 1,03 gr/cm ³		

Hasil Pengujian:

Hitunglah berat jenis dengan rumus:

$$BJ = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Keterangan:

- A = berat piknometer (dengan penutup) (gr)
- B = berat piknometer berisi air (gr)
- C = berat piknometer berisi aspal (gr)
- D = berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

Hasil pengujian berat jenis aspal penetrasi 60/70 pada sampel I didapatkan sebesar 1,03 dan sampel II didapatkan 1,03 dari kedua sampel diambil rata-rata didapatkan sebesar 1,03 gr/cm³, dari hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan Depkimpraswil 2002 untuk pengujian berat jenis aspal yang ditentukan sebesar yaitu minimum 1.

4.2.6 Hasil Pengujian Penurunan Berat Minyak Dan Aspal (AASHTO T-47-82)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar minyak yang terkandung didalam aspal, semakin lama aspal terkena panas akan semakin turun kadar minyaknya. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina. Pengujian penurunan berat minyak dan aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak Dan Aspal
PENGUJIAN KEHILANGAN BERAT MINYAK DAN ASPAL

AASHTO T 47-82

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal 140 °C
	Mulai jam	: 08.20 WIB	
	Selesai jam	: 09.10 WIB	
Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu ruang 25 °C
	Mulai jam	: 09.10 WIB	
	Selesai jam	: 10.15 WIB	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam	: 10.15 WIB	Pembacaan suhu dlm contoh 163 ± 1 °C
	Selesai jam	: 17.15 WIB	
	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Berat cawan + aspal keras	78.9	75.3	76.6
Berat cawan kosong	10.8	10.8	10.6
Berat aspal keras	68.1	64.5	66
Berat sebelum pemanasan	78.9	75.3	76.6
Berat sesudah pemanasan	78.8	75.2	76.5
Kehilangan berat	0.1	0.1	0.1
Kehilangan berat dlm %	0.127	0.133	0.131
Rata-rata (%)	0.130		

Catatan: Kehilangan berat rata-rata = 0,13%

Hasil Pengujian:

Hitunglah penurunan berat dengan rumus:

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = berat cawan + contoh sebelum diuji (gr)

B = berat cawan + contoh setelah diuji (gr)

Untuk Thin Film Oven Test bandingkan nilai penetrasi, titik lembek dan daktilitas sebelum dan setelah dimasukkan dalam oven.

Perhitungan:

Pada sampel I:

A = 78,9 gram

B = 78,8 gram

$$\text{Penurunan berat} = \frac{78,9-78,8}{78,9} \times 100 = 0,127 \%$$

Dengan cara rata-rata didapatkan hasil pengujian untuk sampel I, II dan III

$$\text{Rata - rata} = \frac{0,127+0,133+0,131}{3} = 0,13 \%$$

Hasil pengujian penurunan berat minyak dan aspal dan aspal didapatkan nilai sebesar 0,130 %, maka aspal tersebut memenuhi persyaratan Depkimprawil 2002 yaitu maksimum 0,4 %.

Tabel 4.26 Matriks Perbandingan Hasil Pengujian Aspal Keras Penetrasi 60/70 Terhadap Spesifikasi

No.	Pengujian	Syarat	Hasil
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Minyak	60 - 70	66,50 10^{-1} mm
2	Berat Jenis Aspal Keras	≥ 1	1,125 gr/cm ²
3	Daktilitas Sebelum Kehilangan Minyak	≥ 100 Cm	150 cm
4	Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	≥ 232	314/319 °C
5	Titik Lembek Aspal dan Ter	≥ 48	48,000 °C
6	Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	$\leq 0,8$	0,130 %
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Minyak	≥ 54	94,74 %
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Minyak	≥ 50 cm	120 cm

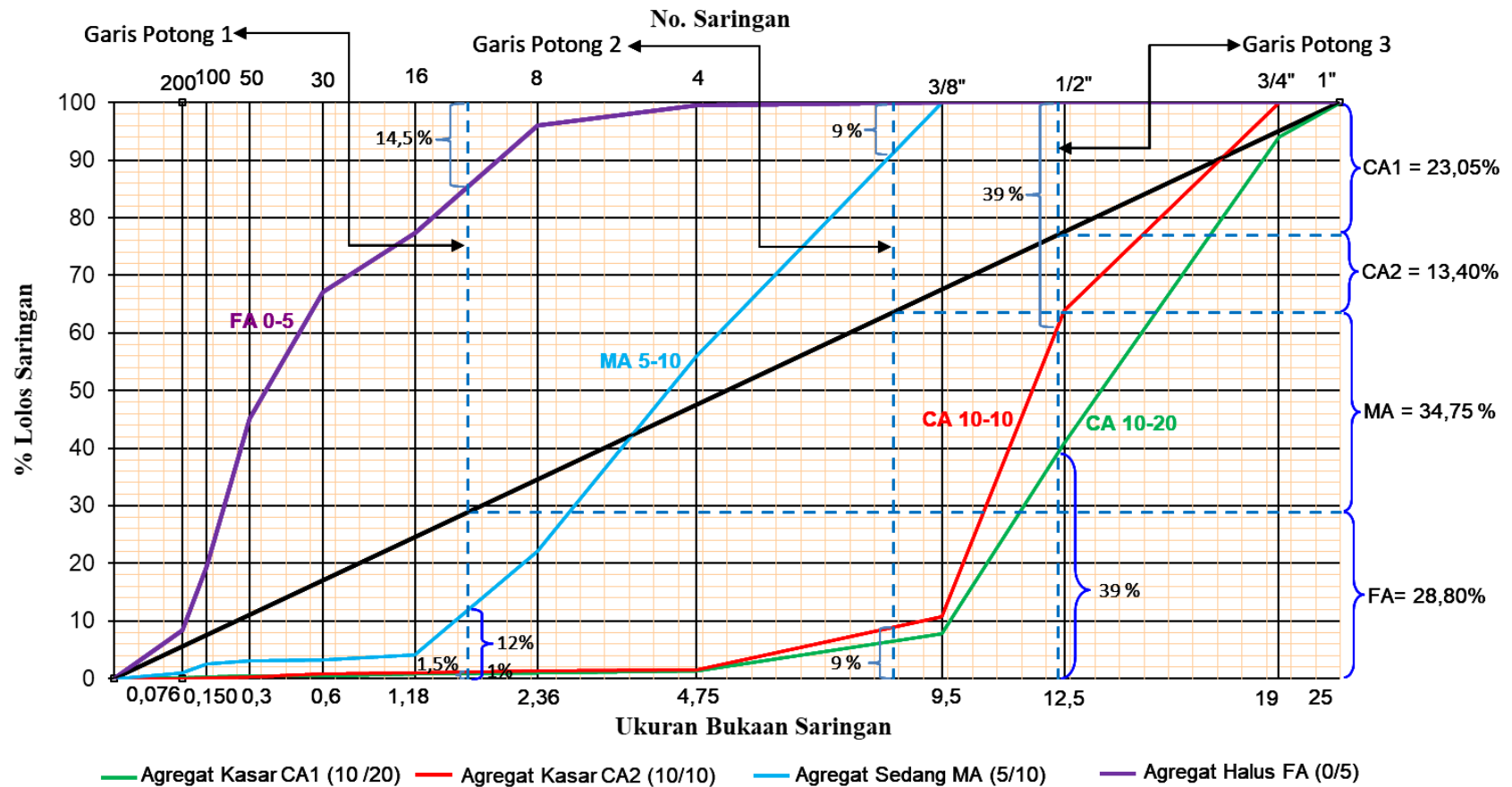
4.3 Perencanaan Komposisi Campuran Dan Perhitungan Presentase Agregat Dengan Metode Grafis

Dari pengujian analisa saringan didapatkan prosentase lolos saringan dari masing-masing ukuran agregat, prosentase tersebut dijadikan data untuk pembuatan diagram diagonal sebagai mix design untuk mendapatkan komposisi campuran pembuatan benda uji.

Tabel 4.27 Prosentase Lolos Saringan

Ukuran Saringan	Prosentase Lolos Saringan			
	CA 1 (10 – 20)	CA 2 (10 -10)	MA (5 – 10)	FA (0 – 5)
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (3/4")	94,06	100	100	100
12,5 mm (1/2")	40,96	63,84	100	100
9,5 mm (3/8")	7,72	10,73	100	100
4,75 mm (No. 4)	1,283	1,413	56,01	99,57
2,36 mm (No. 8)	0,964	1,246	22,13	96,07
2 mm (No. 10)	0,914	1,179	6,008	87,4
1,18 mm (No. 16)	0,752	1,01	4,155	77,41
0,71 mm (No. 25)	0,654	0,834	3,42	70,67
0,6 mm (No. 30)	0,52	0,735	3,277	67,02
0,425 mm (No. 40)	0,47	0,557	3,12	56,67
0,28 mm (No. 50)	0,432	0,303	2,978	45,1
0,18 mm (No. 80)	0,355	0,077	2,653	31,14
0,15 mm (No. 100)	0,306	0,061	2,555	19,33
0,075 mm (No. 200)	0,143	0,01	0,884	8,39
p a n	0	0	0	0

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan menggunakan metode Grafis seperti pada grafik dan tabel komposisi campuran agregat dibawah ini:



Grafik 4.1 Diagonal Komposisi Campuran Agregat

Keterangan:

Garis Potong 1: Agregat Halus = Agr. Kasar 1 + Agr. Kasar 2+ Agr. Sedang

Garis Potong 2: Agregat Sedang = Agregat Kasar 2

Garis Potong 3: Agregat Sedang = Agregat Kasar 1

Maka didapat:

- Garis Potong 1 (garis putus-putus kiri) : 14,5% FA = 1% CA2
+ 1,5% CA1 + 12% MA
- Garis Potong 2 (garis putus-putus tengah) : 9% MA = 9% CA1
- Garis Potong 3 (garis putus-putus kanan) : 39% MA = 39% CA2
- Garis Potong 1 dengan garis diagonal didapatkan (FA) : 28,80 %
- Garis Potong 2 dengan garis diagonal didapatkan (CA2) : 13,40 %
- Garis Potong 3 dengan garis diagonal didapatkan (CA1) : 23,05 %
- Sehingga (MA) = 100% - FA - CA2 - CA1
= 100% - 28,80% - 13,40% - 23,05%
= 34,75 %

Hasil dari plot grafik diatas didapatkan persentase agregat yang belum termasuk

Filler (FF) sebagai berikut:

CA1 = 23,05 %

CA2 = 13,40 %

MA = 34,75 %

FA = 28,80 %

Tabel 4.28 Komposisi Campuran Prosentase Agregat Spesifikasi ATB

10/20	10/10	5/10	0/5	FF	10/20	10/10	5/10	0/5	FF
%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	23.05	13.40	34.75	28.80	0.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	23.05	13.40	34.75	28.80	0.00
94.06	100.00	100.00	100.00	100.00	21.68	13.40	34.75	28.80	0.00
40.96	63.84	100.00	100.00	100.00	9.44	8.55	34.75	28.80	0.00
7.72	10.73	100.00	100.00	100.00	1.78	1.44	34.75	28.80	0.00
1.28	1.41	56.01	99.57	100.00	0.30	0.19	19.46	28.68	0.00
0.96	1.25	22.13	96.07	100.00	0.22	0.17	7.69	27.67	0.00
0.75	1.01	4.15	77.41	100.00	0.17	0.14	1.44	22.30	0.00
0.52	0.73	3.28	67.02	100.00	0.12	0.10	1.14	19.30	0.00
0.43	0.30	2.98	45.10	100.00	0.10	0.04	1.03	12.99	0.00
0.31	0.06	2.56	19.33	100.00	0.07	0.01	0.89	5.57	0.00
0.14	0.01	0.88	8.39	100.00	0.03	0.00	0.31	2.42	0.00

Perhitungan untuk menambahkan komposisi *Filler* (FF):

- CA 10/20 = CA1 x $\left(\frac{100-FF}{100}\right)$
= 23,05 x $\left(\frac{100-0,00}{100}\right)$
= 23,05 %
- CA 10/10 = CA2 x $\left(\frac{100-FF}{100}\right)$
= 13,40 x $\left(\frac{100-0,00}{100}\right)$
= 13,40 %
- MA 5/10 = MA x $\left(\frac{100-FF}{100}\right)$
= 34,75 x $\left(\frac{100-0,00}{100}\right)$
= 34,75 %
- FA 0/5 = FA x $\left(\frac{100-FF}{100}\right)$
= 28,80 x $\left(\frac{100-0,00}{100}\right)$
= 28,80 %

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapat prosentase campuran adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ CA } 10/20 + \% \text{ CA } 10/10 + \% \text{ MA } 5/10 + \% \text{ FA } 0/5 + \% \text{ FF} &= 100 \% \\ 23,05 \% + 13,40 \% + 34,75 \% + 28,80 \% + 0,00 \% &= 100 \end{aligned}$$

4.4 Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal

Setelah proporsi prosentase masing-masing agregat sudah diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan kadar aspal awal yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam menentukan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal berdasarkan Depkimpraswil 2002 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = 0,035 \times (CA_2 + MA_2) + (0,045 \times FA_2) + (0,18 \times FF) + K$$

Keterangan:

P = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran.

CA = persen agregat tertahan saringan no.8

FA = persen agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200

FF = persen agregat minimal 75% lolos saringan no.200

K = konstanta (0,5 – 1 untuk laston dan 2 – 3 untuk lataston)

Persentase agregat komposisi spesifikasi ATB sebagai berikut:

CA10/20	= 23,05	%
CA10/10	= 13,40	%
MA5/10	= 34,75	%
FA0/5	= 28,80	%
FF	= 0,00	%

Berdasarkan rumus di atas, komposisi campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) didapat nilai tengah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= 0,035 \times (CA10/20 + CA10/10 + MA5/10) + (0,045 \times FA0/5) + (0,18 \times FF) + \\ &\quad 0,75) \\ &= 0,035 \times (23,05 + 13,40 + 34,75) + (0,045 \times 28,80) + (0,18 \times 0) + 0,75) \\ &= 4,98 \text{ dibulatkan menjadi } 5 \text{ (konstanta).} \end{aligned}$$

Jika kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi a%, maka digunakan variasi (P-1)%, (P-0,5)%, (P)%, (P+0,5)%, dan (P+1)%, untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 5% dibuat dengan 5 variasi kadar aspal diantaranya 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6% pada Tabel 4.29 dibawah ini:

Tabel 4.29 Perencanaan Komposisi Campuran Aspal

Persentase Aspal		P-1%	P-0,5%	P%	P+0,5%	P+1%
		4%	4,5%	5%	5,5%	6%
CA 10/20	23,05 %	265,54	264,15	262,77	261,39	260,00
CA 10/10	13,40 %	154,37	153,56	152,76	151,96	151,15
MA 5/10	34,75 %	400,32	398,24	396,15	394,07	391,98
FA 0/5	28,80 %	331,78	330,05	328,32	326,59	324,86
FF	0,00 %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	100 %	1152	1146	1140	1134	1128

Berat Aspal	Gram	48	54	60	66	72
Berat Agregat	Gram	1152	1146	1140	1134	1128
Total	Gram	1200	1200	1200	1200	1200

Contoh perhitungan untuk variasi kadar aspal 4%

Kadar aspal total yang dibutuhkan:

Kadar aspal 4%

Total berat = 1200 gr

Berat aspal 4% x 1200 = 48 gr

Berat total agregat = 1152 gr

Agregat kasar 10/20 (23,05% x 1152) = 265,54 gr

Agregat kasar 10/10 (13,40% x 1152) = 154,37 gr

Agregat sedang 5/10 (37,75% x 1152) = 400,32 gr

Agregat halus 0/5 (28,80% x 1152) = 331,78 gr

Filler (0,00% x 1152) = 0 gr +

Berat total Agregat + Aspal + Filler = 1200 gr

4.5 Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

4.5.1 Data Hasil *Marshall Test* Perendaman 30 menit

Hasil dari pengujian test marshall, data dari pengujian tersebut kemudian dimasukkan kedalam tabel hasil uji marshall dengan perhitungan sebagai berikut:

Kadar Aspal	= 5 %
Nomor Benda Uji	= 1
Berat Jenis Agregat Kasar 1	= 2,67
Berat Jenis Agregat Kasar 2	= 2,70
Berat Jenis Agregat Sedang	= 2,64
Berat Jenis Agregat Halus	= 2,64
Berat Jenis Aspal	= 1,125

a. Diameter	= 10,1cm
b. Tinggi 1	= 5,9 cm
c. Tinggi 2	= 6 cm
d. Tinggi 3	= 5,81 cm
e. Tinggi 4	= 5,83 cm
f. Tinggi Rata-Rata (mm)	$= \left(\frac{5,9 + 6 + 5,81 + 5,83}{4} \right) \times 10$ $= 5,885 \text{ cm} = 58,85 \text{ mm}$
g. % Aspal Thdp Agregat	$= \frac{\% \text{ Aspal}}{1200 - \% \text{ Aspal}} \times 100$ $= \frac{5\% \times 1200}{1200 - (5\% \times 1200)} \times 100$ $= 5,26 \%$
h. % Aspal Thdp Campuran	= 5 %
i. Berat Sampel (gram)	= 1176,4 gram
j. Berat SSD (gram)	= 1196,6 gram
k. Berat Dalam Air (gram)	= 695,5 gram

l. Isi (gram)

$$\begin{aligned} &= \text{Berat SSD} - \text{Berat Dalam Air} \\ &= 1196,6 - 695,5 \\ &= 501,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

m. Berat Isi

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Isi}} \\ &= \frac{1176,4}{501,1} \\ &= 2,348 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

n. Berat Jenis Maksimum Teoritis

$$\begin{aligned} &= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{Bj Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{Bj Aspal}}} \\ &= \frac{100}{\left(\frac{23,05 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,67} + \frac{13,40 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,70} + \frac{37,75 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,64} + \frac{28,80 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,64} \right) + \left(\frac{5}{1,125} \right)} \\ &= 2,461 \end{aligned}$$

o. $\frac{\% \text{ Aspal Terhadap Campuran} \times \text{Berat Isi}}{\text{Berat Jenis Aspal}}$

$$= \frac{5 \times 2,348}{1,125} = 11,422$$

p. $\frac{(100 - \% \text{ Aspal Terhadap Campuran}) \times \text{Berat Isi}}{\text{BJ Agregat}}$

$$= \frac{(100 - 5) \times 2,348}{2,66} = 83,964$$

q. Jumlah Kandungan Rongga (%)

$$\begin{aligned} &= 100 - o - p \\ &= 100 - 11,422 - 83,964 \\ &= 6,61 \% \end{aligned}$$

r. % Rongga Terhadap Agregat VMA

$$\begin{aligned} &= 100 - p \\ &= 100 - 83,964 \\ &= 16,036 \% \end{aligned}$$

s. Rongga Terisi Aspal VFA

$$\begin{aligned} &= \frac{100 \times o}{r} = \frac{100 \times 11,422}{16,036} \\ &= 71,227 \% \end{aligned}$$

t. % Rongga Dalam Campuran VIM

$$\begin{aligned} &= 100 - [100 \times (\frac{m}{n})] \\ &= 100 - [100 \times (\frac{2,348}{2,461})] \\ &= 4,614 \% \end{aligned}$$

u. Pembacaan Arloji Stabilitas

$$= 80,00 \text{ Div}$$

v. Lbf

$$\begin{aligned} &= \text{Pembacaan arloji stabilitas} \times \text{Faktor kalibrasi provingring} \\ &= 78,00 \text{ Div} \times 33,634 \text{ lbf/Div} \\ &= 2690,72 \text{ lbf} \end{aligned}$$

w. Kg

$$\begin{aligned} &= 2690,72 \times 0,44482 \\ &= 1196,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

x. Koreksi (tebal)

$$= 1,124$$

y. Stabilitas (dengan Koreksi)

$$\begin{aligned} &= \text{lbf} \times \text{Koreksi (tebal)} \\ &= 2690,72 \times 1,124 \\ &= 1344,80 \text{ lbf} \end{aligned}$$

z. Stabilitas (dengan Koreksi)

$$\begin{aligned} &= \text{Kg} \times \text{Koreksi (tebal)} \\ &= 1196,9 \times 1,124 \end{aligned}$$

$$= 1345,02 \text{ kg}$$

aa. *Flow*

$$= 3,60 \text{ mm}$$

bb. *Marshall Quotient*

$$= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

$$= \frac{1345,9}{3,8}$$

$$= 373,56 \text{ kg/mm.}$$

Tabel 4.30 Spesifikasi Campuran ATB

<i>Sifat Campuran</i>		<i>Spesifikasi</i>						
		<i>SS</i>	<i>STS</i>	<i>STK</i>	<i>HRS-A</i>	<i>HRS-B</i>	<i>AC</i>	<i>ATB</i>
Kadar Aspal Efektif	Min	8,0	8,3	6,0	6,3	5,5	-	-
Kadar Penyerapan Aspal	Max	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	9,0	9,3	7,0	7,3	6,5	6	5,8
Kadar Rongga Udara dari campuran padat (% terhadap volume total campuran)	Min	3	3	3	4	4	3	3
	Max	9	9	9	6	6	5	5
Rongga diantara mineral agregat (VMA) (%)	Min	20	20	20	18	18	15	14
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	75	75	75	68	68	65	65
Stabilitas Marshal (SNI-06-2489-1991) (Kg)	Min	200	200	450	450	800	800	800
Pelelehan (Flow), mm	Min	2	2	2	3	3	2	2
	Max	3	3	3	-	-	4	4
Marshall Quotient (SNI-06-2489-1991) (Kg/mm)	Min	80	80	80	250	250	-	-
Stabilitas Marshal tersisa setelah perendaman selama 24 jam pada 60 ⁰ C (% terhadap stabilitas semula)	Min	75	75	75	75	75	75	75

Tabel 4.31 Hasil Pengujian *Marshall Test* 30 Menit Mencari Kadar Aspal Optimum Kadar Aspal 4 %

Kadar Aspal		4 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,10	105,50	101,50
b	Tinggi 1 (mm)	68,10	64,50	65,00
c	Tinggi 2 (mm)	66,80	65,70	66,10
d	Tinggi 3 (mm)	65,00	66,30	65,50
e	Tinggi 4 (mm)	65,30	66,10	64,80
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,30	65,65	65,35
g	% aspal thd agregat	4,17	4,17	4,17
h	% aspal thd campuran	4,00	4,00	4,00
i	Berat sampel (gram)	1178,6	1172,9	1177,2
j	Berat SSD (gram)	1202,8	1192,6	1200,4
k	Berat dalam air (gram)	699,1	691,3	697,3
l	Isi (gr/mm ³)	503,70	501,30	503,10
m	Berat isi	2,340	2,340	2,340
n	BJ maksimum teoritis	2,498	2,498	2,498
o	(g*1)/bj aspal)	9,108	9,107	9,108
p	((100-g)*1)/bj agregat	84,567	84,561	84,568
q	Jumlah kandungan rongga (%)	6,32	6,33	6,32
r	% rongga thd agregat VMA	15,433	15,439	15,432
s	% rongga terisi aspal VFA	59,016	58,988	59,0
t	% rongga dlm campuran VIM	6,325	6,332	6,325
u	Pembacaan arloji stabilitas	77,00	75,00	79,00
v	lbf	2589,82	2522,55	2657,09
w	kg	1152,0	1122,1	1181,9
x	koreksi (tebal)	0,928	0,946	0,954
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1069,32	1061,02	1127,00
z	Flow	2,60	3,00	2,80
aa	<i>Marshall Quotient</i>	411,28	353,67	402,50

Tabel 4.32 Hasil Pengujian *Marshall Test* 30 Menit Mencari Kadar Aspal
Optimum Kadar Aspal 4,5 %

Kadar Aspal		4,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,70	102,00	101,60
b	Tinggi 1 (mm)	64,10	66,70	66,00
c	Tinggi 2 (mm)	63,80	66,40	64,80
d	Tinggi 3 (mm)	65,60	64,70	66,40
e	Tinggi 4 (mm)	65,00	65,00	66,00
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,63	65,70	65,80
g	% aspal thd agregat	4,71	4,71	4,71
h	% aspal thd campuran	4,50	4,50	4,50
i	Berat sampel (gram)	1170,0	1180,7	1184,4
j	Berat SSD (gram)	1187,3	1201,1	1197,8
k	Berat dalam air (gram)	688,1	697,2	692,3
l	Isi (gr/mm ³)	499,2	503,9	505,5
m	Berat isi	2,344	2,343	2,343
n	BJ maksimum teoritis	2,479	2,479	2,479
o	(g*1)/bj aspal)	10,263	10,260	10,260
p	((100-g)*1)/bj agregat	84,266	84,243	84,240
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,47	5,50	5,50
r	% rongga thd agregat VMA	15,734	15,757	15,760
s	% rongga terisi aspal VFA	65,228	65,117	65,100
t	% rongga dlm campuran VIM	5,471	5,496	5,500
u	Pembacaan arloji stabilitas	80,00	84,00	81,00
v	lbf	2690,72	2825,26	2724,35
w	kg	1196,9	1256,7	1211,8
x	koreksi (tebal)	0,973	0,944	0,942
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1164,05	1186,67	1141,07
z	Flow	2,80	3,00	3,30
aa	<i>Marshall Quotient</i>	415,73	395,56	345,78

Tabel 4.33 Hasil Pengujian *Marshall Test* 30 Menit Mencari Kadar Aspal Optimum Kadar Aspal 5 %

Kadar Aspal		5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,00	100,75	102,00
b	Tinggi 1 (mm)	59,00	66,10	66,50
c	Tinggi 2 (mm)	60,00	67,00	65,25
d	Tinggi 3 (mm)	58,10	68,00	65,70
e	Tinggi 4 (mm)	58,30	68,40	66,10
f	Tinggi rata-rata (mm)	58,85	67,38	65,89
g	% aspal thd agregat	5,26	5,26	5,26
h	% aspal thd campuran	5,00	5,00	5,00
i	Berat sampel (gram)	1176,4	1179,3	1190,8
j	Berat SSD (gram)	1196,6	1195,7	1207,7
k	Berat dalam air (gram)	695,5	693,5	700,8
l	Isi (gr/mm ³)	501,1	502,2	506,9
m	Berat isi	2,348	2,348	2,349
n	BJ maksimum teoritis	2,461	2,461	2,461
o	(g*1)/bj aspal)	11,422	11,425	11,430
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,964	83,986	84,019
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,614	4,588	4,551
r	% rongga thd agregat VMA	16,036	16,014	15,981
s	% rongga terisi aspal VFA	71,227	71,347	71,521
t	% rongga dlm campuran VIM	4,614	4,588	4,551
u	Pembacaan arloji stabilitas	80,00	86,00	87,00
v	lbf	2690,72	2892,52	2926,16
w	kg	1196,9	1286,65	1301,61
x	koreksi (tebal)	1,124	0,899	0,939
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1344,80	1157,02	1222,56
z	Flow	3,60	3,40	3,34
aa	Marshall Quotient	373,56	340,30	366,04

Tabel 4.34 Hasil Pengujian *Marshall Test* 30 Menit Mencari Kadar Aspal Optimum Kadar Aspal 5,5 %

Kadar Aspal		5,5 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,60	102,00	101,90
b	Tinggi 1 (mm)	63,00	61,50	61,00
c	Tinggi 2 (mm)	64,60	62,20	61,80
d	Tinggi 3 (mm)	63,80	62,20	63,00
e	Tinggi 4 (mm)	63,70	62,20	62,50
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,78	62,03	62,08
g	% aspal thd agregat	5,82	5,82	5,82
h	% aspal thd campuran	5,50	5,50	5,50
i	Berat sampel (gram)	1171,5	1196,5	1184,7
j	Berat SSD (gram)	1185,9	1207,6	1194,8
k	Berat dalam air (gram)	688,0	699,5	691,5
l	Isi (gr/mm ³)	497,9	508,1	503,3
m	Berat isi	2,353	2,355	2,354
n	BJ maksimum teoritis	2,443	2,443	2,443
o	(g*1)/bj aspal)	12,592	12,603	12,598
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,709	83,779	83,743
q	Jumlah kandungan rongga (%)	3,699	3,618	3,659
r	% rongga thd agregat VMA	16,291	16,221	16,257
s	% rongga terisi aspal VFA	77,295	77,694	77,493
t	% rongga dlm campuran VIM	3,699	3,618	3,659
u	Pembacaan arloji stabilitas	85,00	81,00	84,00
v	lbf	2858,89	2724,35	2825,26
w	kg	1271,69	1211,85	1256,73
x	koreksi (tebal)	0,995	1,039	1,038
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1264,80	1259,47	1304,52
z	Flow	3,40	3,80	3,60
aa	Marshall Quotient	372,00	331,44	101,90

Tabel 4.35 Hasil Pengujian *Marshall Test* 30 Menit Mencari Kadar Aspal Optimum Kadar Aspal 6 %

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	100,90	101,35	102,00
b	Tinggi 1 (mm)	62,50	61,50	62,00
c	Tinggi 2 (mm)	62,00	60,80	61,10
d	Tinggi 3 (mm)	62,70	62,00	60,25
e	Tinggi 4 (mm)	63,00	62,70	61,70
f	Tinggi rata-rata (mm)	62,55	61,75	61,26
g	% aspal thd agregat	6,38	6,38	6,38
h	% aspal thd campuran	6,00	6,00	6,00
i	Berat sampel (gram)	1189,9	1171,6	1189,8
j	Berat SSD (gram)	1207,5	1191,0	1211,3
k	Berat dalam air (gram)	702,2	693,5	705,8
l	Isi (gr/mm ³)	505,3	497,5	505,5
m	Berat isi	2,355	2,355	2,354
n	BJ maksimum teoritis	2,426	2,426	2,426
o	(g*1)/bj aspal)	13,749	13,749	13,742
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,335	83,340	83,295
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2,916	2,911	2,963
r	% rongga thd agregat VMA	16,665	16,660	16,705
s	% rongga terisi aspal VFA	82,500	82,528	82,263
t	% rongga dlm campuran VIM	2,916	2,911	2,963
u	Pembacaan arloji stabilitas	75,00	80,00	78,00
v	lbf	2522,55	2690,72	2623,45
w	kg	1122,08	1196,89	1166,96
x	koreksi (tebal)	1,026	1,046	1,059
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1151,15	1252,34	1235,64
z	Flow	3,80	4,00	3,70
aa	<i>Marshall Quotient</i>	302,94	313,08	333,96

4.5.2 Perhitungan Interval Kepercayaan Perendaman 30 menit

Dari data yang diperoleh dalam hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data tersebut dapat mendekati angka valid. Dalam pengujian tersebut, interval konfiden 95%. Hal ini berarti angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya 95% adalah data yang dapat dipercaya. Data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar aspal 5%.

Tabel 4.36 Data Pengujian Kadar Aspal 5%

No	Stabilitas (Kg)
1	1344,80
2	1157,02
3	1222,56

Dari data stabilitas diatas, selanjutnya dicari Interval Kepercayaan 95% dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. } \bar{x} &= \frac{\text{jumlah stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1344,80 + 1157,02 + 1222,56}{3} \\ &= 1241,46 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } S &= \sqrt{\frac{(1344,80 - 1241,46)^2 + \text{sampai} + (1222,56 - 1241,46)^2}{3 - 1}} \\ &= 95,31 \end{aligned}$$

$$\text{c. } p = 0,975\%$$

$$\begin{aligned} \text{d. } Dk &= n - 1 = 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. } t_{(n-1; \frac{p}{2})} &= t_{(n-1; \frac{0,975}{2})} \\
 &= t_{(2; 0,487)} \\
 &= 4,30 \text{ (dari tabel distribusi t)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

\bar{x} = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

α = Tingkat singnifikasi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \\
 1241,46 - 4,30 \cdot \frac{95,31}{\sqrt{3}} < \mu < 1241,45 + 4,30 \cdot \frac{95,31}{\sqrt{3}} \\
 1004,71 < \mu < 1478,22
 \end{aligned}$$

Jadi, dengan range Interval Kepercayaan pada stabilitas tersebut, didapatkan nilai pada variasi kadar aspal 5% memenuhi syarat. Data tersebut dilampirkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.37 Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Aspal 5%

No	Stabilitas (Kg)
1	1344,80
2	1157,67
3	1222,56

Dengan cara yang sama, dengan menggunakan interval kepercayaan maka didapat data yang sesuai dengan syarat-syarat yang berlaku.

Tabel 4.38 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Rendaman 30 Menit)

Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1069.32	1085.78	35.94	0.975	2	4.30	996.51	1175.06	TRUE	1
2	1061.02								TRUE	1
3	1127.00								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1164.05	1163.93	22.80	0.975	2	4.30	1107.28	1220.58	TRUE	1
2	1186.67								TRUE	1
3	1141.07								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1344.80	1241.46	95.31	0.975	2	4.30	1004.71	1478.22	TRUE	1
2	1157.02								TRUE	1
3	1222.56								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1264.80	1276.26	24.61	0.975	2	4.30	1215.12	1337.40	TRUE	1
2	1259.47								TRUE	1
3	1304.52								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1151.15	1213.04	54.24	0.975	2	4.30	1078.29	1347.79	TRUE	1
2	1252.34								TRUE	1
3	1235.64								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.39 Hasil Interval Kepercayaan Stabilitas Rendaman 30 Menit

No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	1069,32	1164,05	1344,80	1264,80	1151,15
2	1061,02	1186,67	1157,02	1259,47	1252,34
3	1127,00	1141,07	1222,56	1304,52	1235,64
Rata"	1085,78	1163,93	1241,46	1276,26	1213,04

Tabel 4.40 Interval Kepercayaan Data Flow (Rendaman 30 Menit)

Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2.60	2.80	0.20	0.975	2	4.303	2.30	3.30	TRUE	1
2	3.00								TRUE	1
3	2.80								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2.80	3.03	0.25	0.975	2	4.303	2.41	3.66	TRUE	1
2	3.00								TRUE	1
3	3.30								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3.60	3.45	0.14	0.975	2	4.303	3.11	3.78	TRUE	1
2	3.40								TRUE	1
3	3.34								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3.40	3.60	0.20	0.975	2	4.303	3.10	4.10	TRUE	1
2	3.80								TRUE	1
3	3.60								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3.80	3.83	0.15	0.975	2	4.303	3.45	4.21	TRUE	1
2	4.00								TRUE	1
3	3.70								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.41 Hasil Interval Kepercayaan *Flow* Rendaman 30 Menit

No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	2,60	2,80	3,60	3,40	3,80
2	3,00	3,00	3,40	3,80	4,00
3	2,80	3,30	3,34	3,60	3,70
Rata"	2,80	3,03	3,45	3,60	3,83

Tabel 4.42 Interval Kepercayaan Data VIM (Rendaman 30 Menit)

Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	6.32	6.33	0.00	0.975	2	4.303	6.32	6.34	TRUE	1
2	6.33								TRUE	1
3	6.32								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	5.47	5.49	0.02	0.975	2	4.303	5.45	5.53	TRUE	1
2	5.50								TRUE	1
3	5.50								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	4.61	4.58	0.03	0.975	2.00	4.303	4.51	4.66	TRUE	1
2	4.59								TRUE	1
3	4.55								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3.70	3.66	0.04	0.975	2	4.303	3.56	3.76	TRUE	1
2	3.62								TRUE	1
3	3.66								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2.92	2.93	0.03	0.975	2	4.303	2.86	3.00	TRUE	1
2	2.91								TRUE	1
3	2.96								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.43 Hasil Interval Kepercayaan VIM Rendaman 30 Menit

No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	6,32	5,47	4,61	3,70	2,92
2	6,33	5,50	4,59	3,62	2,91
3	6,32	5,50	4,55	3,66	2,96
Rata"	6,33	5,49	4,58	3,66	2,93

Tabel 4.44 Interval Kepercayaan Data VMA (Rendaman 30 Menit)

Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	15.43	15.43	0.00	0.975	2	4.303	15.43	15.44	TRUE	1
2	15.44								TRUE	1
3	15.43								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	15.73	15.75	0.01	0.975	2	4.303	15.72	15.79	TRUE	1
2	15.76								TRUE	1
3	15.76								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	16.04	16.01	0.03	0.975	2	4.303	15.94	16.08	TRUE	1
2	16.01								TRUE	1
3	15.98								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	16.29	16.26	0.04	0.975	2	4.303	16.17	16.34	TRUE	1
2	16.22								TRUE	1
3	16.26								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	16.67	16.68	0.02	0.975	2	4.303	16.62	16.74	TRUE	1
2	16.66								TRUE	1
3	16.71								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.45 Hasil Interval Kepercayaan VMA Rendaman 30 Menit

No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	15,43	15,73	16,04	16,29	16,67
2	15,44	15,76	16,01	16,22	16,66
3	15,43	15,76	15,98	16,26	16,71
Rata"	15,43	15,75	16,01	16,26	16,68

Tabel 4.46 Interval Kepercayaan Data *Marshall Quotient* (Rendaman 30 Menit)

Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	411.28	389.15	31.04	0.975	2	4.303	312.05	466.25	TRUE	1
2	353.67								TRUE	1
3	402.50								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	415.73	385.69	36.01	0.975	2	4.303	296.25	475.13	TRUE	1
2	395.56								TRUE	1
3	345.78								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	373.56	359.96	17.44	0.975	2	4.303	316.64	403.29	TRUE	1
2	340.30								TRUE	1
3	366.04								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	372.00	355.27	21.19	0.975	2	4.303	302.63	407.91	TRUE	1
2	331.44								TRUE	1
3	362.37								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	302.94	316.66	15.82	0.975	2	4.303	277.37	355.95	TRUE	1
2	313.08								TRUE	1
3	333.96								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.47 Hasil Interval Kepercayaan MQ Rendaman 30 Menit

No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	411,28	415,73	373,56	372,00	302,94
2	353,67	395,56	340,30	331,44	313,08
3	402,50	345,78	366,04	362,37	333,96
Rata"	389,15	385,69	359,96	355,27	316,66

Tabel 4.48 Interval Kepercayaan Data VFA (Rendaman 30 Menit)

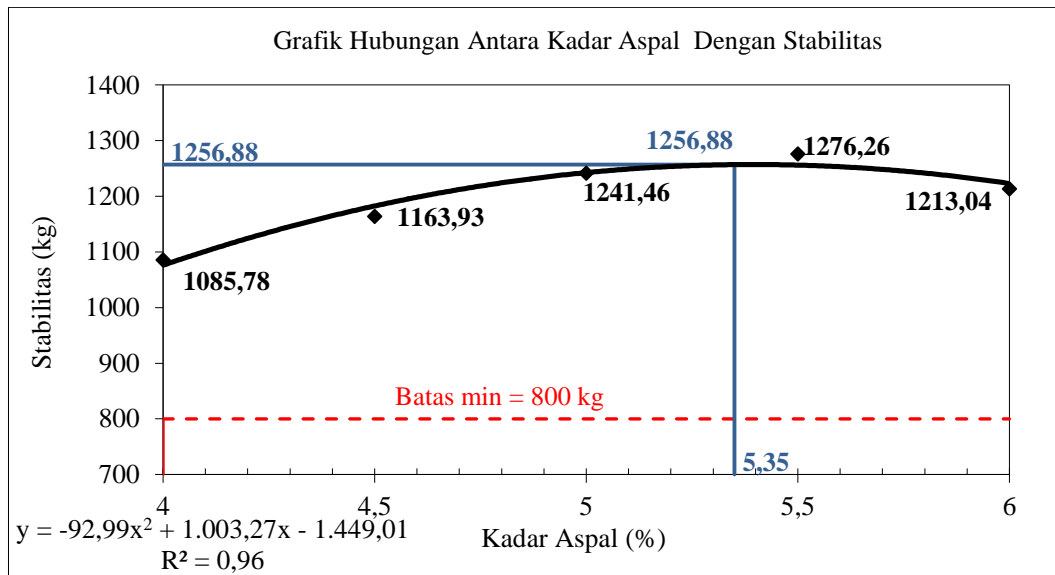
Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 4%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	59.02	59.01	0.02	0.975	2	4.30	58.97	59.05	TRUE	1
2	58.99								TRUE	1
3	59.02								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 4,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	65.23	65.15	0.07	0.975	2	4.30	64.98	65.32	TRUE	1
2	65.12								TRUE	1
3	65.10								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	71.23	71.37	0.15	0.975	2	4.30	71.00	71.73	TRUE	1
2	71.35								TRUE	1
3	71.52								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 5,5%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	77.29	77.49	0.20	0.975	2	4.30	77.00	77.99	TRUE	1
2	77.69								TRUE	1
3	77.49								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3
Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 6%										
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	82.50	82.43	0.15	0.975	2	4.30	82.07	82.79	TRUE	1
2	82.53								TRUE	1
3	82.26								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.49 Hasil Interval Kepercayaan VFA Rendaman 30 Menit

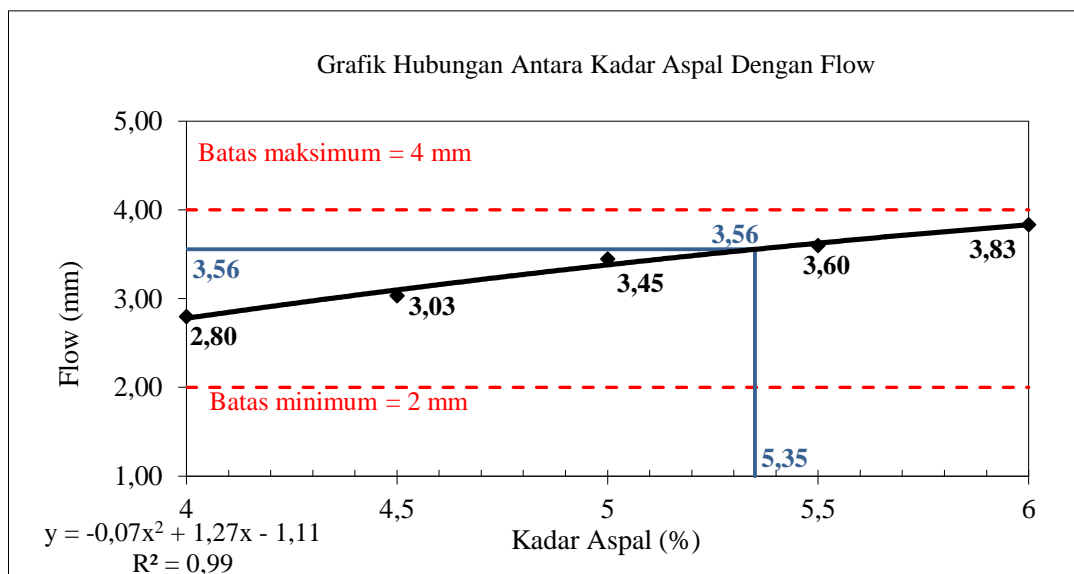
No.	4 %	4,5 %	5 %	5,5 %	6 %
1	59,02	65,23	71,23	77,29	82,50
2	58,99	65,12	71,35	77,69	82,53
3	59,02	65,10	71,52	77,49	82,26
Rata"	59,01	65,15	71,37	77,49	82,43

4.5.3 Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) Rendaman 30 Menit

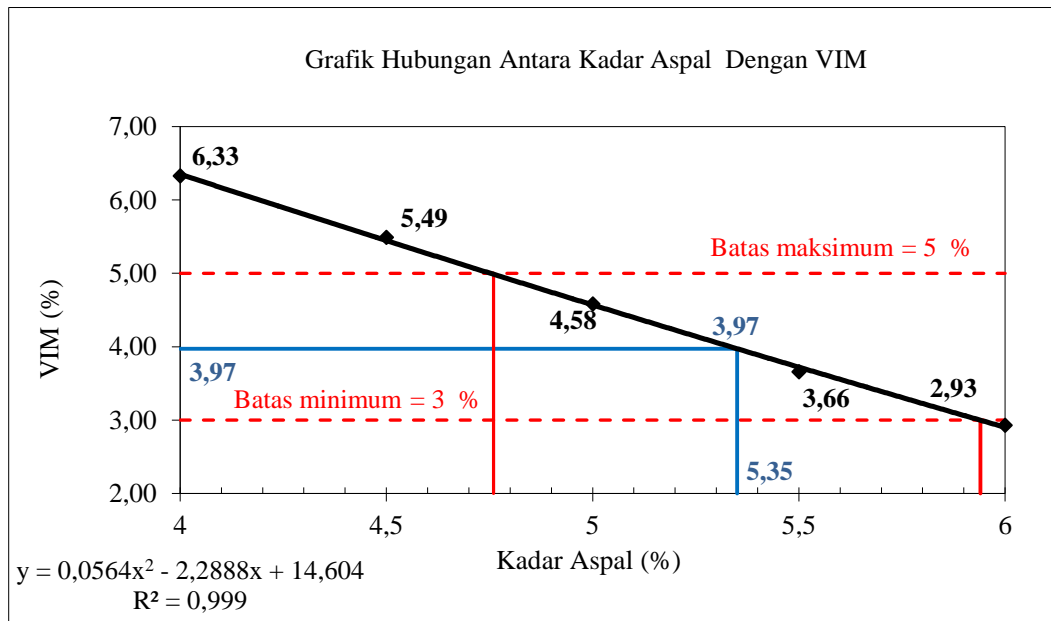
Perhitungan untuk mencari kadar aspal optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter *marshall* yang digambarkan dengan grafik-grafik dibawah ini:



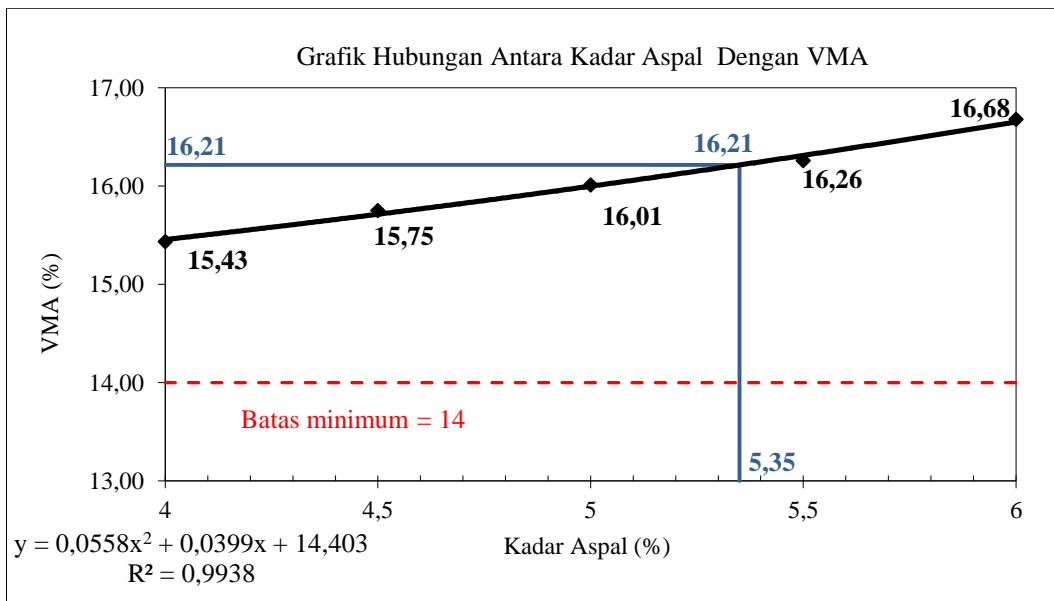
Grafik 4.2 Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas 30 Menit



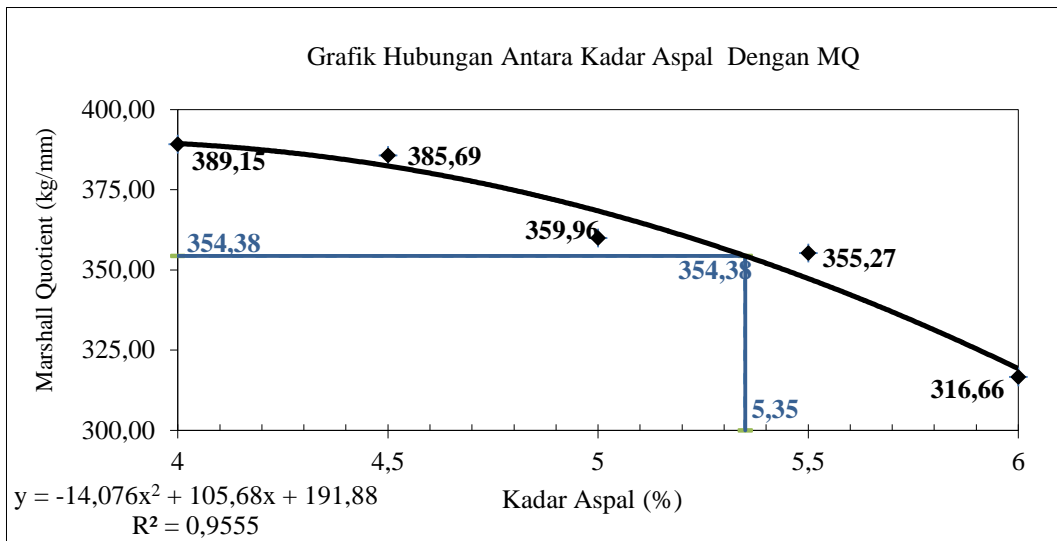
Grafik 4.3 Hubungan Kadar Aspal Dengan Flow 30 Menit



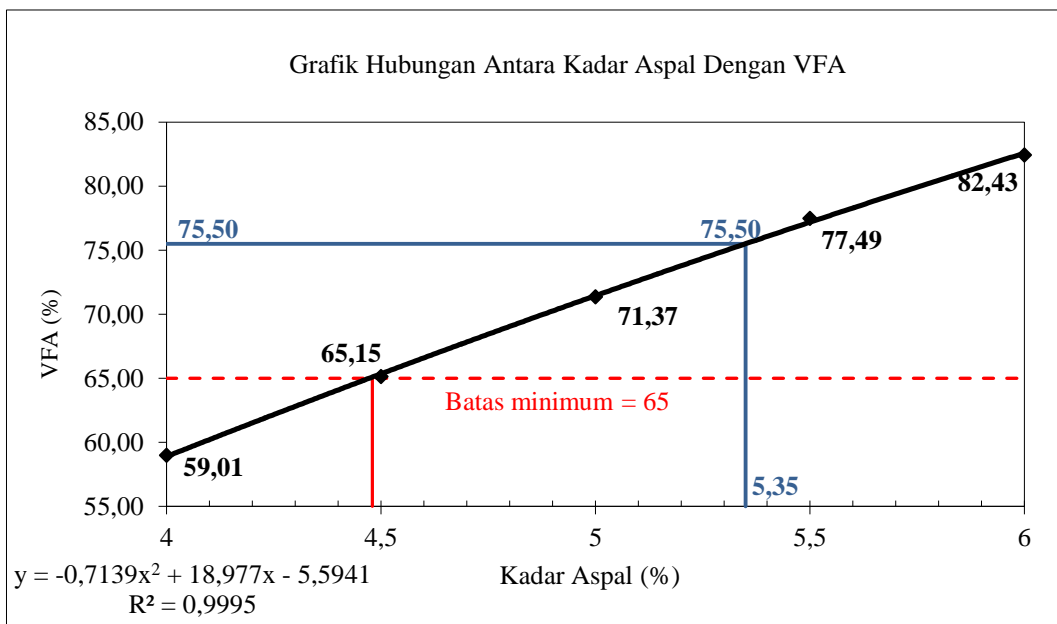
Grafik 4.4 Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM 30 Menit



Grafik 4.5 Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA 30 Menit

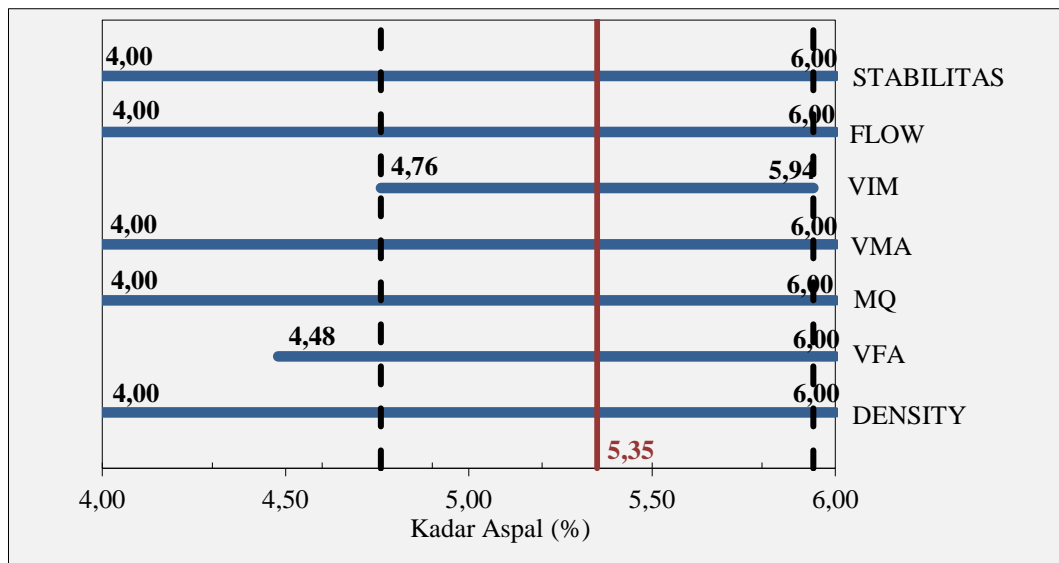


Grafik 4.6 Hubungan Kadar Aspal Dengan *Marshall Quotient* 30 Menit



Grafik 4.7 Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA 30 Menit

Berdasarkan grafik di atas diperoleh Kadar Aspal Optimum sebagai berikut:



Grafik 4.8 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

Dari semua parameter, untuk menentukan kadar aspal optimum digunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{a+b}{2} = \frac{4,76\% + 5,94\%}{2}$$

$$= 5,35 \%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) pada rendaman 30 menit sebesar 5,35% dengan nilai parameter *Marshall Test* Stabilitas sebesar 1256,88 kg, Flow 3,56 mm, VIM 3,97%, VMA 16,21%, MQ 354,38 kg/mm, dan VFA 75,50%.

4.5.4 Data Hasil *Marshall Test* Kadar Aspal Optimum (KAO) Perendaman 24 Jam

Hasil dari pengujian test marshall, data dari pengujian tersebut kemudian dimasukkan kedalam tabel hasil uji marshall dengan perhitungan sebagai berikut:

Kadar Aspal = 5,35 %
 Nomor Benda Uji = 1

a. Diameter	= 10,1cm
b. Tinggi 1	= 6,47 cm
c. Tinggi 2	= 6,68 cm
d. Tinggi 3	= 6,61 cm
e. Tinggi 4	= 6.67 cm
f. Tinggi Rata-Rata (mm)	$= \left(\frac{6,47 + 6,68 + 6,61 + 6,67}{4} \right) \times 10$ $= 6,608 \text{ cm} = 66,08 \text{ mm}$
g. % Aspal Thdp Agregat	$= \frac{\% \text{ Aspal}}{1200 - \% \text{ Aspal}} \times 100$ $= \frac{5,35\% \times 1200}{1200 - (5,35\% \times 1200)} \times 100$ $= 5,65 \%$
h. % Aspal Thdp Campuran	= 5,35 %
i. Berat Sampel (gram)	= 1190,2 gram
j. Berat SSD (gram)	= 1187,1 gram
k. Berat Dalam Air (gram)	= 661,2 gram
l. Isi (gram)	$= \text{Berat SSD} - \text{Berat Dalam Air}$ $= 1187,1 - 661,2$ $= 525,9 \text{ gram}$
m. Berat Isi	$= \frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Isi}}$ $= \frac{1187,1}{661,2}$ $= 2,263 \text{ gram/cm}^3$

n. Berat Jenis Maksimum Teoritis

$$\begin{aligned} &= \frac{\frac{100}{\% \text{ Agregat}}}{\text{Bj Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{Bj Aspal}} \\ &= \frac{100}{\left(\frac{23,05 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,67} + \frac{13,40 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,70} + \frac{37,75 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,64} + \frac{28,80 \times \left(\frac{100-5}{100} \right)}{2,64} \right) + \left(\frac{5,35}{1,125} \right)} \\ &= 2,448 \end{aligned}$$

o. $\frac{\% \text{ Aspal Terhadap Campuran} \times \text{Berat Isi}}{\text{Berat Jenis Aspal}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{5,35 \times 2,263}{1,125} \\ &= 11,782 \end{aligned}$$

p. $\frac{(100 - \% \text{ Aspal Terhadap Campuran}) \times \text{Berat Isi}}{\text{BJ Agregat}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{(100 - 5,35) \times 2,263}{2,66} \\ &= 80,645 \end{aligned}$$

q. Jumlah Kandungan Rongga (%)

$$\begin{aligned} &= 100 - o - p \\ &= 100 - 11,782 - 80,645 \\ &= 7,57 \% \end{aligned}$$

r. % Rongga Terhadap Agregat VMA

$$\begin{aligned} &= 100 - p \\ &= 100 - 80,645 \\ &= 19,355 \% \end{aligned}$$

s. Rongga Terisi Aspal VFA

$$\begin{aligned} &= \frac{100 \times o}{r} = \frac{100 \times 11,782}{19,355} \\ &= 60,872 \% \end{aligned}$$

t. % Rongga Dalam Campuran VIM

$$\begin{aligned} &= 100 - [100 \times (\frac{m}{n})] \\ &= 100 - [100 \times (\frac{2,263}{2,448})] \\ &= 7,568 \% \end{aligned}$$

u. Pembacaan Arloji Stabilitas

$$= 85,00 \text{ Div}$$

v. Lbf

$$\begin{aligned} &= \text{Pembacaan arloji stabilitas} \times \text{Faktor kalibrasi provingring} \\ &= 78,00 \text{ Div} \times 28,77 \text{ lbf/Div} \\ &= 2445,5 \text{ lbf} \end{aligned}$$

$$\text{w. Kg} = 2445,5 \times 0,44482 = 1087,79 \text{ kg}$$

$$\text{x. Koreksi (tebal)} = 0,934$$

y. Stabilitas (dengan Koreksi)

$$\begin{aligned} &= \text{Kg} \times \text{Koreksi (tebal)} \\ &= 1078,79 \times 0,934 \\ &= 1016 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{z. Flow} = 3,0 \text{ mm}$$

aa. *Marshall Quotient*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \\ &= 338,76 \text{ kg/mm.} \end{aligned}$$

Tabel 4.50 Hasil Pengujian *Marshall Test* Rendaman 24 jam
Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35%

Kadar Aspal Optimum		5.35 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101.50	101.30	102.00
b	Tinggi 1 (mm)	64.70	69.30	67.20
c	Tinggi 2 (mm)	66.80	69.20	67.70
d	Tinggi 3 (mm)	66.10	69.60	67.10
e	Tinggi 4 (mm)	66.70	70.00	67.10
f	Tinggi rata-rata (mm)	66.08	69.53	67.28
g	% aspal thd agregat	5.65	5.65	5.65
h	% aspal thd campuran	5.35	5.35	5.35
i	Berat sampel (gram)	1190.2	1198.1	1189.4
j	Berat SSD (gram)	1187.1	1232.3	1213.2
k	Berat dalam air (gram)	661.2	681.8	676.6
l	Isi (gr/mm ³)	525.90	550.50	536.60
m	Berat isi (gr/mm ³)	2.263	2.176	2.217
n	BJ maksimum teoritis	2.448	2.448	2.448
o	(g*1)/bj aspal	11.782	11.330	11.539
p	((100-g)*1)/bj agregat	80.645	77.552	78.983
q	Jumlah kandungan rongga (%)	7.57	11.12	9.48
r	% rongga thd agregat VMA	19.355	22.448	21.017
s	% rongga terisi aspal VFA	60.872	50.474	54.906
t	% rongga dlm campuran VIM	7.568	11.112	9.472
u	Pembacaan arloji stabilitas	85.00	89.00	83.00
v	lbf	2445.5	2560.5	2387.9
w	kg	1087.79	1138.97	1062.19
x	koreksi (tebal)	0.934	0.842	0.902
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1016	959	958
z	Flow	3	3.45	3.15
aa	Marshall Quotient	338.76	278.04	304.14

4.5.5 Perhitungan Interval Kepercayaan Perendaman 24 Jam

Dari data yang diperoleh dalam hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data tersebut dapat mendekati angka valid. Dalam pengujian tersebut, interval konfiden 95%. Hal ini berarti angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya 95% adalah data yang dapat dipercaya. Data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar aspal optimum 5,35%.

Tabel 4.51 Data Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35 %

No	Stabilitas (Kg)
1	1016
2	959
3	958

Dari data stabilitas diatas, selanjutnya dicari Interval Kepercayaan 95% dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. } \bar{x} &= \frac{\text{jumlah stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1016+959+958}{3} \\ &= 977,85 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } S &= \sqrt{\frac{(1016-977,85)^2 + (959-977,85)^2 + (958-977,85)^2}{3-1}} \\ &= 33,28 \end{aligned}$$

c. $p = 0,975\%$

d. $Dk = n - 1 = 3 - 1$

$= 2$

e. $t_{(n-1; \frac{p}{2})} = t_{(n-1; \frac{0,975}{2})}$

$= t_{(2; 0,487)}$

$= 4,30$ (dari tabel distribusi t)

Keterangan :

\bar{x} = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

α = Tingkat singnifikasi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$977,85 - 4,30 \cdot \frac{33,28}{\sqrt{3}} < \mu < 977,85 + 4,30 \cdot \frac{33,28}{\sqrt{3}}$$

$$895,19 < \mu < 1060,51$$

Jadi, dengan range Interval Kepercayaan pada stabilitas tersebut, didapatkan nilai pada variasi kadar aspal 5% memenuhi syarat. Data tersebut dilampirkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.52 Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35%

No	Stabilitas (Kg)
1	1016,27
2	959,24
3	958,05

Dengan cara yang sama, dengan menggunakan interval kepercayaan maka didapat data yang sesuai dengan syarat-syarat yang berlaku.

Tabel 4.53 Interval Kepercayaan Stabilitas (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal Optimum 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	1016.27	977.85	33.28	0.975	2	4.30	895.19	1060.51	TRUE	1
2	959.24								TRUE	1
3	958.05								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.54 Hasil Interval Kepercayaan Stabilitas

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	1016,27
2	959,24
3	958,05
Rata"	977,85

Tabel 4.55 Interval Kepercayaan *Flow* (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan *Flow* Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	3.00	3.20	0.23	0.975	2	4.30	2.63	3.77	TRUE	1
2	3.45								TRUE	1
3	3.15								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.56 Hasil Interval Kepercayaan *Flow*

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	3,00
2	3,45
3	3,15
Rata"	3,20

Tabel 4.57 Interval Kepercayaan VIM (Rendaman 24 Jam)
Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	7.57	9.38	1.77	0.975	2	4.30	4.98	13.79	TRUE	1
2	11.11								TRUE	1
3	9.47								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.58 Hasil Interval Kepercayaan VIM

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	7,57
2	11,11
3	9,47
Rata"	9,38

Tabel 4.59 Interval Kepercayaan VMA (Rendaman 24 Jam)
Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal Optimum 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	19.36	20.94	1.55	0.975	2	4.303	17.10	24.78	TRUE	1
2	22.45								TRUE	1
3	21.02								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.60 Hasil Interval Kepercayaan VMA

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	19,36
2	22,45
3	21,02
Rata"	20,94

Tabel 4.61 Interval Kepercayaan *Marshall Quotient* (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal Optimum 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	338.76	306.98	30.46	0.975	2	4.30	231.32	382.64	TRUE	1
2	278.04								TRUE	1
3	304.14								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.62 Hasil Interval Kepercayaan MQ

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	338,76
2	278,04
3	304,14
Rata"	306,98

Tabel 4.63 Interval Kepercayaan VFA (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal Optimum 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	60.87	55.42	5.22	0.975	2	4.303	42.45	68.38	TRUE	1
2	50.47								TRUE	1
3	54.91								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.64 Hasil Interval Kepercayaan VFA

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	60,87
2	50,47
3	54,91
Rata"	55,42

Tabel 4.65 Interval Kepercayaan *Density* (Rendaman 24 Jam)
Interval Kepercayaan *Density* Kadar Aspal Optimum 5,35%

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2.263	2.219	0.04343	0.975	2	4.303	2.111	2.327	TRUE	1
2	2.176								TRUE	1
3	2.217								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.66 Hasil Interval Kepercayaan *Density*

No.	Kadar Aspal Optimum 5,35%
1	2,26
2	2,18
3	2,22
Rata"	2,22

4.6 Perhitungan Mencari Kadar Serbuk Kayu Optimum (KSO)

4.6.1 Komposisi Campuran Untuk Serbuk Kayu Jati

Setelah proporsi prosentase masing-masing agregat dan KAO sudah diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan campuran kadar serbuk kayu jati dengan variasi kadar serbuk diantaranya 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%.

Tabel 4.67 Perencanaan Komposisi Campuran Serbuk Kayu Jati

Persentase Kebutuhan Bahan Dalam (%)					
Serbuk Kayu Jati	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
CA 10/20	21,79	21,77	21,75	21,72	21,70
CA 10/10	12,67	12,66	12,64	12,63	12,62
MA 5/10	32,86	32,82	32,79	32,75	32,72
FA 0/5	27,23	27,20	27,17	27,14	27,12
FF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aspal	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35
Total	100,00	100	100	100	100

Berat Kebutuhan Bahan Dalam (gr)					
Serbuk Kayu Jati	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00
CA 1	261,53	261,25	260,97	260,70	260,42
CA 2	152,04	151,88	151,71	151,55	151,39
MA	394,27	393,86	393,44	393,02	392,61
FA	326,76	326,42	326,07	325,73	325,38
FF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aspal	64,20	64,20	64,20	64,20	64,20
Total	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00

Contoh perhitungan persentase kebutuhan bahan (kadar 0,1%):

$$\begin{aligned}
 \text{CA 10/20} &= \text{CA 10/20 \%} \times (100\% - \text{KAO} - \text{Bahan Tambah \%}) / 100 \\
 &= 23,05 \% \times (100\% - 5,35\% - 0,1\%) / 100 \\
 &= 21,79 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CA 10/10} &= \text{CA 10/10 \%} \times (100\% - \text{KAO} - \text{Bahan Tambah \%}) / 100 \\
 &= 13,40 \% \times (100 - 5,35\% - 0,1 \%) / 100 \\
 &= 12,67 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MA 5/10} &= \text{MA \%} \times (100\% - \text{KAO} - \text{Bahan Tambah \%}) / 100 \\
 &= 34,75 \% \times (100\% - 5,35 \% - 0,1 \%) / 100 \\
 &= 32,86 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FA 0/5} &= \text{FA \%} \times (100\% - \text{KAO} - \text{Bahan Tambah \%}) / 100 \\
 &= 28,80\% \times (100\% - 5,35 \% - 0,1 \%) / 100 \\
 &= 27,23\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FF (Filler)} &= \text{FF \%} \times (100\% - \text{KAO} - \text{Bahan Tambah \%}) / 100 \\
 &= 0\% \times (100\% - 5,35\% - 0,1 \%) / 100 \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

$$\text{KAO} = 5,35 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Prosentase} &= \text{CA10/20} + \text{CA10/10} + \text{MA} + \text{FA} + \text{FF} + \text{KAO} + \text{Bahan Tambah} \\
 &= 21,79\% + 12,67\% + 32,86\% + 27,23\% + 0\% + 5,35\% + 0,1\% \\
 &= 100 \% (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan berat kebutuhan bahan (kadar 0,1%):

$$\begin{aligned} \text{CA 10/20} &= (\text{CA 10/20} \times \text{berat total komposisi}) / 100 \\ &= (21,79 \% \times 1200) / 100 \\ &= 261,53 \text{ gram} \\ \text{CA 10/10} &= (\text{CA 10/10} \times \text{berat total komposisi}) / 100 \\ &= (12,67 \% \times 1200) / 100 \\ &= 152,04 \text{ gram} \\ \text{MA 5/10} &= (\text{MA} \times \text{berat total komposisi}) / 100 \\ &= (32,86 \% \times 1200) / 100 \\ &= 394,27 \text{ gram} \\ \text{FA 0/5} &= (\text{FA} \times \text{berat total komposisi}) / 100 \\ &= (27,23 \% \times 1200) / 100 \\ &= 326,76 \text{ gram} \\ \text{FF (Filler)} &= (\text{FF} \times \text{berat total komposisi}) / 100 \\ &= (0\% \times 1200) / 100 \\ &= 0 \text{ gram} \\ \text{KAO} &= (\text{KAO} \times \text{Berat total komposisi}) / 100 \\ &= (5,35 \times 1200) / 100 \\ &= 64,20 \text{ gram} \\ \text{Serbuk Kayu Jati} &= (\text{CA10/20} + \text{CA10/10} + \text{MA0/5} + \text{FA} + \text{FF} + \text{KAO}) \times (0,1\% / 100) \\ &= (261,53 + 152,04 + 394,27 + 326,76 + 0 + 64,20) \times (0,1\% / 100) \\ &= 1,20 \text{ gram} \\ \text{Berat Komposisi} &= \text{CA10/20} + \text{CA10/10} + \text{MA} + \text{FA} + \text{FF} + \text{KAO} + \text{Serat Goni} \\ &= 261,53 + 152,04 + 394,27 + 326,76 + 0 + 60,20 + 1,2 \\ &= 1200 \text{ gram (Memenuhi)} \end{aligned}$$

4.6.2 Data Hasil *Marshall Test* Serbuk Kayu Rendaman 30 Menit

Hasil dari pengujian test marshall berserat pada rendaman 30 menit dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.68 Data Hasil *Marshall Test* 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum
5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,1%

Variasi Serbuk Kayu Jati		0,1%		
Kadar Aspal Optimum		5,35		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,10	101,60	101,90
b	Tinggi 1 (mm)	65,00	63,90	63,90
c	Tinggi 2 (mm)	63,10	63,50	64,10
d	Tinggi 3 (mm)	63,80	63,80	62,80
e	Tinggi 4 (mm)	65,10	61,00	63,20
f	Tinggi rata-rata (mm)	64,25	63,05	63,50
g	% aspal thd agregat	5,65	5,65	5,65
h	% aspal thd campuran	5,35	5,35	5,35
i	Berat sampel (gram)	1192,9	1204,3	1190,1
j	Berat SSD (gram)	1207,6	1219,2	1205,2
k	Berat dalam air (gram)	699,8	706,6	698,7
l	Isi (gr/mm ³)	507,80	512,60	506,50
m	Berat isi	2,349	2,349	2,350
n	BJ maksimum teoritis	2,449	2,449	2,449
o	(g*1)/bj aspal	12,230	12,231	12,232
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,709	83,717	83,726
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,06	4,05	4,04
r	% rongga thd agregat VMA	16,291	16,283	16,274
s	% rongga terisi aspal VFA	75,068	75,115	75,2
t	% rongga dlm campuran VIM	4,062	4,052	4,041
u	Pembacaan arloji stabilitas	62,00	64,00	68,00
v	lbf	2085,31	2152,58	2287,11
w	kg	927,6	957,5	1017,4
x	koreksi (tebal)	0,982	1,013	1,002
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	911,18	970,11	1019,02
z	Flow	3,20	3,50	3,30
aa	Marshall Quotient	284,74	277,17	308,79

Tabel 4.69 Data Hasil *Marshall Test* 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum
5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,2 %

Variasi Serbuk Kayu Jati		0,2%		
Kadar Aspal Optimum		5,35		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	100,50	101,80	101,90
b	Tinggi 1 (mm)	66,20	63,50	63,90
c	Tinggi 2 (mm)	65,10	65,90	62,20
d	Tinggi 3 (mm)	66,70	64,90	61,90
e	Tinggi 4 (mm)	66,70	62,50	63,50
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,18	64,20	62,88
g	% aspal thd agregat	5,65	5,65	5,65
h	% aspal thd campuran	5,35	5,35	5,35
i	Berat sampel (gram)	1194,5	1192,8	1186,1
j	Berat SSD (gram)	1208,8	1207,7	1200,2
k	Berat dalam air (gram)	698,7	698,6	693,8
l	Isi (gr/mm ³)	510,1	509,1	506,4
m	Berat isi	2,342	2,343	2,342
n	BJ maksimum teoritis	2,449	2,449	2,449
o	(g*1)/bj aspal	12,191	12,197	12,194
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,443	83,488	83,461
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,37	4,31	4,35
r	% rongga thd agregat VMA	16,557	16,512	16,539
s	% rongga terisi aspal VFA	73,629	73,869	73,728
t	% rongga dlm campuran VIM	4,366	4,315	4,345
u	Pembacaan arloji stabilitas	76,00	65,00	71,00
v	lbf	2556,18	2186,21	2388,01
w	kg	1137,0	972,5	1062,2
x	koreksi (tebal)	0,932	0,984	1,018
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1059,25	956,53	1080,96
z	Flow	3,60	3,20	3,50
aa	Marshall Quotient	294,23	298,92	308,84

Tabel 4.70 Data Hasil *Marshall Test* 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum
5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,3 %

Variasi Serbuk Kayu Jati		0,3%		
Kadar Aspal Optimum		5,35		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,90	101,30	102,00
b	Tinggi 1 (mm)	64,80	60,70	63,00
c	Tinggi 2 (mm)	63,30	62,50	61,90
d	Tinggi 3 (mm)	64,10	62,20	63,50
e	Tinggi 4 (mm)	62,60	61,50	65,70
f	Tinggi rata-rata (mm)	63,70	61,73	63,53
g	% aspal thd agregat	5,65	5,65	5,65
h	% aspal thd campuran	5,35	5,35	5,35
i	Berat sampel (gram)	1184,4	1173,2	1191,0
j	Berat SSD (gram)	1198,7	1187,3	1204,8
k	Berat dalam air (gram)	691,3	684,8	694,7
l	Isi (gr/mm ³)	507,4	502,5	510,1
m	Berat isi	2,334	2,335	2,335
n	BJ maksimum teoritis	2,449	2,449	2,449
o	(g*1)/bj aspal	12,152	12,155	12,155
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,178	83,194	83,198
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,670	4,651	4,647
r	% rongga thd agregat VMA	16,822	16,806	16,802
s	% rongga terisi aspal VFA	72,237	72,324	72,345
t	% rongga dlm campuran VIM	4,670	4,651	4,647
u	Pembacaan arloji stabilitas	75,00	74,00	71,00
v	lbf	2522,55	2488,92	2388,01
w	kg	1122,1	1107,12	1062,24
x	koreksi (tebal)	0,997	1,047	1,001
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1118,16	1159,12	1063,30
z	Flow	3,40	3,80	3,30
aa	Marshall Quotient	328,87	305,03	322,21

Tabel 4.71 Data Hasil *Marshall Test* 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum
5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,4 %

Variasi Serbuk Kayu Jati		0,4%		
Kadar Aspal Optimum		5,35		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,50	101,80	101,50
b	Tinggi 1 (mm)	66,10	67,90	63,80
c	Tinggi 2 (mm)	67,30	67,60	65,20
d	Tinggi 3 (mm)	69,20	66,40	62,80
e	Tinggi 4 (mm)	64,90	65,50	62,10
f	Tinggi rata-rata (mm)	66,88	66,85	63,48
g	% aspal thd agregat	5,65	5,65	5,65
h	% aspal thd campuran	5,35	5,35	5,35
i	Berat sampel (gram)	1223,6	1244,1	1195,4
j	Berat SSD (gram)	1238,0	1258,6	1210,2
k	Berat dalam air (gram)	712,8	724,4	696,9
l	Isi (gr/mm ³)	525,2	534,2	513,3
m	Berat isi	2,330	2,329	2,329
n	BJ maksimum teoritis	2,449	2,449	2,449
o	(g*1)/bj aspal	12,129	12,124	12,124
p	((100-g)*1)/bj agregat	83,018	82,987	82,985
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4,853	4,889	4,891
r	% rongga thd agregat VMA	16,982	17,013	17,015
s	% rongga terisi aspal VFA	71,422	71,264	71,255
t	% rongga dlm campuran VIM	4,853	4,889	4,891
u	Pembacaan arloji stabilitas	73,00	70,00	74,00
v	lbf	2455,28	2354,38	2488,92
w	kg	1092,16	1047,28	1107,12
x	koreksi (tebal)	0,913	0,913	1,002
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	996,87	956,61	1109,65
z	Flow	3,80	4,10	3,50
aa	Marshall Quotient	262,34	233,32	317,04

Tabel 4.72 Data Hasil *Marshall Test* 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum
5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,5 %

Variasi Serbuk Kayu Jati		0,5%		
Kadar Aspal Optimum		5,35		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101,40	101,70	102,20
b	Tinggi 1 (mm)	61,10	62,50	65,30
c	Tinggi 2 (mm)	63,10	62,40	61,90
d	Tinggi 3 (mm)	64,90	65,70	62,80
e	Tinggi 4 (mm)	59,80	65,20	65,70
f	Tinggi rata-rata (mm)	62,23	63,95	63,93
g	% aspal thd agregat	5,65	5,65	5,65
h	% aspal thd campuran	5,35	5,35	5,35
i	Berat sampel (gram)	1183,5	1182,3	1188,6
j	Berat SSD (gram)	1198,3	1196,9	1203,4
k	Berat dalam air (gram)	688,6	688,1	691,4
l	Isi (gr/mm ³)	509,7	508,8	512
m	Berat isi	2,322	2,324	2,321
n	BJ maksimum teoritis	2,449	2,449	2,449
o	(g*1)/bj aspal	12,088	12,097	12,086
p	((100-g)*1)/bj agregat	82,739	82,802	82,723
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5,173	5,101	5,192
r	% rongga thd agregat VMA	17,261	17,198	17,277
s	% rongga terisi aspal VFA	70,032	70,339	69,950
t	% rongga dlm campuran VIM	5,173	5,101	5,192
u	Pembacaan arloji stabilitas	64,00	62,00	55,00
v	lbf	2152,58	2085,31	1849,87
w	kg	957,51	927,59	822,86
x	koreksi (tebal)	1,034	0,990	0,991
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	990,25	918,38	815,22
z	Flow	4,30	4,50	4,10
aa	Marshall Quotient	230,29	204,08	198,83

4.6.3 Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan 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 yang dapat dipercaya. Data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut ini adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar serbuk kayu jati 0,1% sebagai berikut:

Tabel 4.73 Data Pengujian Kadar Serbuk Kayu Jati 0,1 %

No	Stabilitas (Kg)
1	911,18
2	970,11
3	1019,02

Dari data tabel stabilitas diatas, selanjutnya dicari nilai interval 95% kepercayaan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. \bar{x} = Jumlah Stabilitas

$$\begin{aligned} &= \frac{n}{3} \\ &= \frac{911,18+970,11+1019,02}{3} \\ &= 966,77 \text{ Kg} \end{aligned}$$

b. S = $\sqrt{\frac{(911,18-970,11)^2+\dots+(1019,02)^2}{3-1}}$

$$= 54,00$$

c. p = 0,975

$$d. dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$e. t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} = t_{(n-1; \frac{0,975}{2})}$$

$$= t_{(2; 0,487)}$$

$$= 4,30 \text{ (dari tabel distribusi t)}$$

Keterangan :

X = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

p = Tingkat signifikansi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$966,77 - (4,30 \times \frac{54,00}{\sqrt{3}}) < \mu < 966,77 + (4,30 \times \frac{54,00}{\sqrt{3}})$$

$$832,63 < \mu < 1100,91$$

Jadi, dengan range interval kepercayaan pada stabilitas tersebut, maka di dapat nilai pada variasi kadar serat karung goni 0,1% memenuhi syarat. Data tersebut dilampirkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.74 Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati 0,1% Rendaman 30 Menit

No	Stabilitas
1	911,18
2	970,11
3	1019,02

Dengan cara yang sama, dengan menggunakan interval kepercayaan maka didapat data yang sesuai dengan syarat-syarat yang berlaku.

Tabel 4.75 Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk kayu %	\bar{x}	s	p	dk	$t_{(0,975)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	966,77	54,00	0,975	2	4,30	832,63	1100,91
0,2 %	1032,24	66,46	0,975	2	4,30	867,14	1197,35
0,3 %	1113,53	48,08	0,975	2	4,30	994,09	1232,96
0,4 %	1021,04	79,33	0,975	2	4,30	823,98	1218,11
0,5 %	907,95	87,98	0,975	2	4,30	689,39	1126,51

Tabel 4.76 Validasi Data Stabilitas (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		STABILITAS			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(Kg)
0,1 %	832,63	1100,91	911,18	970,11	1019,02	966,77
0,2 %	867,14	1197,35	1059,25	956,53	1080,96	1032,24
0,3 %	994,09	1232,96	1118,16	$\frac{1159,1}{2}$	1063,30	1113,53
0,4 %	823,98	1218,11	996,87	956,61	1109,65	1021,04
0,5 %	689,39	1126,51	990,25	918,38	815,22	907,95

Tabel 4.77 Interval Kepercayaan Data Flow (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	\bar{x}	s	p	dk	$t_{(0,975)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	3,33	0,15	0,975	2	4,30	2,95	3,71
0,2 %	3,43	0,21	0,975	2	4,30	2,92	3,95
0,3 %	3,50	0,26	0,975	2	4,30	2,84	4,16
0,4 %	3,80	0,30	0,975	2	4,30	3,05	4,55
0,5 %	4,30	0,20	0,975	2	4,30	3,80	4,80

Tabel 4.78 Validasi Data *Flow* (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		FLOW			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(mm)
0,1 %	2,95	3,71	3,20	3,50	3,30	3,33
0,2 %	2,92	3,95	3,60	3,20	3,50	3,43
0,3 %	2,84	4,16	3,40	3,80	3,30	3,50
0,4 %	3,05	4,55	3,80	4,10	3,50	3,80
0,5 %	3,80	4,80	4,30	4,50	4,10	4,30

Tabel 4.79 Interval Kepercayaan Data VIM (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk kayu %	\bar{x}	s	p	dk	$t_{(0,975)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	4,05	0,01	0,975	2	4,30	4,03	4,08
0,2 %	4,34	0,03	0,975	2	4,30	4,28	4,41
0,3 %	4,66	0,01	0,975	2	4,30	4,62	4,69
0,4 %	4,88	0,02	0,975	2	4,30	4,82	4,93
0,5 %	5,16	0,05	0,975	2	4,30	5,04	5,27

Tabel 4.80 Validasi Data VIM (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		VIM			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(%)
0,1 %	4,03	4,08	4,06	4,05	4,04	4,05
0,2 %	4,28	4,41	4,37	4,31	4,35	4,34
0,3 %	4,62	4,69	4,67	4,65	4,65	4,66
0,4 %	4,82	4,93	4,85	4,89	4,89	4,88
0,5 %	5,04	5,27	5,17	5,10	5,19	5,16

Tabel 4.81 Interval Kepercayaan Data VMA (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	\bar{x}	s	α	dk	$t_{(4 ; 0,025)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	16,28	0,01	0,975	2	4,303	16,26	16,30
0,2 %	16,54	0,02	0,975	2	4,303	16,48	16,59
0,3 %	16,81	0,01	0,975	2	4,303	16,78	16,84
0,4 %	17,00	0,02	0,975	2	4,303	16,96	17,05
0,5 %	17,25	0,04	0,975	2	4,303	17,14	17,35

Tabel 4.82 Validasi Data VMA (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		VMA			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(%)
0,1 %	16,26	16,30	16,29	16,28	16,27	16,28
0,2 %	16,48	16,59	16,56	16,51	16,54	16,54
0,3 %	16,78	16,84	16,82	16,81	16,80	16,81
0,4 %	16,96	17,05	16,98	17,01	17,01	17,00
0,5 %	17,14	17,35	17,26	17,20	17,28	17,25

Tabel 4.83 Interval Kepercayaan Data *Marshall Quotient* (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	\bar{x}	s	α	dk	$t_{(4; 0,025)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	290,24	16,51	0,975	2	4,303	249,22	331,25
0,2 %	300,67	7,46	0,975	2	4,303	282,13	319,20
0,3 %	318,70	12,30	0,975	2	4,303	288,15	349,26
0,4 %	270,90	42,51	0,975	2	4,303	165,29	376,51
0,5 %	211,07	16,85	0,975	2	4,303	169,21	252,93

Tabel 4.84 Validasi Data *Marshall Quotient* (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		MQ			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(kg/mm)
0,1 %	249,22	331,25	284,74	277,17	308,79	290,24
0,2 %	282,13	319,20	294,23	298,92	308,84	300,67
0,3 %	288,15	349,26	328,87	305,03	322,21	318,70
0,4 %	165,29	376,51	262,34	233,32	317,04	270,90
0,5 %	169,21	252,93	230,29	204,08	198,83	211,07

Tabel 4.85 Interval Kepercayaan Data VFA (Rendaman 30 Menit)

Kadar Serbuk Kayu %	\bar{x}	s	α	dk	$t_{(4; 0,025)}$	Batas Min	Batas Max
0,1 %	75,12	0,05	0,975	2	4,30	74,99	75,24
0,2 %	73,74	0,12	0,975	2	4,30	73,44	74,04
0,3 %	72,30	0,06	0,975	2	4,30	72,16	72,44
0,4 %	71,31	0,09	0,975	2	4,30	71,08	71,55
0,5 %	70,11	0,20	0,975	2	4,30	69,60	70,62

Tabel 4.86 Validasi Data VFA (Rendaman 30 Menit)

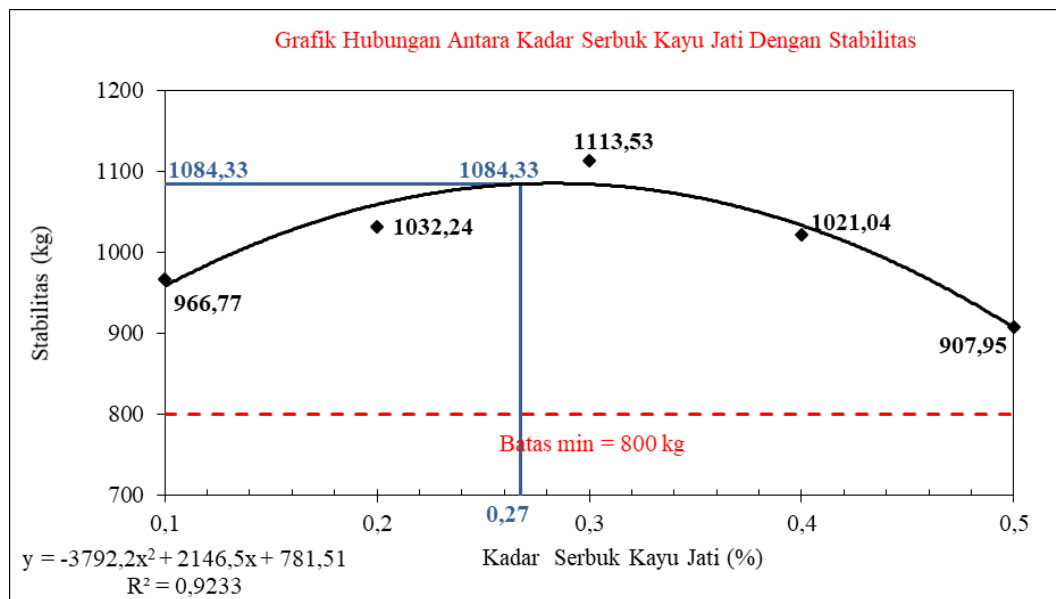
Kadar Serbuk Kayu %	Interval Kepercayaan		VFA			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(%)
0,1 %	74,99	75,24	75,07	75,12	75,17	75,12
0,2 %	73,44	74,04	73,63	73,87	73,73	73,74
0,3 %	72,16	72,44	72,24	72,32	72,34	72,30
0,4 %	71,08	71,55	71,42	71,26	71,26	71,31
0,5 %	69,60	70,62	70,03	70,34	69,95	70,11

4.6.4 Menentukan Kadar Serbuk Kayu Jati Optimum

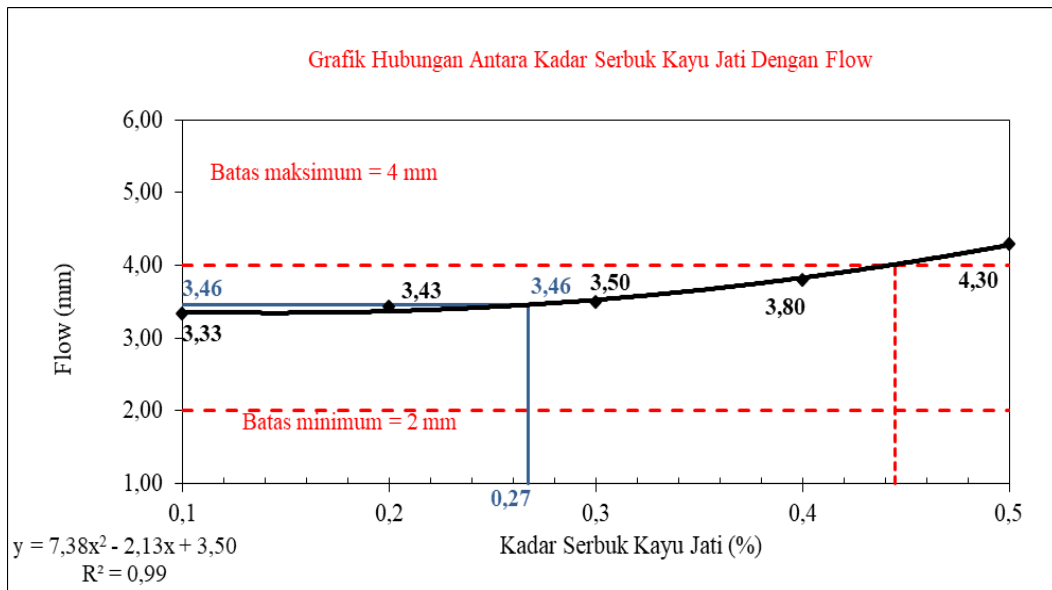
Berdasarkan data dari tabel 4.75 sampai 4.86 diatas dapat dibuat grafik menggunakan program bantu microsoft excel. grafik tersebut menunjukkan hubungan antara lain:

- % Kadar penambahan dengan stabilitas
- % Kadar penambahan dengan *flow*
- % Kadar penambahan dengan VIM
- % Kadar penambahan dengan VMA
- % Kadar penambahan dengan MQ
- % Kadar penambahan dengan VFA

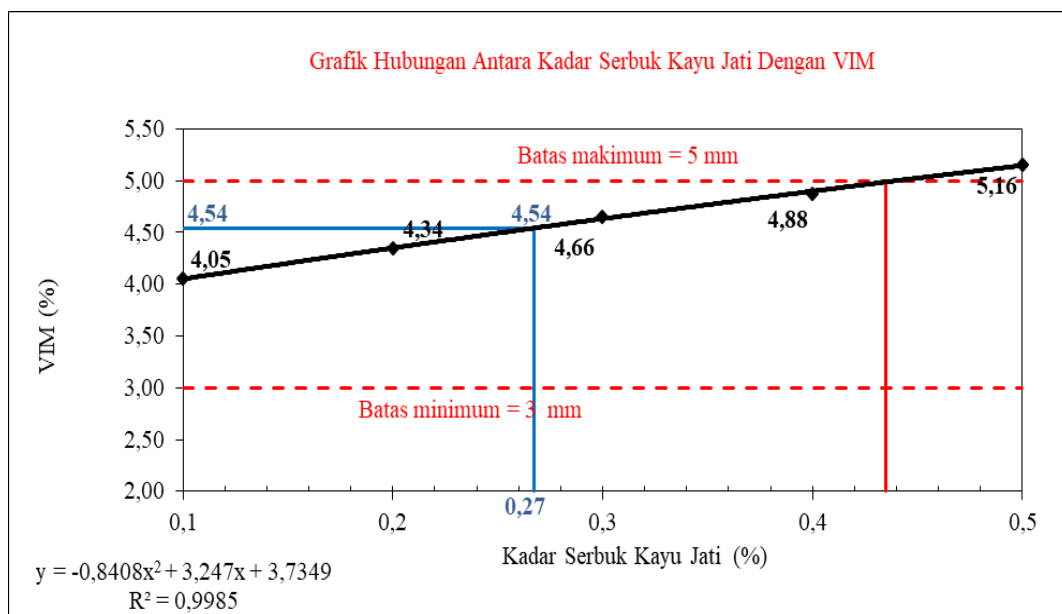
Penentuan kadar serbuk kayu jati optimum didasarkan pada hasil dari parameter Marshall Test dan lain-lain yang digambarkan dalam grafik di berikut ini:



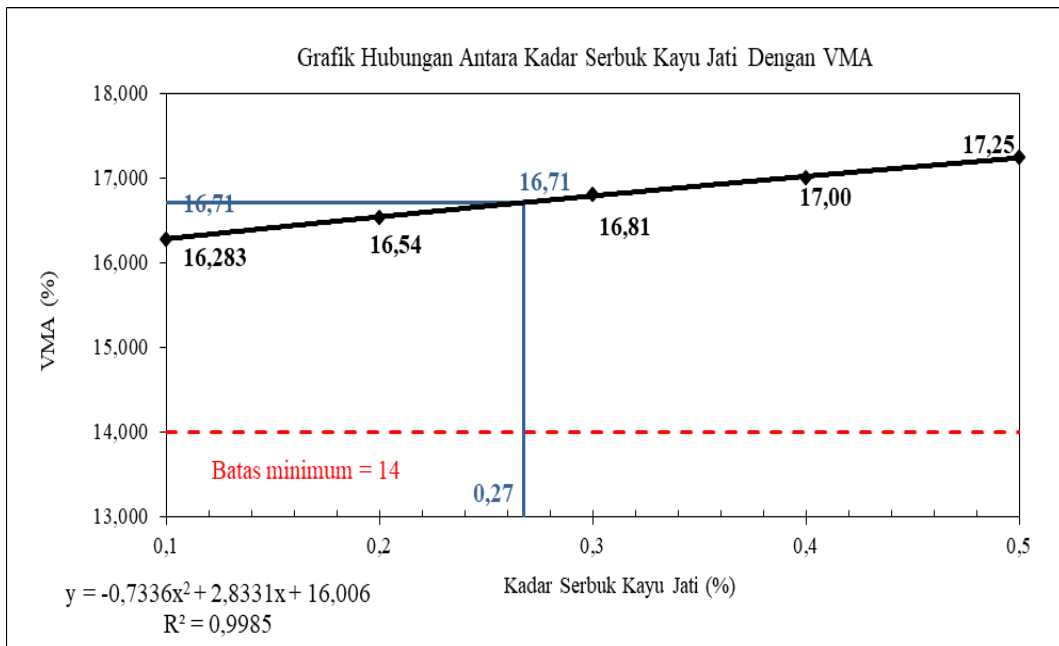
Grafik 4.9 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Stabilitas 30 Menit



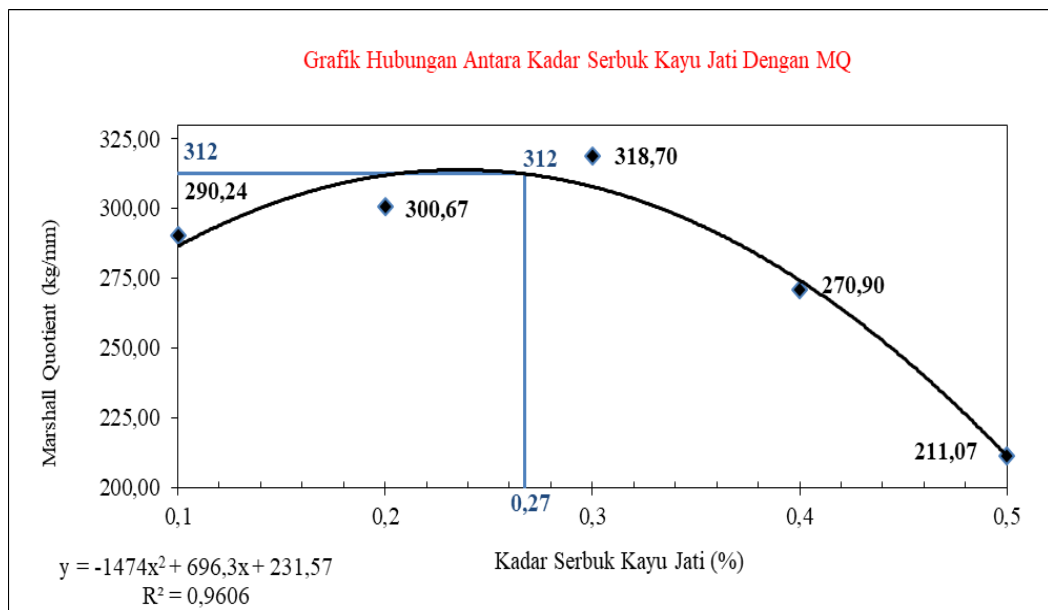
Grafik 4.10 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Dengan *Flow* 30 Menit



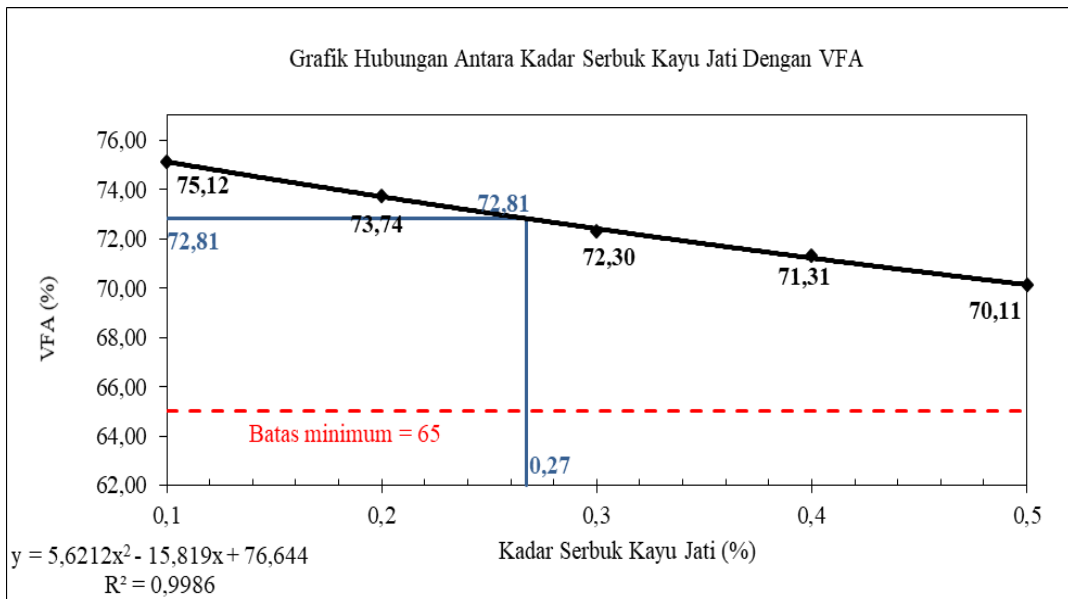
Grafik 4.11 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Dengan *VIM* 30 Menit



Grafik 4.12 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Dengan VMA 30 Menit

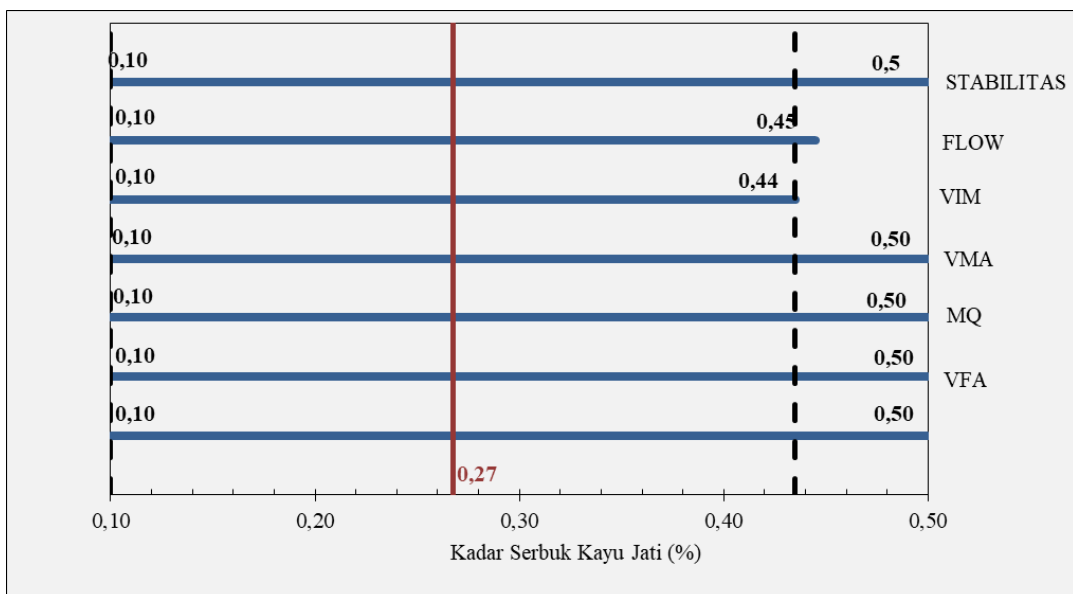


Grafik 4.13 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Dengan *Marshall Quotient* 30 Menit



Grafik 4.14 Hubungan Kadar Serbuk Kayu Jati Dengan VFA 30 Menit.

Berdasarkan grafik diatas di peroleh Kadar Serbuk Optimum sebagai berikut:



Grafik 4.15 Diagram Batang Kadar Serbuk Kayu Optimum

Dari semua parameter, untuk menentukan kadar aspal optimum digunakan rumus sebaga berikut:

$$\frac{a+b}{2} = \frac{0,10\% + 0,44\%}{2}$$

$$= 0,27 \%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) pada rendaman 30 menit sebesar 5,35% dengan nilai parameter *Marshall Test* Stabilitas sebesar 1084,33 kg, Flow 3,46 mm, VIM 4,54%, VMA 16,71%, MQ 312 kg/mm, dan VFA 72,81%.

4.6.5 Data Hasil *Marshall Test* Kadar Aspal Optimum (KAO) Penambahan Serbuk Kayu Optimum (SKO) Rendaman 24 Jam

Hasil dari pengujian test marshall serbuk kayu pada rendaman 24 jam dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.87 Hasil Pengujian *Marshall Test* Rendaman 24 Jam Dengan Kadar Aspal Optimum 5,35 % Penambahan Kadar Serbuk Kayu Jati Optimum 0,27 %

Kadar Serbuk Optimum		0.27 %		
Kadar Aspal Optimum		5.35 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	101.50	102.40	101.40
b	Tinggi 1 (mm)	69.00	67.00	66.00
c	Tinggi 2 (mm)	68.40	66.60	64.60
d	Tinggi 3 (mm)	69.00	66.60	66.50
e	Tinggi 4 (mm)	69.40	66.50	63.30
f	Tinggi rata-rata (mm)	68.95	66.68	65.10
g	% aspal thd agregat	5.65	5.65	5.65
h	% aspal thd campuran	5.35	5.35	5.35
i	Berat sampel (gram)	1172.4	1171.3	1189.4
j	Berat SSD (gram)	1198.0	1195.3	1207.1
k	Berat dalam air (gram)	659.6	664.6	673.2
l	Isi (gr/mm ³)	538.40	530.70	533.90
m	Berat isi (gr/cm ³)	2.178	2.207	2.228
n	BJ maksimum teoritis	2.448	2.448	2.448
o	(g*1)/bj aspal)	11.336	11.490	11.598
p	((100-g)*1)/bj agregat	77.594	78.646	79.383
q	Jumlah kandungan rongga (%)	11.07	9.86	9.02
r	% rongga thd agregat VMA	22.406	21.354	20.617
s	% rongga terisi aspal VFA	50.596	53.808	56.252
t	% rongga dlm campuran VIM	11.064	9.858	9.014

Kadar Serbuk Optimum		0.27 %		
Kadar Aspal Optimum		5.35 %		
No. Benda Uji		1	2	3
u	Pembacaan arloji stabilitas	71.00	68.00	73.00
v	lbf	2042.7	1956.4	2100.2
w	kg	908.62	870.23	934.22
x	koreksi (tebal)	0.857	0.918	0.960
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	779	799	897
z	Flow	5.65	5.35	5.95
aa	Marshall Quotient	137.83	149.35	150.75

4.6.6 Interval Kepercayaan Kadar Aspal Optimum (KAO) Penambahan Kadar Serbuk Kayu Optimum (SKO) Rendaman 24 Jam

Data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan 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 yang dapat dipercaya. Data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut ini adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar serbuk kayu jati 0,1% sebagai berikut:

Tabel 4.88 Data Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35% Penambahan Kadar Serbuk Kayu Optimum (SKO) 0,27 %

No	Stabilitas (Kg)
1	778,76
2	799
3	898,96

Dari data tabel stabilitas diatas, selanjutnya dicari nilai interval 95% kepercayaan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$a. \bar{x} = \text{Jumlah Stabilitas}$$

$$= \frac{n}{778,76+799+898,96}$$

$$= 824,91 \text{ Kg}$$

$$b. S = \sqrt{\frac{(778,76-799)^2+\dots+(799+898,86)^2}{3-1}}$$

$$= 63,22$$

$$c. p = 0,975$$

$$d. dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$e. t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} = t_{(n-1; \frac{0,975}{2})}$$

$$= t_{(2; 0,487)}$$

$$= 4,30 \text{ (dari tabel distribusi t)}$$

Keterangan :

X = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

p = Tingkat signifikansi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$824,91 - (4,30 \times \frac{63,22}{\sqrt{3}}) < \mu < 824,91 + (4,30 \times \frac{63,22}{\sqrt{3}})$$

$$667,87 < \mu < 981,95$$

Jadi, dengan range interval kepercayaan pada stabilitas tersebut, maka di dapat nilai pada variasi kadar serat karung goni 0,1% memenuhi syarat. Data tersebut dilampirkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.89 Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,35% Penambahan Kadar Serbuk Kayu Optimum (SKO) 0,27% Rendaman 24 jam

No	Stabilitas
1	778.76
2	799
3	896,96

Dengan cara yang sama, dengan menggunakan interval kepercayaan maka didapat data yang sesuai dengan syarat-syarat yang berlaku.

Tabel 4.90 Interval Kepercayaan Stabilitas (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan Stabilitas Penambahan Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	778.76	824.91	63.22	0.975	2	4.30	667.87	981.95	TRUE	1
2	799.00								TRUE	1
3	896.96								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.91 Hasil Interval Kepercayaan Stabilitas

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	778,76
2	799,00
3	896,96
Rata"	824,91

Tabel 4.92 Interval Kepercayaan *Flow* (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan Flow Penambahan Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	5.65	5.65	0.30	0.975	2	4.303	4.90	6.40	TRUE	1
2	5.35								TRUE	1
3	5.95								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.93 Hasil Interval Kepercayaan Flow

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	5,65
2	5,35
3	5,95
Rata"	5,65

Tabel 4.94 Interval Kepercayaan VIM (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan VIM Penambahan Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	11.06	9.98	1.03	0.975	2	4.303	7.42	12.54	TRUE	1
2	9.86								TRUE	1
3	9.01								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.95 Hasil Interval Kepercayaan VIM

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	11,06
2	9,86
3	9,01
Rata"	9,98

Tabel 4.96 Interval Kepercayaan VMA (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan VMA Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	22.41	21.46	0.90	0.975	2	4.303	19.23	23.69	TRUE	1
2	21.35								TRUE	1
3	20.62								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.97 Hasil Interval Kepercayaan VMA

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	22,41
2	21,35
3	20,62
Rata"	21,46

Tabel 4.98 Interval Kepercayaan *Marshall Quotient* (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan MQ Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	137.83	145.98	7.09	0.975	2	4.303	128.37	163.58	TRUE	1
2	149.35								TRUE	1
3	150.75								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.99 Hasil Interval Kepercayaan MQ

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	137,83
2	149,35
3	150,75
Rata"	145,98

Tabel 4.100 Interval Kepercayaan VFA (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan VFA Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	50.60	53.55	2.84	0.975	2	4.303	46.50	60.60	TRUE	1
2	53.81								TRUE	1
3	56.25								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.101 Hasil Interval Kepercayaan VFA

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	50,60
2	53,81
3	56,25
Rata"	53,55

Tabel 4.102 Interval Kepercayaan Density (Rendaman 24 Jam)

Interval Kepercayaan Density Kadar Serbuk Optimum 0,27 %

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max		
1	2.178	2.204	0.02523	0.975	2	4.303	2.141	2.267	TRUE	1
2	2.207								TRUE	1
3	2.228								TRUE	1
Jumlah Data Yang Masuk Range										3

Tabel 4.103 Hasil Interval Kepercayaan Density

No.	Kadar Serbuk Optimum 0,27 %
1	2,18
2	2,21
3	2,23
Rata"	2,20

4.7 Pengujian Hipotesis

4.7.1 Analisa Varian Satu Arah (*anova single factor*)

Untuk menguji hipotesis penelitian maka dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah (*anova single factor*) dengan data yang telah disortir dengan interval kepercayaan, untuk melihat apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar penambahan serbuk kayu jati pada kadar aspal optimum.

Tabel 4.104 Data Stabilitas dengan Variasi Kadar Serbuk Kayu Jati (30 menit)

Kadar Serat	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	Jumlah
Stabilitas	911,18	1059,25	1118,16	996,87	990,25	5075,71
	970,11	956,53	1159,12	956,61	918,38	4960,75
	1019,02	1080,96	1063,30	1109,65	815,22	5088,15
Jumlah	2900,31	3096,74	3340,58	3063,13	2723,85	15124,61
Sample lolos	3	3	3	3	3	15
Rata-rata	966,77	1032,24	1113,53	1021,04	907,95	5041,53

Selanjutnya diperlukan:

- a. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan:

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2$$

- b. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata - rata:

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

- c. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan:

$$P_y = \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{n_i} \right) - R_y$$

- d. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) dalam eksperimen:

$$E_y = \sum Y^2 - R_y - P_y$$

Keterangan:

Y = Data – data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data – data pengamatan

k = Variasi perlakuan

Dari tabel diatas, maka selanjutnya dihitung:

a. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) semua nilai pengamatan:

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= (911,18)^2 + (970,11)^2 + (1019,02)^2 + \dots + (990,25)^2 + \\ &\quad (918,38)^2 + (815,22)^2 \\ &= 15368422,89\end{aligned}$$

b. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) untuk rata - rata:

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{15124,61^2}{15} = \frac{228753827,7}{15} \\ &= 15250255,18\end{aligned}$$

c. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) antar perlakuan:

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{2900,31^2}{3} + \frac{3096,74^2}{3} + \frac{3340,58^2}{3} + \frac{3063,13^2}{3} + \frac{2723,85^2}{3} \right) \\ &\quad - 15250255,18 \\ &= 15321065,23 - 15250255,18 \\ &= 70810,05\end{aligned}$$

d. Jumlah kuadrat – kuadrat (JK) dalam eksperimen:

$$\begin{aligned}E_y &= 15368422,89 - 15250255,18 - 70810,05 \\ &= 47357,66\end{aligned}$$

Tabel 4.105 Analisa Varian Untuk Stabilitas

Sumber Variasi	Dk	JK	KT
Rata-rata	1	15368422,89	15368422,89
Antar Perlakuan	4	70810,05	17702,627
Dalam Perlakuan	10	47357,66	12588,659
Jumlah	14		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{17702,627}{4735,670} = 3,7381$$

Nilai $F_{\text{tabel}} (0,05: 4: 10) = 3,47381$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 3,7381 > F_{\text{tabel}} = 3,47381$. Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi kadar serat karung goni terhadap nilai stabilitas. Perhitungan analisa varian satu arah ini juga dapat dilakukan dengan bantuan *software microsoft excel* dan hasil perhitungan tersebut kemudian ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.106 Hasil Pengujian Hipotesis Stabilitas Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

Stabilitas Rendaman 30 Menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0,1%	3	2900,31	966,76991	2915,827474
0,2%	3	3096,732	1032,2438	4417,289993
0,3%	3	3340,579	1113,5265	2311,513196
0,4%	3	3063,134	1021,0447	6292,957921
0,5%	3	2723,846	907,94859	7740,762396

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	70810,51	4	17702,627	3,7381	0,041311	3,48
Within Groups	47356,7	10	4735,67			
Total	118167,2	14				

Tabel 4.107 Hasil Pengujian Hipotesis *Flow* Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

Flow Rendaman 30 Menit

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0,1%	3	10	3,333333	0,0233333
0,2%	3	10,3	3,433333	0,0433333
0,3%	3	10,5	3,5	0,07
0,4%	3	11,4	3,8	0,09
0,5%	3	12,9	4,3	0,04

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1,836	4	0,459	8,60625	0,002817044	3,48
Within Groups	0,533333333	10	0,053333			
Total	2,369333333	14				

Tabel 4.108 Hasil Pengujian Hipotesis *VIM* Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

VIM Rendaman 30 Menit

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0,1%	3	12,15519	4,051729	0,0001048
0,2%	3	13,02619	4,342064	0,000669
0,3%	3	13,96794	4,655979	0,0001602
0,4%	3	14,63285	4,877616	0,0004527
0,5%	3	15,4657	5,155234	0,0022795

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2,26276646	4	0,565692	771,49158	2,10378E-12	3,47805
Within Groups	0,007332441	10	0,000733			
Total	2,270098901	14				

Tabel 4.109 Hasil Pengujian Hipotesis VMA Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

VMA Rendaman 30 Menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0,1%	3	48,84799	16,28266	7,98E-05
0,2%	3	49,60796	16,53599	0,0005093
0,3%	3	50,42966	16,80989	0,000122
0,4%	3	51,00981	17,00327	0,0003447
0,5%	3	51,7365	17,2455	0,0017354

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1,722646816	4	0,430662	771,49158	2,10378E-12	3,47805
Within Groups	0,005582196	10	0,000558			
Total	1,728229012	14				

Tabel 4.110 Hasil Pengujian Hipotesis *Marshall Quetient* Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

Marshall Quetient Rendaman 30 Menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0,1%	3	870,712	290,2373	272,61703
0,2%	3	901,9951	300,665	55,656488
0,3%	3	956,1141	318,7047	151,3034
0,4%	3	812,6975	270,8992	1807,3302
0,5%	3	633,2083	211,0694	283,99734

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	20549,86001	4	5137,465	9,9915519	0,001605201	3,47805
Within Groups	5141,808859	10	514,1809			
Total	25691,66887	14				

Tabel 4.111 Hasil Pengujian Hipotesis VFA Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

VFA Rendaman 30 Menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
0,1%	3	225,3489	75,11632	0,0024232
0,2%	3	221,2255	73,74184	0,0145458
0,3%	3	216,9065	72,30216	0,003258
0,4%	3	213,9412	71,31373	0,0088127
0,5%	3	210,3213	70,10711	0,0419738

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	46,67470987	4	11,66868	821,58029	1,53782E-12	3,47805
Within Groups	0,142027232	10	0,014203			
Total	46,81673711	14				

Tabel 4.112 Hasil Analisa Varian Satu Arah Rendaman 30 Menit

Parameter	Fhitung	< / >	Ftabel	Kesimpulan
Stabilitas (Kg)	3,74	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan
Flow (%)	8,61	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan
VIM (%)	771,49	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan
VMA (%)	771,49	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan
MQ (Kg/mm)	9,99	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan
VFA (%)	821,58	>	3,478	Ha diterima, ada perbedaan

4.7.2 Analisa Regresi

Data yang telah disortir pada pengujian interval kepercayaan kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi kadar aspal serbuk ban luar. Untuk menganalisis hubungan tersebut, metode yang digunakan yaitu metode fungsi kuadratik (sudjana, 2002; 338) sebagai regresi dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$, yang akan dihitung dengan perhitungan matriks sebagai berikut:

$$\sum Y = na + b\sum X + c\sum X^2$$

$$\sum X.Y = a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3$$

$$\sum X^2.Y = a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4$$

Atau dengan perhitungan persamaan matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{bmatrix}$$

Berikut ini akan dicari persamaan regresi data stabilitas rendaman 30 menit pada Tabel 4.113:

Tabel 4.113 Data Hasil Regresi Stabilitas

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	0,1	966,77	934644,057	0,010	0,00	0,00	96,677	9,668
2	0,2	1032,24	1065527,356	0,040	0,01	0,00	206,449	41,290
3	0,3	1113,53	1239941,235	0,090	0,03	0,01	334,058	100,217
4	0,4	1021,04	1042532,269	0,160	0,06	0,03	408,418	163,367
5	0,5	907,95	824370,633	0,250	0,13	0,06	453,974	226,987
Total (Σ)	1,5	5041,534	5107015,5	0,550	0,23	0,098	1499,576	541,529

Dari tabel di atas, maka didapat matriks sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 5,0 & 1,5 & 0,55 \\ 1,5 & 0,55 & 0,23 \\ 0,55 & 0,23 & 0,10 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 5041,534 \\ 1499,576 \\ 541,53 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 4,6 & -33 & 50 \\ -33 & 267,1429 & -428,571 \\ -50 & -428,571 & 714,2857 \end{bmatrix}$$

Nilai a,b dan c dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} X &= A^{-1} \cdot B \\ &= \begin{bmatrix} 4,6 & -33 & 50 \\ -33 & 267,1429 & -428,571 \\ -50 & -428,571 & 714,2857 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5041,534 \\ 1499,576 \\ 541,53 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 781,507 \\ 2146,463 \\ -3792,175 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh:

a. = 781,507

b. = 2146,463

c. = -3792,175

Maka diperoleh persamaan regresi:

$$Y = -3792,175x^2 + 2146,463x + 781,507$$

Selanjutnya dicari nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. JK(b|a)} &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(2146,463 \left\{ 1499,576 - \frac{(1,5)(5041,534)}{5} \right\} \right) + \left(-3792,175 \left\{ 541,529 - \frac{(0,550^2)(5041,534)}{5} \right\} \right) \\ &= -27655,419 + 49448,270 \\ &= 21792,850 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. JK(E)} &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 5107015,5 - \frac{(5041,530)^2}{5} \\ &= 23603,503 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } R^2 &= \frac{\text{JK(b|a)}}{\text{JK(E)}} \\ &= \frac{21792,850}{23603,503} \\ &= 0,923 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } r &= \sqrt{\sqrt{R^2}} \\ &= \sqrt{0,923} \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar aspal dengan stabilitas menghasilkan persamaan $y = -3792,175x^2 + 2146,463x + 781,507$. Dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,923 dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,96. Hal ini menyatakan bahwa perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar serbuk kayu jati.

Pengujian analisis regresi dengan menggunakan *Software Microsoft Excel* dengan ketelitian yang lebih baik. Dari hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi kadar aspal terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, *Marshall Quotient*.

4.8 Analisa Hasil Pengujian

4.8.1 Analisa Hasil Pengujian Bahan

Dari sekian banyak pengujian bahan (aspal dan agregat) didapatkan hasil seperti pada tabel 4.80, untuk selanjutnya akan di bandingkan dengan syarat yang tertera pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018. Dapat dilihat pada tabel 4.114 semua hasil pengujian berada pada syarat yang ditentukan. Dapat disimpulkan bahwa dengan semua parameter sudah terpenuhi maka agregat dan aspal yang telah diuji dinyatakan layak.

Tabel 4.114 Hasil Pengujian Bahan

No.	Pengujian	Syarat ATB	Hasil
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Minyak	60 - 70	66,50 10^{-1} mm
2	Berat Jenis Aspal Keras	> 1	1,03 gr/cm ²
3	Daktilitas Sebelum Kehilangan Minyak	> 100 cm	150 cm
4	Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	> 232	314/319 oC
5	Titik Lembek Aspal dan Ter	> 48	48 oC
6	Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	< 0,8	0,130 %
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Minyak	> 54	63 10^{-1} mm
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Minyak	> 100 cm	120 cm
9	Titik Lembek Aspal dan Ter Setelah Kehilangan Minyak	> 48	53 oC
10	Impact Value	< 30%	9,39 %

No.	Pengujian	Syarat ATB	Hasil
11	Angularity Number Agregat	0 - 12	3,63
12	Berat Isi Agregat 10/20		1,41 gr/cm ³
			1,54 gr/cm ³
			1,54 gr/cm ³
13	Berat Isi Agregat 10/10		1,34 gr/cm ³
			1,46 gr/cm ³
			1,49 gr/cm ³
14	Berat Isi Agregat 5/10		1,34 gr/cm ³
			1,47 gr/cm ³
			1,51 gr/cm ³
15	Berat Isi Agregat 0/5		1,63 gr/cm ³
			1,91 gr/cm ³
			1,95 gr/cm ³
16	Flakiness	< 25%	19,90 %
17	Analisa Saringan Agregat 10/20		
18	Analisa Saringan Agregat 10/10		
19	Analisa Saringan Agregat 5/10		
20	Analisa Saringan Agregat 0/5		
21	Berat Jenis Agregat 10/20	> 2,5	2,67 gr/cm ²
	Penyerapan Agregat 10/20	< 3%	1,56%
22	Berat Jenis Agregat 10/10	> 2,5	2,70 gr/cm ²
	Berat Jenis Agregat 10/10	< 3%	2,14%
23	Berat Jenis Agregat 5/10	> 2,5	2,64 gr/cm ²
	Penyerapan Agregat 5/10	< 3%	2,35%
24	Berat Jenis Agregat 0/5	> 2,5	2,64 gr/cm ²
	Penyerapan Agregat 0/5	< 3%	1,01%
25	Keausan Agregat	< 30%	23,72 %

4.8.2 Analisa Hasil Pengujian *Marshall Test*

Marshall Test dapat dilakukan setelah melewati berbagai macam pengukuran dan lain-lain guna mendapatkan nilai-nilai yang disyaratkan pada pengujian *Marshall Test*. Data hasil pengujian *marshall test* dapat dilihat pada tabel 4.115 - 4.126, untuk selanjutnya akan di bandingkan dengan syarat yang tertera pada

Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018.

Sampel untuk pengujian marshall test setiap kadar aspal dan kadar serbuk kayu jati terdiri dari 3 benda uji untuk rendaman 30 menit dengan suhu 60°C. Nilai parameter marshall test yang disajikan merupakan hasil dari pengolahan interval kepercayaan yang berguna untuk mencari data yang nilainya lebih akurat dan membuang data yang nilainya dianggap terlalu jauh perbedaannya antar benda uji. Pada penelitian ini digunakan derajat kepercayaan 95% ($Y = 0,95$). Setelah data disortir kemudian data tersebut diambil nilai rata-rata dan dibandingkan dengan syarat yang tertera pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018.

a) Data *Marshall Test* untuk mencari nilai KAO

- Stabilitas

Data pada tabel 4.115 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.39 Hasil Interval Kepercayaan Stabilitas Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.115 Data Stabilitas Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (kg)	Syarat ATB (kg)	Keterangan
4,0%	1085,78	800	sesuai
4,5%	1163,93		sesuai
5,0%	1241,46		sesuai
5,5%	1276,26		sesuai
6,0%	1213,04		sesuai

Dapat dilihat nilai stabilitas pada tabel 4.115 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati berada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 800 kg. Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap, seperti gelombang, alur dan *bleeding*.

- *Flow*

Data pada tabel 4.116 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.41 Hasil Interval Kepercayaan Flow Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.116 Data *Flow* Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (mm)	Syarat ATB (mm)	Keterangan
4,0%	2,8	2-4	sesuai
4,5%	3,03		sesuai
5,0%	3,45		sesuai
5,5%	3,6		sesuai
6,0%	3,83		sesuai

Dapat dilihat nilai *flow* pada tabel 4.116 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati berada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 2-4mm. *Flow* menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai *flow* yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas. Nilai terkecil yaitu 2,8mm dengan kadar aspal 4% dan nilai terbesar yaitu 3,83mm dengan kadar aspal 6%.

- *Void In Mixture (VIM)*

Data pada tabel 4.117 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.43 Hasil Interval Kepercayaan VIM Rendaman 30 Menit

Tabel 4.117 Data VIM Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
4,0%	6,33	3-5	tidak sesuai
4,5%	5,49		tidak sesuai
5,0%	4,58		sesuai
5,5%	3,66		sesuai
6,0%	2,93		tidak sesuai

Dapat dilihat nilai VIM pada tabel 4.117 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati dua nilai VIM berada diatas batas minimum dan 3 nilai VIM berada dibawah batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 3-5 %. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurangnya kedekatan suatu benda uji terhadap air. Nilai terkecil yaitu 2,93% dengan kadar aspal 6% dan nilai terbesar yaitu 6,33% dengan kadar aspal 4%.

- *Voids of Material Aggregate (VMA)*

Data pada tabel 4.117 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.45 Hasil Interval Kepercayaan VMA Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.118 Data VMA Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
4,0%	15,43	14	sesuai
4,5%	15,75		sesuai
5,0%	16,01		sesuai
5,5%	16,26		sesuai
6,0%	16,68		sesuai

Dapat dilihat nilai VMA pada tabel 4.118 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati 5 nilai VMA berada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 14 %. VMA menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal. Nilai VMA akan meningkat apabila selimut aspal dalam campuran lebih tebal. Nilai terkecil yaitu 15,43% dengan kadar aspal 4% dan nilai terbesar yaitu 16,68% dengan kadar aspal 6%.

- *Marshall Quotient (MQ)*

Data pada tabel 4.119 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.47 Hasil Interval Kepercayaan MQ Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.119 Data MQ Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (kg/mm)	Syarat ATB (kg/mm)	Keterangan
4,0%	389,15	-	sesuai
4,5%	385,69		sesuai
5,0%	359,96		sesuai
5,5%	355,27		sesuai
6,0%	316,66		sesuai

Dapat dilihat nilai MQ pada tabel 4.119 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati, untuk MQ pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 tidak menyebutkan batas minimum nilai *Marshall Quotient*. Nilai *Marshall Quotient* merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap flow dengan satuan kg/mm. Nilai MQ ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur dan mampu berdeformasi apabila diberi beban. Nilai terkecil yaitu 316,66 kg/mm dengan kadar aspal 6% dan nilai terbesar yaitu 389,15 kg/mm dengan kadar aspal 4%.

- *Volume of voids Filled with Asphalt (VFA)*

Data pada tabel 4.120 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.49 Hasil Interval Kepercayaan VFA Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.120 Data VFA Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
4,0%	59,01	65	tidak sesuai
4,5%	65,15		sesuai

Kadar Aspal (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
5,0%	71,37		sesuai
5,5%	77,49		sesuai
6,0%	82,43		sesuai

Dapat dilihat nilai VFA pada tabel 4.120 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji tanpa diberi penambahan serbuk kayu jati 1 nilai VFA berada dibawah batas minimum dan 4 nilai bearada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 65%. VFA merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tidak termasuk aspal yang terabsorbsi oleh butir agregat. Bisa dikatakan VFA merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. VFA biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Nilai terkecil yaitu 59,01% dengan kadar aspal 4% dan nilai terbesar yaitu 82,43% dengan kadar aspal 6%.

Dengan melihat nilai-nilai parameter uji *Marshall Test* seperti stabilitas, flow, VIM, VMA, MQ, VFA. Maka nilai kadar aspal optimum sebesar 5,35% dari berat benda uji keseluruhan.

b) Data *Marshall Test* untuk mencari Kadar Serbuk Kayu Optimum

- Stabilitas

Data pada tabel 4.121 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.76 Hasil Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati Stabilitas Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.121 Data Stabilitas Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (kg)	Syarat ATB (kg)	Ket
0,1%	966,77	800	sesuai
0,2%	1032,24		sesuai

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (kg)	Syarat ATB (kg)	Ket
0,3%	1113,53		sesuai
0,4%	1021,04		sesuai
0,5%	907,95		sesuai

Dapat dilihat nilai stabilitas pada tabel 4.121 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji diberi penambahan serbuk kayu jati berada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 800 kg. Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap, seperti gelombang, alur dan bleeding.

- *Flow*

Data pada tabel 4.122 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.78 Hasil Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati Flow Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.122 Data Flow Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (mm)	Syarat ATB (mm)	Keterangan
0,1%	3,33	2-4	sesuai
0,2%	3,43		sesuai
0,3%	3,50		sesuai
0,4%	3,80		sesuai
0,5%	4,30		sesuai

Dapat dilihat nilai flow pada tabel 4.122 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji diberi penambahan serbuk kayu jati nilai flow berada diatas batas maksimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 2-4mm. Flow menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai flow yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Pengukuran flow

bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas. Nilai terkecil yaitu 3,33mm dengan kadar serbuk kayu jati 0,1% dan nilai terbesar yaitu 4,30 mm dengan kadar serbuk kayu jati 0,5%.

- *Voids In Mixture (VIM)*

Data pada tabel 4.123 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.80 Hasil Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati VIM Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.123 Data VIM Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
0,1%	4,05	3-5	sesuai
0,2%	4,34		sesuai
0,3%	4,66		sesuai
0,4%	4,88		sesuai
0,5%	5,16		tidak sesuai

Dapat dilihat nilai VIM pada tabel 4.123 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji diberi penambahan serbuk kayu jati satu nilai berada diatas batas maksimum dan 4 nilai berada diantara batas minimum dan maksimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 3-5 %. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurangnya kekedapan suatu benda uji terhadap air. Nilai terkecil yaitu 4,05% dengan kadar serbuk kayu jati 0,1% dan nilai terbesar yaitu 5,16% dengan kadar serbuk kayu jati 0,5%.

- *Voids of Material Aggregate (VMA)*

Data pada tabel 4.124 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.82 Hasil Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati VMA Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.124 Data VMA Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Keterangan
0,1%	16,28	14	sesuai
0,2%	16,54		sesuai
0,3%	16,81		sesuai
0,4%	17		sesuai
0,5%	17,25		sesuai

Dapat dilihat nilai VMA pada tabel 4.124 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji diberi penambahan serbuk kayu jati berada diatas batas minimum yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 yaitu 14 %. VMA menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal. Nilai VMA akan meningkat apabila selimut aspal dalam campuran lebih tebal. Nilai terkecil yaitu 16,28% dengan kadar serbuk kayu jati 0,1% dan nilai terbesar yaitu 17,25% dengan kadar serbuk kayu jati 0,5%.

- *Marshall Quotient (MQ)*

Data pada tabel 4.125 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.84 Hasil Interval Kepercayaan Kadar Serbuk Kayu Jati MQ Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.125 Data MQ Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (kg/mm)	Syarat ATB (kg/mm)	Keterangan
0,1%	290,24	-	sesuai
0,2%	300,67		sesuai
0,3%	318,7		sesuai
0,4%	270,9		sesuai
0,5%	211,07		sesuai

Dapat dilihat nilai MQ pada tabel 4.125 hasil pengujian *marshall test* dengan benda uji diberi penambahan serbuk kayu jati, untuk MQ pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 tidak menyebutkan batas minimum nilai *Marshall Quotient*. Nilai *Marshall Quotient* merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap flow dengan satuan kg/mm. Nilai MQ ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur dan mampu berdeformasi apabila diberi beban. Nilai terkecil yaitu 211,07 kg/mm dengan kadar baliho 0,5% dan nilai terbesar yaitu 318,7 kg/mm dengan kadar serbuk kayu jati 0,3%.

- *Volume of voids Filled with Asphalt (VFA)*

Data pada tabel 4.126 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata tabel 4.86 Hasil Interval Kepercayaan kadar serbuk kayu jati VFA Rendaman 30 Menit.

Tabel 4.126 Data VFA Serbuk Kayu Jati Rendaman 30 Menit

Kadar Serbuk Kayu Jati (%)	Hasil (%)	Syarat ATB (%)	Ket
0,1%	75,12	65	sesuai
0,2%	73,74		sesuai
0,3%	72,3		sesuai
0,4%	71,31		sesuai
0,5%	70,11		sesuai

Bisa diamati nilai VFA pada tabel 4. 126 hasil pemeriksaan marshall test dengan benda uji dengan memanfaatkan limbah abuk kayu jati sebagai material pengisi berada diatas batasan minimal yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur Tahun 2018 ialah 65%. VFA ialah persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tidak tercantum aspal yang terabsorpsi oleh butir agregat. Dapat dikatakan

VFA ialah persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. VFA umum disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin besar nilai VFA menunjukkan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal maka campuran menjadi lebih kedap terhadap air serta udara. Nilai terkecil ialah 70, 11% dengan kadar serbuk kayu jati 0, 5% serta nilai terbesar ialah 75, 12% dengan kadar serbuk kayu jati 0, 1%. Dengan melihat nilai-nilai parameter uji *Marshall Test* seperti stabilitas, flow, VIM, VMA, MQ, VFA. Maka nilai kadar serbuk kayu optimum sebesar 0,27% dari berat benda uji keseluruhan.

c) Perbandingan Benda Uji Tanpa Penambahan Limbah Serbuk Kayu Jati Dengan Benda Uji Menggunakan Penambahan Limbah Serbuk Kayu Jati

Penambahan Limbah serbuk kayu jati dimaksudkan untuk meningkatkan nilai parameter *Marshall Test* terutama pada nilai stabilitasnya. Dari penelitian yang sudah dilakukan dan hasilnya diperbandingkan parameter *Marshall Test* cenderung menurun. Dapat dilihat pada Tabel 4.127 Perbandingan Nilai Parameter *Marshall Test*.

Tabel 4.127 Perbandingan Nilai Parameter *Marshall Test*

	Spek	Tanpa Serbuk	Dengan Serbuk	Perbandingan 2: 3	Perbandingan 1: 3
	1	2	3	4	5
Stabilitas (kg)	800	1256,88	1084,33	TURUN	NAIK
Flow (mm)	2-4	3,56	3,46	TURUN	NAIK
VIM (%)	3-5	3,97	4,54	NAIK	NAIK
VMA (%)	14	16,21	16,71	NAIK	NAIK
MQ (kg/mm)	-	354,38	312	TURUN	NAIK
VFA (%)	65	75,5	72,81	TURUN	NAIK

4.8.3 Analisa Indeks Perendaman

Analisa indeks perendaman dilakukan pada campuran kadar aspal optimum dan serbuk kayu optimum. Perendaman dilakukan pada durasi waktu 30 menit dan 24 jam. Analisa indeks perendaman ditampilkan sesuai tabel 4.128 berikut.

Tabel 4.128 Indeks Perendaman

	Stabilitas (Kg)		Indek Perendaman	Syarat
	30 Menit	24 Jam	%	
KAO	1246.88	977.85	78.42	75%
SKO	1084.33	824.91	76.08	

Berdasarkan tabel 4.128, diperoleh nilai stabilitas pada perendaman KAO selama 30 menit sebesar 1246,88 kg, dan nilai stabilitas pada perendaman KAO selama 24 jam sebesar 977,85 kg, sedangkan nilai stabilitas pada perendaman SKO selama 30 menit sebesar 1084,33 kg, dan nilai stabilitas pada perendaman SKO selama 24 jam sebesar 824,91 kg. Indeks perendaman pada KAO adalah 78,42% dan indeks perendaman pada SKO adalah 76,08%. Indeks perendaman tersebut lebih dari syarat indeks perendaman sebesar 75% sehingga dalam hal ini campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) menggunakan material pengisi serbuk kayu jati dengan presentase kadar optimum 0,27% memenuhi Spesifikasi DPU Bina Marga Prov. Jatim Tahun 2018.

4.9 Pembahasan Hasil Analisa

Dari hasil analisa yang telah dilakukan tentang Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) Ditinjau Dari Uji *Marshall* berikut adalah pembahasan dari hasil analisa:

- a) Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan data yang menyatakan bahwa serbuk kayu jati pada kadar 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5% yang digunakan sebagai material prngisi campuran *Asphalt Treated Base*

(ATB) mengalami penurunan pada hasil *Marshall Test* karena tingkat kekerasan antara serbuk kayu jati dan *filler* berbeda.

- b) Proporsi penggunaan limbah serbuk kayu jati sebagai material pengisi pada campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) didapatkan kadar serbuk kayu jati optimum 0,27% pada kadar aspal optimum (KAO) 5,35% dari berat keseluruhan. Dengan nilai parameter *Marshall tes* sebagai berikut:

Tabel 4.129 Hasil Rekapitulasi Analisis Karakteristik Campuran Limbah Serbuk Kayu Jati dengan Variasi 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5%

Parameter Karakteristik	Variasi Serbuk Kayu Jati (%)					Persyaratan
	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%	
Stabilitas (kg)	966,77	1032,24	1113,53	1021,04	907,95	800
Flow (mm)	3,33	3,43	3,50	3,80	4,30	2-4
VIM (%)	4,05	4,34	4,66	4,88	5,16	3-5
VMA (%)	16,28	16,54	16,81	17,00	17,25	14
VFA (%)	75,12	73,74	72,30	71,31	70,11	65
Marshall Quotient (kg/mm)	290,24	300,67	318,70	270,90	211,07	-

Kesimpulan:

Dari hasil yang sudah didapat, dinyatakan bahwa benda uji campuran *Asphalt Treated Base* (ATB) yang memanfaatkan limbah serbuk kayu jati sebagai material pengisi dengan prosentase kadar 0,1%, 0,2%, 0,3%, dan 0,4% meskipun mengalami penurunan akan tetapi masih memenuhi Spesifikasi DPU Bina Marga Prov. Jatim Tahun 2018.