

## BAB IV

### ANALISA 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	Keterangan	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 = Agregat Impact Value (%).

A = Berat awal benda uji (gr).

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

AIV ditentukan berdasarkan harga rata-rata dari dua pengukuran sebagai berikut:

Sample I

A = 500 gram

B = 48.2 gram

$$\text{Maka AIV: } \frac{48.2}{500} \times 100 \% = 9,62 \%$$

Sample II

A = 500 gram                      B = 45,7 gram

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

Maka nilai rata-rata =  $\frac{9,62+9,14}{2} = 9,38 \%$

Dari hasil perhitungan rata-rata agregat *impact value* dari agregat Ds. Danuredjo, Kec. Pasirian, Kab. Lumajang, Prov. Jawa Timur didapatkan nilai sebesar 9,38 %, 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*)

Analisa Saringan		
Saringan	Berat tertahan	Presentase tertahan
(mm)	(gram)	(%)
63		
50		
37,5		
28		
20		
14	1834.5	52%
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 M3 F		581 gram
Flakiness Index M3 x 100 / M2		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 angularitas 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 angularitas 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

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

Keterangan: 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:

$$\text{Angka angularitas} = 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot Ga}$$

Keterangan:

M = berat agregat dalam silinder (gr).

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

Ga = spesific gravity dari agregat.

Maka dari hasil pengujian diperoleh:

W1 (berat silinder kosong) = 3550 gram

W2 (berat silinder + air penuh) = 6450 gram

Berat air, C = W2-W1

= 6450 gram - 3550 gram

$$= 2900 \text{ gram}$$

Untuk percobaan I

$$W3 \text{ (berat silinder+agregat)} = 8540 \text{ gram}$$

$$W4 \text{ (berat agregat)} = W3 - W1$$

$$= 8540 \text{ gram} - 3550 \text{ gram}$$

$$= 4990 \text{ gram}$$

Untuk pengujian II

$$W5 \text{ (berat silinder+agregat)} = 8510 \text{ gram}$$

$$W6 \text{ (berat agregat 2)} = W5 - W1$$

$$= 8510 \text{ gram} - 3550 \text{ gram}$$

$$= 4960 \text{ gram}$$

Untuk pengujian III

$$W7 \text{ (berat silinder+agregat 3)} = 8500 \text{ gram}$$

$$W8 \text{ (berat agregat 3)} = W3 - W1$$

$$= 8500 \text{ gram} - 3550 \text{ gram}$$

$$= 4950 \text{ gram}$$

Angka Anggularitas

$$= 67 - \frac{100 \cdot M}{C \cdot Ga} = 67 - \frac{100 (4990 + 4960 + 4950) / 3}{2900 \times 2.71}$$

$$= 3,63$$

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

Uraian	berat (gram)		
	I	II	III
Berat silinder kosong (W1)	7850	7850	7850
Berat silinder + air penuh (W2)	17860	17860	17860
Berat air C = W2 - W1	10010	10010	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		
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 <sup>3</sup>
-----------	---

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Berat Isi Agregat 10/10

Uraian	berat (gram)		
	I	II	III
Berat silinder kosong (W1)	7850	7850	7850
Berat silinder + air penuh (W2)	17860	17860	17860
Berat air C = W2 - W1	10010	10010	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 <sup>3</sup>
-----------	---

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Berat Isi Agregat 5/10

Uraian	berat (gram)		
	I	II	III
Berat silinder kosong (W1)	7850	7850	7850
Berat silinder + air penuh (W2)	17860	17860	17860
Berat air C = W2 - W1	10010	10010	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/cm <sup>3</sup>
-----------	---



**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Berat Isi 1 Agregat 0/5

Uraian	berat (gram)		
	I	II	III
Berat silinder kosong (W1)	3550	3550	3550
Berat silinder + air penuh (W2)	6560	6560	6560
Berat air C = W2 - W1	3010	3010	3010
Agregat lepas			
Berat silinder + agregat (W3)	8350	8470	8580
Berat agregat W4 = W3 - W1	4800	4920	5030
Agregat padat dengan tusukan			
Berat silinder + agregat (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

$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_{4,6,8}}{V}$	$W_{4,6,8} = \text{Berat agregat dalam silinder}$ $V = \text{volume agregat dalam silinder} = \text{volume air dalam silinder}$
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/cm <sup>3</sup>
-----------	---

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 (cm<sup>3</sup>)

W4 = Berat benda uji (gr)

Perhitungan:

$$W1 \text{ (berat silinder kosong)} = 7850 \text{ gram}$$

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

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:

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi agregat padat dengan tusukan:} &= W6 / C \\
 &= 15360 / 10010 \\
 &= 1,53 \text{ (gr/cm}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi agregat padat dengan goyangan:} &= W8 / C \\
 &= 15500 / 10010 \\
 &= 1,55 \text{ (gr/cm}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

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

- Berat isi agregat 10/20 lepas = 1,42 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 10/20 padat dengan tusukan = 1,53 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 10/20 padat dengan goyangan = 1,55 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 10/10 lepas = 1,43 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 10/10 padat dengan tusukan = 1,47 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 10/10 padat dengan goyangan = 1,52 gr/cm<sup>3</sup>

- Berat isi agregat 5/10 lepas = 1,33 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 5/10 padat dengan tusukan = 1,45 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 5/10 padat dengan goyangan = 1,53 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 0/5 lepas = 1,59 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 0/5 padat dengan tusukan = 1,88 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat 0/5 padat dengan goyangan = 1,95 gr/cm<sup>3</sup>

#### 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

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
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	Gram		

**Tabel 4.9** Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/10

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")	14670.3	23979.60	93.16	6.84
4,75	Mm	(No. 4)	1398.2	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			
0,15	Mm	(No. 100)	4.2	25667.60	99.71	0.29
0,075	Mm	(No. 200)	13.0	25680.60	99.76	0.24
p a n			2.7	25683.30	99.77	0.23
Total berat			25741.50	gram		

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang 5/10

Ukuran saringan			Berat tertahan (gram)	Kumulatif (gram)	Prosentase	
					Tertahan	Lolos
25	Mm	(1")	0	0	0	100
19	Mm	(3/4")	0	0	0	100
12,5	Mm	(1/2")	0	0	0	100
9,5	Mm	(3/8")	0	0	0	100
4,75	Mm	(No. 4)	5204.3	5204.3	43.99	56.01
2,36	Mm	(No. 8)	4009.2	9213.5	77.87	22.13
2	Mm	(No. 10)	1907.3	11120.8	93.99	6.01
1,18	Mm	(No. 16)	219.2	11340	95.85	4.15
0,71	Mm	(No. 25)	87	11427	96.58	3.42
0,6	Mm	(No. 30)	16.9	11443.9	96.72	3.28
0,425	Mm	(No. 40)	18.5	11462.4	96.88	3.12
0,28	Mm	(No. 50)	16.9	11479.3	97.02	2.98

Ukuran saringan	Berat tertahan	Kumulatif	Prosentase	
	(gram)	(gram)	Tertahan	Lolos
0,18 Mm (No. 80)	38.4	11517.7	97.35	2.65
0,15 Mm (No. 100)	11.6	11529.3	97.44	2.56
0,075 Mm (No. 200)	197.7	11727	99.12	0.88
p a n	104.6	11831.6	100	0
Total berat	11831.6	Gram		

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 0/5

Ukuran saringan	Berat tertahan	Kumulatif	Prosentase	
	(gram)	(gram)	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
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	Gram		

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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 4.11

**Tabel 4.11** 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	657.50	662.60	660.05
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	970.80	974.90	972.85
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	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 (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.65	2.63	2.64
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj-Bk}{(Bk)} \times 100\%$	0.97%	1.05%	1.01%

**Tabel 4.12** Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 5 – 10 AAHSTO T-85-81

<b>Keterangan</b>	<b>Rumus</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Rata-rata</b>
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 (bulk)	$\frac{Bkj}{Bj - Ba}$	2.65	2.63	2.64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.71	2.69	2.70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.82	2.80	2.81
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.39%	2.31%	2.35%

**Tabel 4.13** Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 10 – 10 AASHTO T-85-81

<b>Keterangan</b>	<b>Rumus</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Rata-rata</b>
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 (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.71	2.70	2.70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.77	2.75	2.76
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.88	2.86	2.87
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.16%	2.13%	2.14%

**Tabel 4.14** Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat 10 - 20AASHTO 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 (bulk)	$\frac{BK}{Bj - Ba}$	2.68	2.67	2.67
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.72	2.71	2.71
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{BK}{Bk - Ba}$	2.79	2.79	2.79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.52%	1.61%	1.56%

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

- Berat jenis bulk (bulk specific gravity) =  $\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) =  $\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$
- Berat jenis semu (apparent specific gravity) =  $\frac{Bk}{(B+Bk)}$
- Penyerapan (absorpsi) =  $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$

Keterangan:

Bk = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat picnometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dalam air (gr)

Bj = berat contoh kering permukaan jenuh (gr).

Percobaan sampel 1: Bk = 495.30 gram

B = 657.50 gram

Bj = 500,10 gram

Bt = 970,80 gram

Maka perhitungan:



$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (bulk)} &= Bk / (Bj-Bt) \\ &= 495.30 / (500,10 - 970,80) \\ &= 2,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kering permukaan jenuh} &= Bj / (Bj-Bt) \\ &= 500,10 / (500,10 - 970,80) \\ &= 2,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= Bk / (Bj-Bt) \\ &= 495.30 / (500,10-970,80) \\ &= 2,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= ((Bj - Bk) / Bk) \times 100\% \\ &= (500,10 - 495.30) / 495.30 \times 100\% \\ &= 0,97 \% \end{aligned}$$

Percobaan sampel 2 : Bk = 495.00 gram  
 B = 662.60 gram  
 Bj = 500,20 gram  
 Bt = 974.90 gram

Maka perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (bulk)} &= Bk / (Bj-Bt) \\ &= 495,00 / (500,20 - 974,90) \\ &= 2,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kering permukaan jenuh} &= Bj / (Bj-Bt) \\ &= 500,20 / (500,20 - 974,90) \\ &= 2,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= Bk / (Bj-Bt) \\ &= 495,00 / (500,20-974,90) \\ &= 2,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= ((Bj - Bk) / Bk) \times 100\% \\ &= (500,20 - 495,00) / 495,00 \times 100\% \\ &= 1,05 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai rata – rata:

$$\text{Berat jenis (bulk)} = 2,64$$

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 ½") terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*.

Pengujian analisa saringan dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.15

**Tabel 4.15** Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar 10/20

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I (gram)		II (gram)	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.0 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.0 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.0 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.0 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.0 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.0 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")				
12.0 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	2500			
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")	2500			
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		
			I	II	
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.

$$\begin{aligned} \text{Nilai keausan Los Angeles} &= (5000 - 2813,2) / 5000 \times 100 \% \\ &= 23,72 \% \end{aligned}$$

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 4.16 berikut:

**Tabel 4.16** Matriks Perbandingan Hasil Pengujian Agregat Terhadap Spesifikasi

No.	Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Berat Isi Agregat 10/20 lepas	1,408 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 10/20 padat dengan tusukan	1,537 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 10/20 padat dengan goyangan	1,542 gr/cm <sup>3</sup>	
2	Berat Isi Agregat 10/10 lepas	1,340 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 10/10 padat dengan tusukan	1,463 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 10/10 padat dengan goyangan	1488 gr/cm <sup>3</sup>	
3	Berat Isi Agregat 5/10 lepas	1,341 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 5/10 padat dengan tusukan	1,469 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 5/10 padat dengan goyangan	1,513 gr/cm <sup>3</sup>	
4	Berat Isi Agregat 0/5 lepas	1,633 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 0/5 padat dengan tusukan	1,907 gr/cm <sup>3</sup>	
	Berat Isi Agregat 0/5 padat dengan goyangan	1,948 gr/cm <sup>3</sup>	
5	Impact Value 10/10	9,39 %	< 30%
6	Angka Angularitas Agregat 10/10	3,63	0 – 12
7	Berat Jenis Agregat 10/20	2,67 gr/cm <sup>2</sup>	> 2,5
	Penyerapan Agregat 10/20	1,56 %	< 3%
8	Berat Jenis Agregat 10/10	2,70 gr/cm <sup>2</sup>	> 2,5
	Penyerapan Agregat 10/10	2,14 %	< 3%
9	Berat Jenis Agregat 5/10	2,64 gr/cm <sup>2</sup>	> 2,5
	Penyerapan Agregat 5/10	2,35 %	< 3%
10	Berat Jenis Agregat 0/5	2,64 gr/cm <sup>2</sup>	> 2,5
	Penyerapan Agregat 0/5	1,01 %	< 3%

No.	Pengujian	Hasil	Spesifikasi
11	Flakiness	19,90 %	< 25%
12	Abrasi	23,72 %	< 30%

#### 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 4.17

**Tabel 4.17 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat**

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 <sup>-1</sup> mm)
----------	---

**Tabel 4.18** Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Berat

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 25oC 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 <sup>-1</sup> mm) (94,74% dari penetrasi setelah kehilangan berat) Syarat: ≥ 54% semula				

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 63,00
3. Dari kedua pengujian tersebut  $63,00/66,50 \times 100 \% = 94,74 \%$ , 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 4.19

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal

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	17.41 WIB	294	
41	17.42 WIB	299	
36	17.42 WIB	304	
31	17.43 WIB	309	
26	17.44 WIB	314	314 nyala
21	17.45 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

17.46", (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 4.20

**Tabel 4.20** Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter Sebelum Kehilangan Berat

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		



Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
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			

**Tabel 4.21** Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter Setelah Kehilangan Berat

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu es
	Mulai jam	:15.30 WIB	27 °C
	Selesai jam	:16.30 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Didiamkan pada suhu 5°C		Pembacaan suhu es
	Mulai jam	: 16.30 WIB	0 °C
	Selesai jam	: 16.40 WIB	

Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam : 16.40 WIB				
	Selesai jam : 17.05 WIB				
Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek °C	
°C	°F	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II
0		17.05	17.05		
5		17.07	17.07		
10		17.09	17.09		
15		17.10	17.10		
20		17.11	17.11		
25		17.12	17.12		
30		17.13	17.13		
35		17.14	17.14		
40		17.15	17.15		
45		17.16	17.16		

50		17.18	17.18	17.19 (47°C)	17.19 (47°C)
Catatan:	Titik lembek = 47 °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 sebelum kehilangan berat adalah 48°C, sedangkan pada pemeriksaan titik lembek setelah kehilangan berat adalah 47°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

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	> 120 cm	> 120 cm
Rata-rata	> 120 cm	

Catatan:	Daktilitas = 120 cm (Maximum > 100 cm)
----------	--

**Tabel 4.23** Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	
	Mulai jam : 18.00 WIB	
	Selesai jam : 19.00 WIB	

Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25oC		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 19.00 WIB		25 oC
	Selesai jam : 19.15 WIB		

Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 20.00 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam : 20.15 WIB	25oC

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

Pengamatan	1	2
Pembacaan	> 150 cm	> 150 cm
Rata-rata	> 150 cm	

Catatan:	Daktilitas setelah kehilangan berat = 150 cm (Maximum > 100 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. Unruk

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 dan sesudah kehilangan berat didapatkan nilai rata-rata sebesar 100 cm
2. 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 Bitumen Keras Dan Ter

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 25oC	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)	58,3	66,1
Berat piknometer (gr)	28,7	28,2
Berat air - isi piknometer (gr)	29,6	30,5
Berat piknometer + contoh (gr)	53	52,6
Berat piknometer (gr)	28,7	28,2
Berat contoh (gr)	24,3	24,4
Berat pikno + air + contoh (gr)	61	61,4
Berat piknometer + contoh (gr)	53	52,6
Berat air saja (gr)	8,0	8,8
Volume contoh (cm <sup>3</sup> )	21,6	21,7
Berat Jenis: $\frac{\text{berat contoh}}{\text{berat air sebanyak isi bitumen}}$	1,13	1,12

Catatan: Berat jenis = 1,12

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 1,13 dan sampel II didapatkan 1,12 dari kedua sampel diambil rata-rata didapatkan sebesar 1,12, 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 penirinan 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

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	
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163°C	Mulai jam : 10.15 WIB	Pembacaan suhu dlm contoh
	Selesai jam : 17.15 WIB	163 ± 1 °C

	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 = 0,130%
----------	-------------------------------------

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 adalah 0,130 %

$$\text{Rata - rata} = \frac{0,127 + 0,133 + 0,131}{3} = 0,130 \%$$

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	Hasil		Spesifikasi
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Berat	66.50	10 <sup>-1</sup> mm	60 - 70
2	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	1.028	gr/cm <sup>2</sup>	≥ 1
3	Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	120	cm	≥ 100 Cm
4	Titik Lembek Aspal dan Ter	314/319	°C	≥ 232
	Sebelum Kehilangan Berat	48.000	°C	≥ 48
5	Titik Lemebk Aspal dan Ter	0.130	%	≤ 0,8
	Setelah Kehilangan Berat	94.74	%	≥ 54
6	Berat Jenis Aspal Keras	150	cm	≥ 50 cm
7	Kehilangan Berat Minyak	66.50	10 <sup>-1</sup> mm	60 - 70
8	Daktilitas Sebelum Kehilangan Berat	1.028	gr/cm <sup>2</sup>	≥ 1
9	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	120	cm	≥ 100 Cm

### 4.3 Perencanaan Komposisi Campuran

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

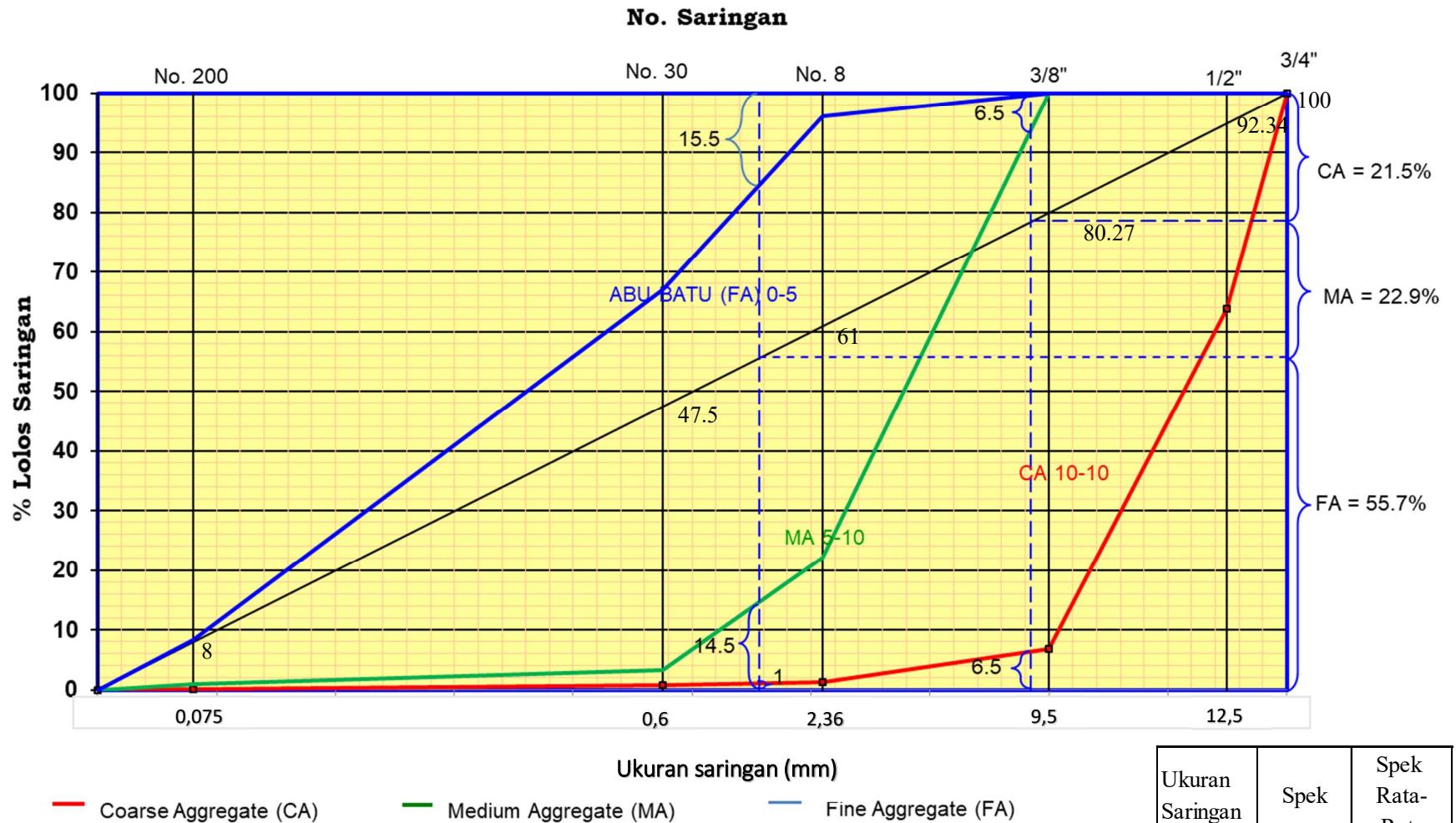
**Tabel 4.27** Prosentase Lolos Saringan

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	Lolos
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	6.84	100	100
4,75 mm (No. 4)	1.28	1.41	56.01	100
2,36 mm (No. 8)	0.96	1.25	22.13	99.57
2 mm (No. 10)	0.91	1.18	6.01	96.07
1,18 mm (No. 16)	0.75	1.01	4.15	87.4
0,71 mm (No. 25)	0.65	0.83	3.42	77.41
0,6 mm (No. 30)	0.52	0.73	3.28	70.67
0,425 mm (No. 40)	0.47	0.56	3.12	67.02
0,28 mm (No. 50)	0.43	0.3	2.98	56.67
0,18 mm (No. 80)	0.35	0.08	2.65	45.1
0,15 mm (No. 100)	0.31	0.29	2.56	31.14
0,075 mm (No. 200)	0.14	0.24	0.88	19.33
p a n	0	0.23	0	8.39

#### 4.3.1 Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis

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** Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat HRS- WC

Ukuran Saringan	Spek	Spek Rata-Rata
3/4"	100	100
1/2"	90-100	95
3/8"	75-85	80
No 8	50-72	61
No 30	35-60	47.5
No 200	6-10	8

Keterangan:

Garis 1: Agregat Halus = Agregat Kasar + Agregat Sedang

Garis 2: Agregat Sedang = Agregat Kasar

Garis 3: Agregat Kasar = Agregat Sedang

Maka didapat:

- Garis I (garis putus-putus kiri) : 15,5% FA = 1% CA + 14,5%MA
- Garis II (garis putus-putus kanan) : 6,5% MA = 6,5% CA

Garis 1 dengan garis diagonal didapatkan FA : 55,7%

Garis 2 dengan garis diagonal didapatkan CA : 21,5%

Sehingga MA = 100% - FA - CA

$$= 100\% - 55,7\% - 21,5\%$$

$$= 22,8\%$$

Hasil dari plot grafik di atas didapatkan persentase agregat yang belum termasuk

Filler (FF) sebagai berikut:

CA = 21,5% ; MA = 22,8% ; FA = 55,7%

Perhitungan untuk menambahkan komposisi filler (FF):

- $CA_2 = CA_1 \times \left(\frac{100-FF}{100}\right)$   
 $= 21,5\% \times \left(\frac{100-1,5}{100}\right)$   
 $= 21,1775\%$

- $MA_2 = MA_1 \times \left(\frac{100-FF}{100}\right)$   
 $= 22,8\% \times \left(\frac{100-1,5}{100}\right)$   
 $= 22,458\%$

- $FA_2 = FA_1 \times \left(\frac{100-F}{100}\right)$   
 $= 55,7\% \times \left(\frac{100-1,5}{100}\right)$   
 $= 54,8645\%$

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

$$\% CA_2 + \% MA_2 + \% FA_2 + \% FF = 100\%$$

$$21,17\% + 22,45\% + 54,86\% + 1,5\% = 100\%$$

**Tabel 4.28** Komposisi Campuran Persentase Agregat Spesifikasi HRS-WC

ukuran saringan	10/10	10/5	0/5	FF	10/10	10/5	0/5	FF	total	spek
	%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	21.18	22.51	54.82	1.5		
3/4"	100	100	100	100	21.18	22.51	54.82	1.5	100	100
1/2"	63.84	100	100	100	13.52	22.51	54.82	1.5	92.34	90-100
3/8"	6.84	100	100	100	1.45	22.51	54.82	1.5	80.27	75-85
No.8	1.25	22.13	96.07	100	0.26	4.98	52.66	1.5	59.4	50-72
No.30	0.73	3.28	67.02	100	0.16	0.74	36.74	1.5	39.13	35-60
No.200	0.01	0.88	8.39	100	0	0.2	4.6	1.5	6.3	6-10

#### 4.3.2 Komposisi Campuran untuk Variasi Aspal

Setelah proporsi masing-masing agregat diketahui, maka 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 HRS-WC sebagai berikut:

$$CA = 21,1775\%$$

$$MA = 22,458\%$$

$$FA = 54,8645\%$$

$$FF = 1,5\%$$

Berdasarkan rumus di atas, komposisi campuran HRS-WC (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) didapat nilai tengah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= 0,035 \times (CA_2 + MA_2) + (0,045 \times FA_2) + (0,18 \times FF) + 2,5 \\ &= 0,035 \times (21,177 + 22,458) + (0,045 \times 54,864) + (0,18 \times 1,5) + 2,5 \\ &= 6,76 \text{ dibulatkan menjadi } 7 \text{ (konstanta)}. \end{aligned}$$

Jika kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi a%, maka digunakan variasi (a-1)%, (a-0,5)%, (a)%, (a+0,5)% dan (a+1)%, untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 7% dibuat dengan 5 variasi kadar aspal diantaranya adalah 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8% pada Tabel 4.29 berikut ini:

**Tabel 4.29** Perencanaan Komposisi Campuran Aspal

Persentase Aspal		6	6.5	7	7.5	8
CA 10/10	21.18	238.88	237.61	236.34	235.07	233.80
MA 5/10	22.51	253.88	252.53	251.18	249.83	248.48
FA 0/5	54.82	618.32	615.03	611.74	608.45	605.16
FF	1.50	16.92	16.83	16.74	16.65	16.56
total	100.00	1128	1122	1116	1110	1104

berat aspal (gram)	72	78	84	90	96
berat agregat (gram)	1128	1122	1116	1110	1104
Total (gram)	1200	1200	1200	1200	1200

Contoh perhitungan untuk variasi kadar aspal 6 %

kadar aspal total yang dibutuhkan:

kadar aspal 6 % x 1200	= 72	gr
total berat	= 1200	gr
berat aspal	= 72	gr
berat total agregat	= 1128	gr
agregat kasar (21,1775% x 1128)	= 238,882	gr
agregat sedang (22,458% x 1128)	= 253,326	gr
agregat halus (54,8645% x 1128)	= 618,871	gr
Filler (1,5% x 1128)	= 16,92	gr
berat total campuran aspal	= 1200	gr

#### 4.4 Perhitungan Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

##### 4.4.1 Data Hasil Test Marshall Perendaman 30 Menit

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

Kadar Aspal	= 6 %
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	= 10,27cm
b. = Tinggi 1	= 6,1 cm
c. = Tinggi 2	= 6 cm
d. = Tinggi 3	= 6 cm
e. = Tinggi 4	= 6,1 cm
f. = Tinggi Rata-Rata (mm)	
	$= \left( \frac{6,1 + 6 + 6 + 6,1}{4} \right) \times 10$
	= 6 cm = 60,5 mm
g. = % Aspal Thdp Agregat	
	$= \frac{\% \text{ Aspal}}{1200 - \% \text{ Aspal}} \times 100$
	$= \frac{6\% \times 1200}{1200 - (6\% \times 1200)} \times 100$
	= 6,38 %
h. = % Aspal Thdp Campuran	= 6 %
i. = Berat Sampel (gram)	= 1173,0 gram
j. = Berat SSD (gram)	= 1199,1 gram
k. = Berat Dalam Air (gram)	= 685,3 gram
l. = Isi (gram)	
	= Berat SSD – Berat Dalam Air

$$= 1238,6 - 718,9$$

$$= 515,60 \text{ gram}$$

m. = Berat Isi

$$= \frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Isi}}$$

$$= \frac{1173,0}{515,60}$$

$$= 2,275 \text{ gram/cm}^3$$

n. = Berat Jenis Maksimum Teoritis

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{Agregat}}{\text{Bj Agregat}} + \frac{\% \text{Aspal}}{\text{Bj Aspal}}}$$

$$= \frac{100}{\left( \frac{29 \times \left( \frac{100-6}{100} \right)}{2,71} + \frac{5,5 \times \left( \frac{100-6}{100} \right)}{2,67} + \frac{21,5 \times \left( \frac{100-6}{100} \right)}{2,49} + \frac{44 \times \left( \frac{100-6}{100} \right)}{2,60} \right) + \left( \frac{6}{1,12} \right)}$$

$$= 2,429$$

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

$$= \frac{6 \times 2,268}{1,12} = 13,283$$

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

$$= \frac{(100 - 5) \times 2,268}{2,61} = 80,363$$

q. = Jumlah Kandungan Rongga (%)

$$= 100 - o - p$$

$$= 100 - 13,283 - 80,363$$

$$= 6,35 \%$$

r. = % Rongga Terhadap Agregat VMA

$$= 100 - p$$

$$= 100 - 80,363$$

$$= 19,64 \%$$

s. = Rongga Terisi Aspal VFA

$$= \frac{100 \times o}{r} = \frac{100 \times 13,283}{19,64} = 67,64 \%$$

t. = % Rongga Dalam Campuran VIM

$$= 100 - [100 \times (\frac{m}{n})]$$

$$= 100 - [100 \times (\frac{2,275}{2,249})]$$

$$= 6,35 \%$$

u. = Pembacaan Arloji Stabilitas = 120 Div

v. = Lbf

= Pembacaan arloji stabilitas x Faktor kalibrasi provingring

$$= 120 \text{ Div} \times 33,634 \text{ lbf/Div}$$

$$= 4036,08 \text{ lbf}$$

w. = Kg = 2589,82 x 0,44482 = 1795,3 kg

x. Koreksi (tebal) = 1,072

y. Stabilitas (dengan Koreksi) = Kg x Koreksi (tebal)

$$= 1795,3 \times 1,072$$

$$= 1924,83 \text{ kg}$$

z. Flow = 3,50 mm

bb.Marshall Quotient =  $\frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$

$$= \frac{1924,83}{3,50}$$

$$= 549,95 \text{ kg/mm.}$$

**Tabel 4.30** Hasil pengujian Test Marshall 30 Menit Mencari Kadar Aspal  
Optimum Kadar Aspal 6 %

Kadar Aspal		6 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (mm)	102.70	102.45	100.75
b	Tinggi 1 (mm)	61.10	60.20	53.20
c	Tinggi 2 (mm)	60.20	61.00	64.00
d	Tinggi 3 (mm)	60.30	61.20	63.80
e	Tinggi 4 (mm)	61.40	60.10	62.50
f	Tinggi rata-rata (mm)	60.75	60.63	60.88
g	% aspal thd agregat	6.38	6.38	6.38
h	% aspal thd campuran	6.00	6.00	6.00
i	Berat sampel (gram)	1173.0	1166.9	1169.8
j	Berat SSD (gram)	1199.1	1192.7	1195.1
k	Berat dalam air (gram)	683.5	680.1	681.2
l	Isi (gram)	515.60	512.60	513.90
m	Berat isi	2.275	2.276	2.276
n	BJ maksimum teoritis	2.429	2.429	2.429
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	13.283	13.291	13.290
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	80.363	80.413	80.409
q	Jumlah kandungan rongga (%)	6.35	6.30	6.30
r	% rongga thd agregat VMA	19.64	19.59	19.59
s	% rongga terisi aspal VFA	67.64	67.85	67.84
t	% rongga dlm campuran VIM	6.35	6.30	6.30
u	Pembacaan arloji stabilitas	120.00	117.00	115.00
v	lbf	4036.08	3935.18	3867.91
w	kg	1795.3	1750.4	1720.5
x	koreksi (tebal)	1.072	1.075	1.069
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1924.83	1882.43	1839.03
z	Flow	3.50	3.85	3.60
aa	Marshall Quotient	549.95	488.94	510.84



**Tabel 4.31** Hasil pengujian Test Marshall 30 Menit Mencari Kadar Aspal  
Optimum Kadar Aspal 6,5 %

<b>Kadar Aspal</b>		<b>6,5 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
a	Diameter (mm)	101.90	102.40	101.80
b	Tinggi 1 (mm)	60.10	60.75	60.30
c	Tinggi 2 (mm)	60.00	58.80	61.10
d	Tinggi 3 (mm)	59.40	58.30	61.35
e	Tinggi 4 (mm)	59.30	59.10	60.75
f	Tinggi rata-rata (mm)	59.70	59.24	60.88
g	% aspal thd agregat	6.95	6.95	6.95
h	% aspal thd campuran	6.50	6.50	6.50
i	Berat sampel (gram)	1160.0	1160.0	1172.0
j	Berat SSD (gram)	1182.1	1181.6	1192.1
k	Berat dalam air (gram)	674.2	673.9	679.1
l	Isi (gram)	507.9	507.7	513.0
m	Berat isi	2.284	2.285	2.285
n	BJ maksimum teoritis	2.412	2.412	2.412
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	14.446	14.451	14.450
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	80.248	80.279	80.272
q	Jumlah kandungan rongga (%)	5.31	5.27	5.28
r	% rongga thd agregat VMA	19.75	19.72	19.73
s	% rongga terisi aspal VFA	73.14	73.28	73.25
t	% rongga dlm campuran VIM	5.31	5.27	5.28
u	Pembacaan arloji stabilitas	117.00	115.00	118.00
v	lbf	3935.18	3867.91	3968.81
w	kg	1750.4	1720.5	1765.4
x	koreksi (tebal)	1.100	1.113	1.069
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1925.53	1914.44	1887.01
z	Flow	3.80	4.10	4.10
aa	Marshall Quotient	506.72	466.94	460.25

**Tabel 4.32** Hasil pengujian Test Marshall 30 Menit Mencari Kadar Aspal  
Optimum Kadar Aspal 7 %

<b>Kadar Aspal</b>		<b>7 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
a	Diameter (mm)	101.80	102.00	102.00
b	Tinggi 1 (mm)	59.10	60.10	61.40
c	Tinggi 2 (mm)	61.10	60.70	60.50
d	Tinggi 3 (mm)	60.05	60.75	61.10
e	Tinggi 4 (mm)	58.80	60.70	61.30
f	Tinggi rata-rata (mm)	59.76	60.56	61.08
g	% aspal thd agregat	7.53	7.53	7.53
h	% aspal thd campuran	7.00	7.00	7.00
i	Berat sampel (gram)	1176.8	1185.5	1170.5
j	Berat SSD (gram)	1196.2	1205.6	1190.3
k	Berat dalam air (gram)	683.5	689.2	680.4
l	Isi (gram)	512.7	516.4	509.9
m	Berat isi	2.295	2.296	2.296
n	BJ maksimum teoritis	2.395	2.395	2.395
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	15.635	15.637	15.636
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	80.217	80.231	80.225
q	Jumlah kandungan rongga (%)	4.149	4.132	4.138
r	% rongga thd agregat VMA	19.78	19.77	19.77
s	% rongga terisi aspal VFA	79.03	79.10	79.07
t	% rongga dlm campuran VIM	4.15	4.13	4.14
u	Pembacaan arloji stabilitas	98.00	95.00	100.00
v	lbf	3296.13	3195.23	3363.40
w	kg	1466.2	1421.30	1496.11
x	koreksi (tebal)	1.098	1.077	1.064
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1610.36	1530.80	1591.39
z	Flow	4.00	4.40	4.60
aa	Marshall Quotient	402.59	347.91	345.96

**Tabel 4.33** Hasil pengujian Test Marshall 30 Menit Mencari Kadar Aspal  
Optimum Kadar Aspal 7,5 %

<b>Kadar Aspal</b>		<b>7,5 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
a	Diameter (mm)	101.80	101.90	101.90
b	Tinggi 1 (mm)	60.90	59.90	61.70
c	Tinggi 2 (mm)	59.10	60.50	60.00
d	Tinggi 3 (mm)	58.80	61.10	60.00
e	Tinggi 4 (mm)	58.70	60.00	60.75
f	Tinggi rata-rata (mm)	59.38	60.38	60.61
g	% aspal thd agregat	8.11	8.11	8.11
h	% aspal thd campuran	7.50	7.50	7.50
i	Berat sampel (gram)	1178.9	1177.8	1163.9
j	Berat SSD (gram)	1194.4	1192.6	1178.8
k	Berat dalam air (gram)	683.3	681.7	673.9
l	Isi (gram)	511.1	510.9	504.9
m	Berat isi	2.307	2.305	2.305
n	BJ maksimum teoritis	2.378	2.378	2.378
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	16.834	16.825	16.824
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	80.178	80.134	80.130
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2.988	3.041	3.047
r	% rongga thd agregat VMA	19.82	19.87	19.87
s	% rongga terisi aspal VFA	84.92	84.69	84.67
t	% rongga dlm campuran VIM	2.99	3.04	3.05
u	Pembacaan arloji stabilitas	88.00	85.00	90.00
v	lbf	2959.79	2858.89	3027.06
w	kg	1316.57	1271.69	1346.50
x	koreksi (tebal)	1.109	1.082	1.076
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1459.96	1375.94	1448.47
z	Flow	4.20	4.50	4.80
aa	Marshall Quotient	347.61	305.76	301.76

**Tabel 4.34** Hasil pengujian Test Marshall 30 Menit Mencari Kadar Aspal  
Optimum Kadar Aspal 8 %

<b>Kadar Aspal</b>		<b>8 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
a	Diameter (mm)	101.40	100.95	101.70
b	Tinggi 1 (mm)	62.00	62.40	60.50
c	Tinggi 2 (mm)	61.40	62.40	60.50
d	Tinggi 3 (mm)	60.00	60.70	61.10
e	Tinggi 4 (mm)	60.50	60.80	61.70
f	Tinggi rata-rata (mm)	60.98	61.58	60.95
g	% aspal thd agregat	8.70	8.70	8.70
h	% aspal thd campuran	8.00	8.00	8.00
i	Berat sampel (gram)	1178.6	1168.9	1176.7
j	Berat SSD (gram)	1192.4	1183.7	1190.9
k	Berat dalam air (gram)	682.1	677.4	681.2
l	Isi (gram)	510.3	506.3	509.7
m	Berat isi	2.310	2.309	2.309
n	BJ maksimum teoritis	2.361	2.361	2.361
o	$(g \cdot l) / b_j$ aspal)	17.980	17.972	17.972
p	$((100-g) \cdot l) / b_j$ agregat	79.849	79.818	79.814
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2.171	2.210	2.214
r	% rongga thd agregat VMA	20.15	20.18	20.19
s	% rongga terisi aspal VFA	89.23	89.05	89.03
t	% rongga dlm campuran VIM	2.17	2.21	2.21
u	Pembacaan arloji stabilitas	64.00	66.00	62.00
v	lbf	2152.58	2219.84	2085.31
w	kg	957.51	987.43	927.59
x	koreksi (tebal)	1.066	1.051	1.067
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1020.97	1037.60	989.67
z	Flow	4.50	4.60	4.75
aa	Marshall Quotient	226.88	225.57	208.35

#### 4.4.2 Perhitungan Interval Kepercayaan Perendaman 30 Menit

Dari data-data yang diperoleh dalam hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data-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-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data-data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar aspal 7 %.

**Tabel 4.35** Data Pengujian Kadar Aspal 7 %

No	Stabilitas (Kg)
1	1610,36
2	1530,80
3	1591,39

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

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\text{Jumlah stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1610,36+1530,8+1591,39}{3} \\ &= 1577,52 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$S = 41,55$$

$$\alpha = 0,975\%$$

$$Dk = n - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

$$\begin{aligned}t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} &= t_{(n-1; \frac{0,05}{2})} \\ &= t_{(2; 0,025)} \\ &= 4,30 \text{ (dari Tabel distribusi t)}\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\bar{x} = \text{Nilai Rata - Rata}$$

- S = Standart Deviasi  
 α = Tingkat signifikansi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

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

$$1474,29 < \mu < 1680,75$$

Jadi, dengan range Interval Kepercayaan pada stabilitas tersebut, didapatkan nilai pada variasi kadar aspal 7% memenuhi syarat. Data-data tersebut dilampirkan pada Tabel dibawah ini:

**Tabel 4.36** Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Aspal 7%

No	Stabilitas (Kg)
1	1610,36
2	1530,80
3	1591,39

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

**Tabel 4.37** Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Min	Max
1	1924.83	1882.10	42.90	0.975	2	4.30	1775.52	1988.68
2	1882.43							
3	1839.03							

**Tabel 4.38** Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal 6,5% (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Min	Max
1	1925.53	1908.99	19.83	0.975	2	4.30	1859.73	1958.26
2	1914.44							
3	1887.01							

**Tabel 4.39** Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	1610.36	1577.52	41.55	0.975	2	4.30	1474.29	1680.75
2	1530.80							
3	1591.39							

**Tabel 4.40** Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	1459.96	1428.12	45.56	0.975	2	4.30	1314.95	1541.29
2	1375.94							
3	1448.47							

**Tabel 4.41** Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	1020.97	1016.08	24.34	0.975	2	4.30	955.62	1076.54
2	1037.60							
3	989.67							

**Tabel 4.42** Nilai Interval Kepercayaan Data Stabilitas Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	1924.83	1925.53	1610.36	1459.96	1020.97
2	1882.43	1914.44	1530.80	1375.94	1037.60
3	1839.03	1887.01	1591.39	1448.47	989.67
Rata"	1882.10	1908.99	1577.52	1428.12	1016.08

**Tabel 4.43** Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	3.50	3.65	0.18	0.975	2	4.303	3.20	4.10
2	3.85							
3	3.60							

**Tabel 4.44** Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	3.80	4.00	0.17	0.975	2	4.303	3.57	4.43
2	4.10							
3	4.10							

**Tabel 4.45** Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	4.00	4.33	0.31	0.975	2	4.303	3.57	5.09
2	4.40							
3	4.60							

**Tabel 4.46** Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	4.20	4.50	0.30	0.975	2	4.303	3.75	5.25
2	4.50							
3	4.80							

**Tabel 4.47** Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	4.50	4.62	0.13	0.975	2	4.303	4.30	4.93
2	4.60							
3	4.75							

**Tabel 4.48** Nilai Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

No.	6%	6.50%	7%	7.50%	8%
1	3.5	3.8	4	4.2	4.5
2	3.85	4.1	4.4	4.5	4.6
3	3.6	4.1	4.6	4.8	4.75
Rata"	3.65	4	4.33	4.5	4.62

**Tabel 4.49** Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	6.35	6.32	0.03	0.975	2	4.303	6.24	6.40
2	6.30							
3	6.30							



**Tabel 4.50** Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	5.31	5.28	0.02	0.975	2	4.303	5.24	5.33
2	5.27							
3	5.28							

**Tabel 4.51** Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	4.15	4.14	0.01	0.975	2.00	4.303	4.12	4.16
2	4.13							
3	4.14							

**Tabel 4.52** Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.99	3.03	0.03	0.975	2	4.303	2.95	3.11
2	3.04							
3	3.05							

**Tabel 4.53** Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.17	2.20	0.02	0.975	2	4.303	2.14	2.26
2	2.21							
3	2.21							

**Tabel 4.54** Nilai Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal (Rendaman 30Menit)

No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	6.35	5.31	4.15	2.99	2.17
2	6.30	5.27	4.13	3.04	2.21
3	6.30	5.28	4.14	3.05	2.21
Rata"	6.32	5.28	4.14	3.03	2.20

**Tabel 4.55** Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	19.64	19.61	0.03	0.975	2	4.303	19.54	19.67
2	19.59							
3	19.59							

**Tabel 4.56** Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	19.75	19.73	0.02	0.975	2	4.303	19.69	19.77
2	19.72							
3	19.73							

**Tabel 4.57** Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	19.78	19.78	0.01	0.975	2	4.303	19.76	19.79
2	19.77							
3	19.77							

**Tabel 4.58** Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	19.82	19.85	0.03	0.975	2	4.303	19.79	19.92
2	19.87							
3	19.87							

**Tabel 4.59** Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	20.15	20.17	0.02	0.975	2	4.303	20.13	20.22
2	20.18							
3	20.19							

**Tabel 4.60** Nilai Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	19.64	19.75	19.78	19.82	20.15
2	19.59	19.72	19.77	19.87	20.18
3	19.59	19.73	19.77	19.87	20.19
Rata"	19.61	19.73	19.78	19.85	20.17

**Tabel 4.61** Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	549.95	516.58	30.91	0.975	2	4.303	439.80	593.36
2	488.94							
3	510.84							

**Tabel 4.62** Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	506.72	477.97	25.12	0.975	2	4.303	415.56	540.38
2	466.94							
3	460.25							

**Tabel 4.63** Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	402.59	365.48	32.15	0.975	2	4.303	285.62	445.35
2	347.91							
3	345.96							

**Tabel 4.64** Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	347.61	318.38	25.39	0.975	2	4.303	255.30	381.46
2	305.76							
3	301.76							

**Tabel 4.65** Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	226.88	220.27	10.34	0.975	2	4.303	194.58	245.95
2	225.57							
3	208.35							

**Tabel 4.66** Nilai Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	549.95	506.72	402.59	347.61	226.88
2	488.94	466.94	347.91	305.76	225.57
3	510.84	460.25	345.96	301.76	208.35
Rata"	516.58	477.97	365.48	318.38	220.27

**Tabel 4.67** Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	67.64	67.78	0.12	0.975	2	4.30	67.48	68.07
2	67.85							
3	67.84							

**Tabel 4.68** Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	73.14	73.22	0.08	0.975	2	4.30	73.03	73.41
2	73.28							
3	73.25							

**Tabel 4.69** Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	79.03	79.07	0.04	0.975	2	4.30	78.98	79.15
2	79.10							
3	79.07							

**Tabel 4.70** Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	84.92	84.76	0.14	0.975	2	4.30	84.41	85.11
2	84.69							
3	84.67							

**Tabel 4.71** Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	89.23	89.10	0.11	0.975	2	4.30	88.84	89.37
2	89.05							
3	89.03							

**Tabel 4.72** Nilai Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	67.64	73.14	79.03	84.92	89.23
2	67.85	73.28	79.10	84.69	89.05
3	67.84	73.25	79.07	84.67	89.03
Rata"	67.78	73.22	79.07	84.76	89.10

**Tabel 4.73** Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal 6 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.275	2.276	0.00079	0.975	2	4.303	2.274	2.278
2	2.276							
3	2.276							

**Tabel 4.74** Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal 6,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.284	2.284	0.00047	0.975	2	4.303	2.283	2.286
2	2.285							
3	2.285							

**Tabel 4.75** Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal 7 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.30	2.30	0.00	0.975	2	4.303	2.295	2.296
2	2.30							
3	2.30							

**Tabel 4.76** Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal 7,5 % (Rendaman 30 Menit)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.31	2.31	0.001	0.975	2	4.303	2.304	2.308
2	2.31							
3	2.31							

**Tabel 4.77** Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal 8 % (Rendaman 30 Menit)

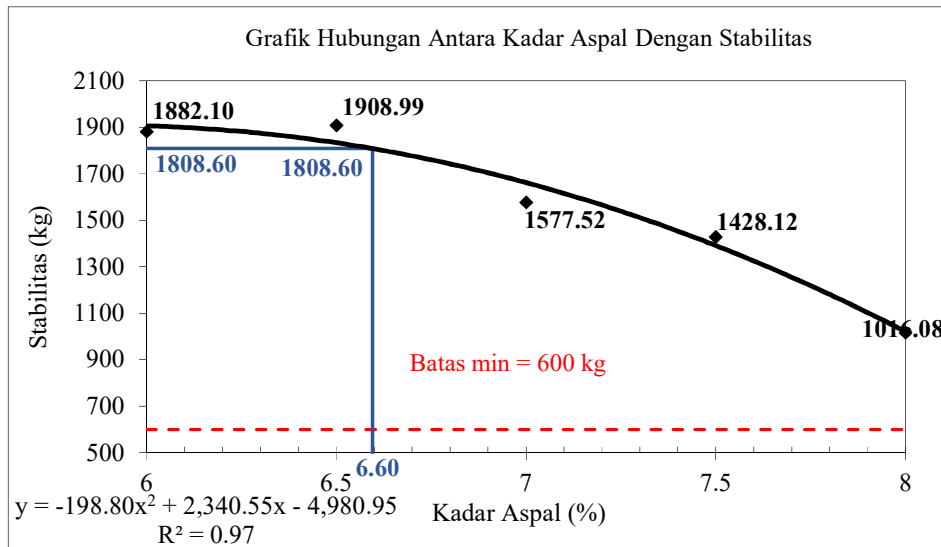
No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.31	2.31	0.001	0.975	2	4.303	2.308	2.310
2	2.31							
3	2.31							

**Tabel 4.78** Nilai Interval Kepercayaan Density Kadar Aspal (Rendaman 30 Menit)

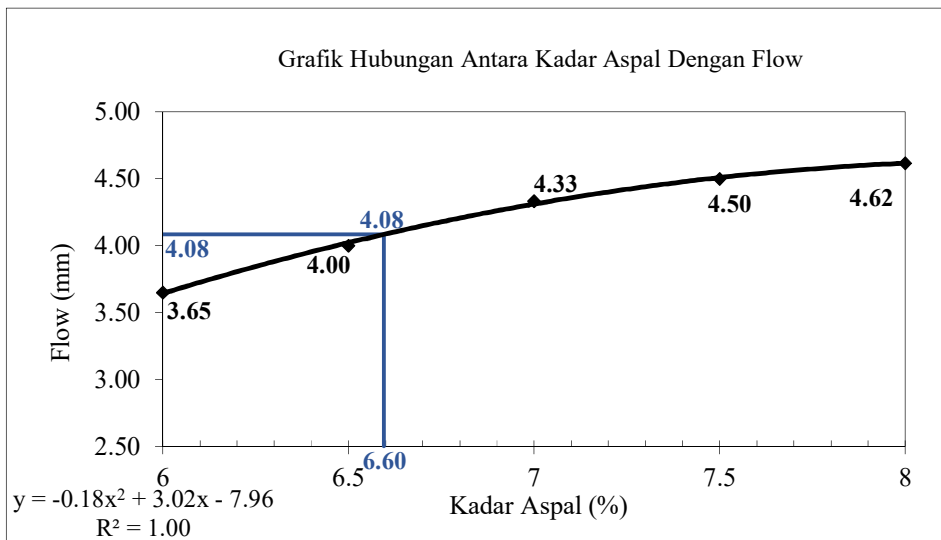
No.	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
1	2.28	2.28	2.30	2.31	2.31
2	2.28	2.28	2.30	2.31	2.31
3	2.28	2.28	2.30	2.31	2.31
Rata"	2.28	2.28	2.30	2.31	2.31

#### 4.4.3 Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) Rendaman 30 Menit

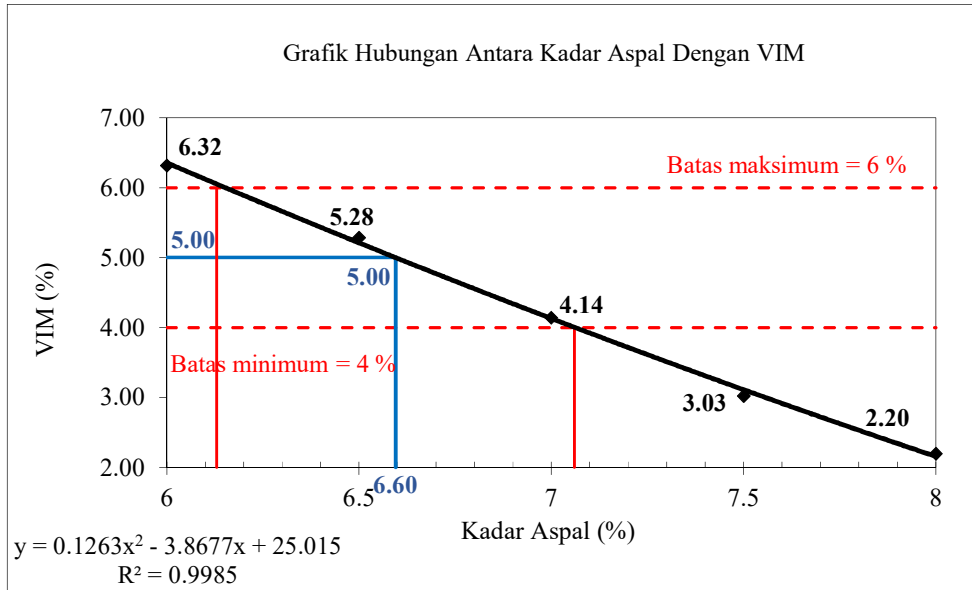
Perhitungan untuk mencari kadar aspal optimum didasarkan pada hasil dari perhitungan parameter marshall yang digambarkan dengan grafik-grafik dibawah ini:



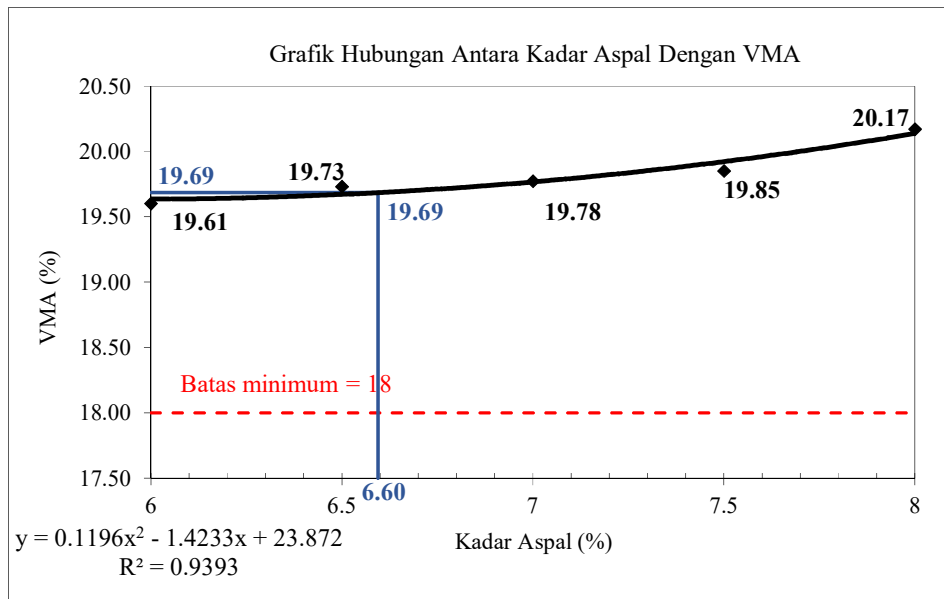
**Grafik 4.2** Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas 30 Menit



**Grafik 4.3** Hubungan Kadar Aspal Dengan Flow 30 Menit

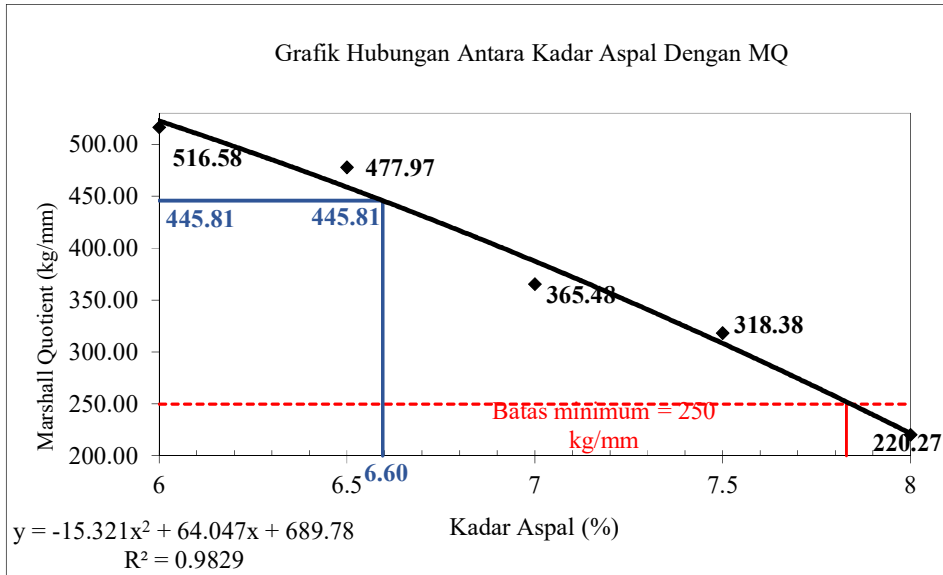


**Grafik 4.4** Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM 30 Menit

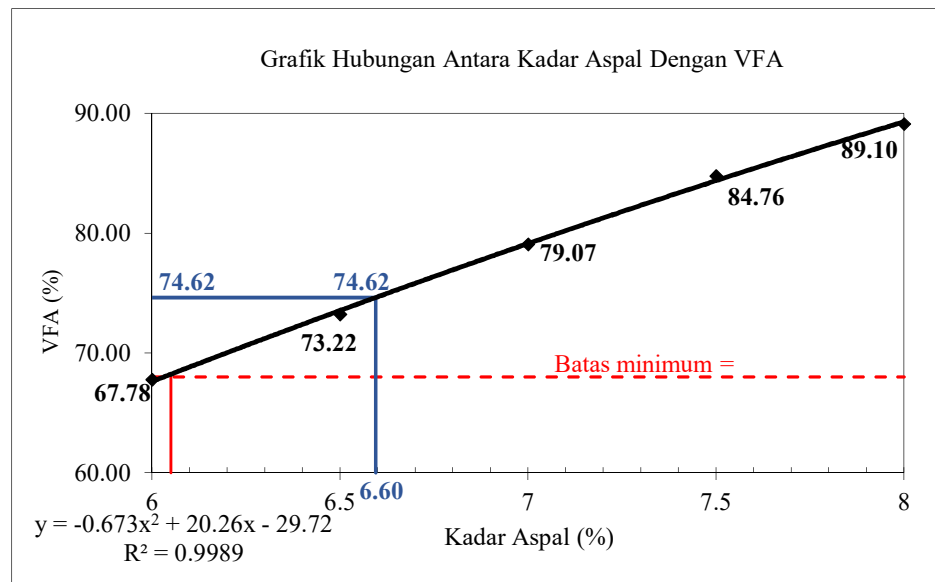


**Grafik 4.5** Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA 30 Menit

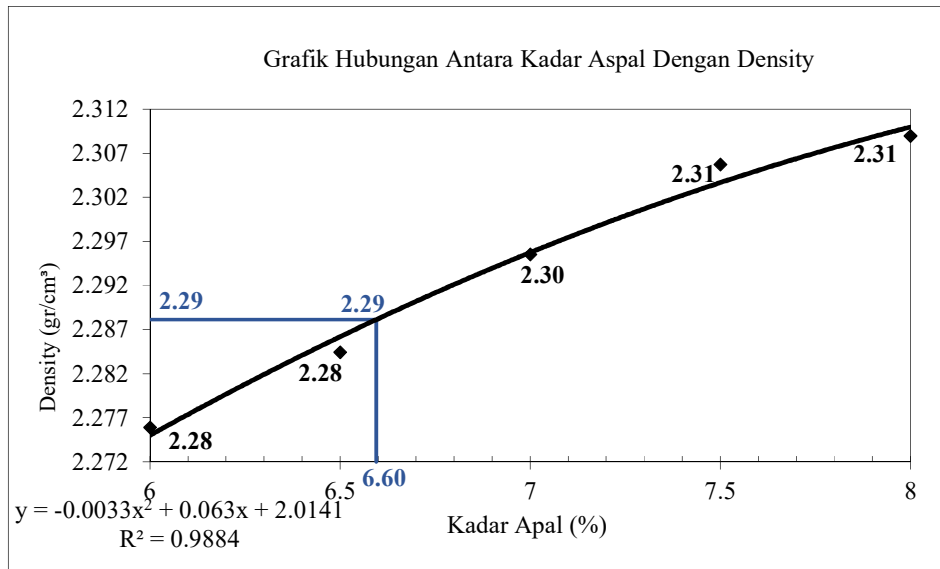




**Grafik 4.6** Hubungan Kadar Aspal Dengan *Marshall Quotient* 30 Menit

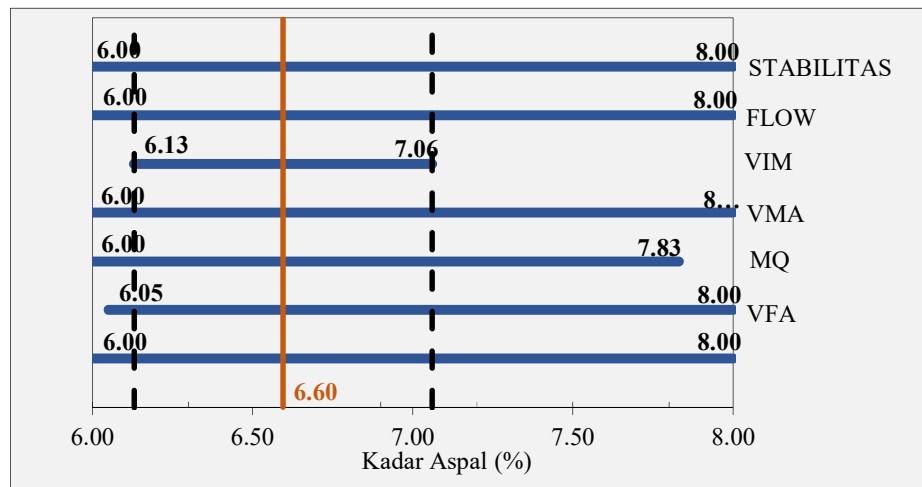


**Grafik 4.7** Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA 30 Menit



**Grafik 4.8** Hubungan Kadar Aspal Dengan Density 30 Menit

Berdasarkan Grafik Diatas Di Peroleh Kadar Aspal Optimum Sebagai Berikut:



**Grafik 4.9** Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

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

$$\frac{a+b}{2} = \frac{6,13\% + 7,06\%}{2}$$

$$= 6,60 \%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) pada rendaman 30 menit sebesar 6,60 % dengan nilai parameter *Marshall Test*.

#### 4.4.4 Data Hasil Test Marshall 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 Optimum	= 6,6 %
Nomor Benda Uji	= 1
a. Diameter	= 10,18 cm
b. Tinggi 1	= 6,2 cm
c. Tinggi 2	= 6,1 cm
d. Tinggi 3	= 6,13 cm
e. Tinggi 4	= 6,24 cm
f. Tinggi Rata-Rata (mm)	$= \left( \frac{6,2 + 6,1 + 6,13 + 6,24}{4} \right) \times 10$ $= 6,168 \text{ cm} = 61,68 \text{ mm}$
g. % Aspal Thdp Agregat	$= \frac{\% \text{ Aspal}}{1200 - \% \text{ Aspal}} \times 100$ $= \frac{6,6\% \times 1200}{1200 - (6,6\% \times 1200)} \times 100 = 7,07 \%$
h. % Aspal Thdp Campuran	= 6,6 %
i. Berat Sampel (gram)	= 1177,9 gram
j. Berat SSD (gram)	= 1181,0 gram
k. Berat Dalam Air (gram)	= 676,5 gram
l. Isi (gram)	
	= Berat SSD – Berat Dalam Air
	= 1181,1 – 672,5 = 504,5 gram
m. Berat Isi	
	$= \frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Isi}}$
	$= \frac{1181,1}{504,5} = 2,335 \text{ gram/cm}^3$
n. Berat Jenis Maksimum Teoritis	

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat} + \% \text{ aspal}}{\text{BJ agregat} + \text{BJ aspal}}}$$

$$= \frac{100}{\left( \frac{23,05 \times \left( \frac{100-7,07}{100} \right)}{2,67} + \frac{13,40 \times \left( \frac{100-6,6}{100} \right)}{2,70} + \frac{37,75 \times \left( \frac{100-7,07}{100} \right)}{2,64} + \frac{28,80 \times \left( \frac{100-6,06}{100} \right)}{2,64} \right) + \left( \frac{6,06}{1,125} \right)}$$

$$= 2,405$$

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

$$= \frac{6,6 \times 2,335}{1,125} = 14,995$$

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

$$= \frac{(100 - 6,06) \times 2,335}{2,66} = 82,098$$

q. Jumlah Kandungan Rongga (%)

$$= 100 - o - p$$

$$= 100 - 14,995 - 82,098 = 2,91\%$$

r. % Rongga Terhadap Agregat VMA

$$= 100 - p$$

$$= 100 - 82,098 = 17,902 \%$$

s. Rongga Terisi Aspal VFA

$$= \frac{100 \times o}{r} = \frac{100 \times 14,995}{17,902} = 83,76 \%$$

t. % Rongga Dalam Campuran VIM

$$= 100 - \left[ 100 \times \left( \frac{m}{n} \right) \right]$$

$$= 100 - \left[ 100 \times \left( \frac{2,335}{2,405} \right) \right] = 2,902 \%$$

u. Pembacaan Arloji Stabilitas = 119 Div

v. Lbf

$$= \text{Pembacaan arloji stabilitas} \times \text{Faktor kalibrasi provingring}$$

$$= 119 \text{ Div} \times 28,77 \text{ lbf/Div} = 3423,6 \text{ lbf}$$

w. Kg = 3423,6 x 0,44482 = 1522,9 kg

$$\begin{aligned}
 \text{x. Koreksi (tebal)} &= 1,048 \\
 \text{y. Stabilitas (dengan Koreksi)} &= \text{Kg} \times \text{Koreksi (tebal)} \\
 &= 1522,9 \times 1,048 \\
 &= 1596 \text{ kg} \\
 \text{z. Flow} &= 3,0 \text{ mm} \\
 \text{aa. Marshall Quotient} &= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \\
 &= \frac{1596}{3} = 532,13 \text{ kg/mm.}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.79** Perhitungan Marshall Test Campuran ATB Rendaman 24 jam

Kadar Aspal Optimum		6.6 %		
		A	B	C
No. Benda Uji				
a	Diameter (mm)	101.80	101.40	102.20
b	Tinggi 1 (mm)	62.00	66.00	60.30
c	Tinggi 2 (mm)	61.00	64.00	60.90
d	Tinggi 3 (mm)	61.30	63.20	61.00
e	Tinggi 4 (mm)	62.40	64.20	61.30
f	Tinggi rata-rata (mm)	61.68	64.35	60.88
g	% aspal thd agregat	7.07	7.07	7.07
h	% aspal thd campuran	6.60	6.60	6.60
i	Berat sampel (gram)	1177.9	1197.2	1174.7
j	Berat SSD (gram)	1181.0	1203.4	1179.3
k	Berat dalam air (gram)	676.5	679.2	67.9
l	Isi (gram)	504.50	524.20	1111.40
m	Berat isi (gr/cm <sup>3</sup> )	2.335	2.284	1.057
n	BJ maksimum teoritis	2.405	2.405	2.405
o	(g*1)/bj aspal	14.995	14.668	6.788
p	((100-g)*1)/bj agregat	82.098	80.307	37.166
q	Jumlah kandungan rongga (%)	2.91	5.03	56.05
r	% rongga thd agregat VMA	17.902	19.693	62.834
s	% rongga terisi aspal VFA	83.760	74.482	10.803
t	% rongga dlm campuran VIM	2.902	5.019	56.044
u	Pembacaan arloji stabilitas	119.00	118.00	92.00
v	lbf	3423.6	3394.9	2646.8
w	kg	1522.90	1510.10	1177.37

Kadar Aspal Optimum		6.6 %		
No. Benda Uji		A	B	C
x	koreksi (tebal)	1.048	0.980	1.069
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1596	1479	1258
z	Flow	3	3.15	4.72
aa	Marshall Quotient	532.13	469.68	266.62

#### 4.4.5 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 6,60%.

**Tabel 4.80** Data Pengujian Kadar Aspal 6,6%

No	Stabilitas (Kg)
1	1596
2	1479
3	1258

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

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\text{jumlah stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1596+1579+1258}{3} \\ &= 1444,7 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{(1596-1479)^2+\dots+(1479-1258)^2}{3-1}} \\ &= 171,61\end{aligned}$$

$$p = 0,975\%$$

$$Dk = n - 1 = 3 - 1$$

$$= 2$$

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

Keterangan :

$\bar{x}$  = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

$\alpha$  = Tingkat singnifikasi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \\ 1444,7 - 4,30 \cdot \frac{171,61}{\sqrt{3}} < \mu < 144,7 + 4,30 \cdot \frac{171,61}{\sqrt{3}} \\ 1018,46 < \mu < 1871,08 \end{aligned}$$

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 4.81** Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Aspal Optimum 6,60%

No	Stabilitas (Kg)
1	1596,38
2	1479,48
3	1258,46

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

**Tabel 4.82** Interval Kepercayaan Stabilitas KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	1596.38	1444.77	171.61	0.975	2	4.30	1018.46	1871.08
2	1479.48							
3	1258.46							

**Tabel 4.83** Interval Kepercayaan Flow KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	3.00	3.62	0.95	0.975	2	4.303	1.26	5.99
2	3.15							
3	4.72							

**Tabel 4.84** Interval Kepercayaan VIM KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.90	21.32	30.09	0.975	2	4.303	-53.42	96.07
2	5.02							
3	56.04							

**Tabel 4.85** Interval Kepercayaan VMA KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	17.90	33.48	25.44	0.975	2	4.303	-29.72	96.67
2	19.69							
3	62.83							

**Tabel 4.86** Interval Kepercayaan MQ KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	532.13	422.81	138.82	0.975	2	4.303	77.96	767.65
2	469.68							
3	266.62							



**Tabel 4.87** Interval Kepercayaan VFA KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	83.76	56.35	39.72	0.975	2	4.303	-42.31	155.01
2	74.48							
3	10.80							

**Tabel 4.88** Interval Kepercayaan Density KAO 6,6 % (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.335	1.892	0.72350	0.975	2	4.303	0.095	3.689
2	2.284							
3	1.057							

#### 4.5 Perhitungan Mencari Kadar Variasi Optimum (KVO)

##### 4.5.1 Komposisi Campuran Aspal Agregat 0/5 Batu kapur

Setelah proporsi prosentase masing-masing agregat dan KAO sudah diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan penggantian agregat batu kapur 0/5 dengan variasi kadar campuran diantaranya 25 %, 50 %, 75 %, dan 100%

**Tabel 4.89** Komposisi Campuran Aspal Dalam Persen (%)

Komposisi campuran dalam persen					
Variasi batu kapur (%)	0	25	50	75	100
CA10/10 (%)	21.18	21.18	21.18	21.18	21.18
MA5/10	22.51	22.51	22.51	22.51	22.51
FA0/5 NORMAL	54.82	41.11	27.41	13.70	0.00
FA 0/5 BP	0.00	13.70	27.41	41.11	54.82
FF	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

**Tabel 4.90** Perencanaan Komposisi Penggantian Agregat

Variasi batu kapur (gr)	25	50	75	100
Persentase Aspal Optimum	6.60			
CA10/10	237.37	237.37	237.37	237.37
MA5/10	252.27	252.27	252.27	252.27
FA0/5 NORMAL	460.80	307.20	153.60	0.00
FA 0/5 BP	153.60	307.20	460.80	614.40

Variasi batu kapur (gr)	25	50	75	100
Persentase Aspal Optimum	<b>6.60</b>			
FF	16.81	16.81	16.81	16.81
TOTAL Agregat	1120.86	1120.86	1120.86	1120.86
berat aspal (gram)	79.14	79.14	79.14	79.14
berat agregat (gram)	1120.86	1120.9	1120.9	1120.9
Total (gram)	1200	1200	1200	1200

<b>BERAT ASPAL (gram)</b>	67.08
<b>BERAT AGREGAT (gram)</b>	1132.92
<b>TOTAL</b>	1200

$$\begin{aligned}
 \text{Total Prosentase} &= \text{CA } 10/10 + \text{MA } 5/10 + \text{FA } 0/5 + \text{FF} \\
 &= 21,18\% + 22,51\% + 54,82\% + 1,50 \\
 &= 100 \% \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan agregat batu kapur 0/5 kadar aspal 25 %

$$\begin{aligned}
 \text{CA } 10/10 &= (\text{CA } 10/10 \times \text{berat total agregat}) / 100 \\
 &= (21,18 \% \times 1120,86) / 100 \\
 &= 237,37 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MA } 5/10 &= (\text{MA} \times \text{berat total agregat}) / 100 \\
 &= (22,51 \% \times 1120,86) / 100 \\
 &= 252,27 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FA } 0/5 \text{ N} &= (\text{FA} \times \text{berat total agregat}) / 100 \\
 &= (54,82 \% \times 1120,86) / 100 \\
 &= 460,80 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FA } 0/5 \text{ BP} &= (\text{FA} \times \text{berat total agregat}) / 100 \\
 &= (54,82 \% \times 1120,86) / 100 \\
 &= 460,80 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FF (Filler)} &= (\text{FF} \times \text{berat total agregat}) / 100 \\
 &= (1,50 \% \times 1120,86) / 100 \\
 &= 16.81 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\text{KAO} = (\text{KAO} \times \text{berat total agregat}) / 100$$

$$= (6,60 \times 1200) / 100$$

$$= 79,14 \text{ gram}$$

Berat Komposisi = Berat Aspal + Berat Agregat

$$= 1120,86 + 79,14$$

$$= 1200 \text{ gram (Memenuhi)}$$

#### 4.5.2 Data Hasil Test Marshall Batu kapur (0/5) Rendaman 30 Menit

Hasil dari pengujian test marshall batu kapur pada rendaman 30 menit dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.91** Data Hasil Test Marshall 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum 6,60 % Penggantian Agregat 0/5 dalam komposisi campuran aspal 25 %

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	101.10	101.90	101.80
b	Tinggi 1 (cm)	61.30	61.80	62.40
c	Tinggi 2 (cm)	60.00	60.70	63.30
d	Tinggi 3 (cm)	60.00	61.10	63.00
e	Tinggi 4 (cm)	62.00	61.60	63.00
f	Tinggi rata-rata (mm)	60.83	61.30	62.93
g	Tinggi rata-rata (cm)	7.07	7.07	7.07
h	Volume Benda Uji (cm <sup>3</sup> )	6.60	6.60	6.60
I	% aspal thd agregat	1191.8	1160.2	1155.0
j	% aspal thd campuran	1212.6	1181.3	1175.8
k	Berat sampel (gram)	688.5	670.9	667.6
l	Berat SSD (gram)	524.1	510.4	508.2
m	Berat dalam air (gram)	2.274	2.273	2.273
n	Isi (gram)	2.384	2.384	2.384
o	Berat isi	14.202	14.197	14.195
p	BJ maksimum teoritis	81.168	81.137	81.123
q	(g*1)/bj aspal)	4.63	4.67	4.68
r	((100-g)*1)/bj agregat	18.832	18.863	18.877
s	Jumlah kandungan rongga (%)	75.416	75.262	75.193
t	% rongga thd agregat VMA	4.630	4.666	4.683
u	% rongga terisi aspal VFA	106.00	116.00	113.00

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
v	% rongga dlm campuran VIM	3565.20	3901.54	3800.64
w	Pembacaan arloji stabilitas	1585.9	1735.5	1690.6
x	Lbf	1.066	1.053	1.012
y	Kg	1689.90	1827.39	1711.70
z	koreksi (tebal)	3.70	3.70	3.80
aa	Stabilitas lbf (dg koreksi)	456.73	493.89	450.45

**Tabel 4.92** Data Hasil Test Marshall 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum 6,60 % Penggantian Agregat 0/5 dalam komposisi campuran aspal 50 %

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	101.10	102.30	101.30
b	Tinggi 1 (cm)	63.80	66.90	68.20
c	Tinggi 2 (cm)	70.80	65.20	67.90
d	Tinggi 3 (cm)	69.80	65.20	66.40
e	Tinggi 4 (cm)	66.60	66.40	66.20
f	Tinggi rata-rata (mm)	67.75	65.93	67.18
g	Tinggi rata-rata (cm)	7.07	7.07	7.07
h	Volume Benda Uji (cm <sup>3</sup> )	6.60	6.60	6.60
I	% aspal thd agregat	1181.9	1190.1	1185.0
j	% aspal thd campuran	1196.7	1205.2	1199.8
k	Berat sampel (gram)	674.0	679.1	675.8
l	Berat SSD (gram)	522.7	526.1	524
m	Berat dalam air (gram)	2.261	2.262	2.261
n	Isi (gram)	2.384	2.384	2.384
o	Berat isi	14.122	14.128	14.124
p	BJ maksimum teoritis	80.709	80.744	80.720
q	(g*l)/bj aspal)	5.169	5.128	5.156
r	((100-g)*l)/bj agregat	19.291	19.256	19.280
s	Jumlah kandungan rongga (%)	73.207	73.370	73.258
t	% rongga thd agregat VMA	5.169	5.128	5.156
u	% rongga terisi aspal VFA	105.00	104.00	100.00
v	% rongga dlm campuran VIM	3531.57	3497.94	3363.40

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
w	Pembacaan arloji stabilitas	1570.9	1555.95	1496.11
x	Lbf	0.910	0.946	0.921
y	Kg	1429.34	1472.57	1378.18
z	koreksi (tebal)	3.70	4.00	4.00
aa	Stabilitas lbf (dg koreksi)	386.31	368.14	344.54

**Tabel 4.93** Data Hasil Test Marshall 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum 6,60 % Penggantian Agregat 0/5 dalam komposisi campuran aspal 75 %

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
a	Diameter (cm)	101.50	102.20	102.00
b	Tinggi 1 (cm)	62.20	60.50	60.00
c	Tinggi 2 (cm)	60.80	62.00	61.10
d	Tinggi 3 (cm)	61.40	61.10	63.00
e	Tinggi 4 (cm)	64.20	62.00	62.70
f	Tinggi rata-rata (mm)	62.15	61.40	61.70
g	Tinggi rata-rata (cm)	7.07	7.07	7.07
h	Volume Benda Uji (cm <sup>3</sup> )	6.60	6.60	6.60
I	% aspal thd agregat	1174.4	1176.4	1173.3
j	% aspal thd campuran	1189.3	1190.5	1187.8
k	Berat sampel (gram)	667.5	667.6	666.4
l	Berat SSD (gram)	521.8	522.9	521.4
m	Berat dalam air (gram)	2.251	2.250	2.250
n	Isi (gram)	2.384	2.384	2.384
o	Berat isi	14.057	14.051	14.054
p	BJ maksimum teoritis	80.335	80.303	80.322
q	(g*l)/bj aspal)	5.608	5.646	5.624
r	((100-g)*l)/bj agregat	19.665	19.697	19.678
s	Jumlah kandungan rongga (%)	71.482	71.336	71.421
t	% rongga thd agregat VMA	5.608	5.646	5.624
u	% rongga terisi aspal VFA	66.00	70.00	71.00
v	% rongga dlm campuran VIM	2219.84	2354.38	2388.01
w	Pembacaan arloji stabilitas	987.43	1047.28	1062.24
x	Lbf	1.031	1.050	1.043

<b>Kadar Aspal Optimum</b>		<b>6,60 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
y	Kg	1018.32	1100.00	1107.50
z	koreksi (tebal)	4.20	4.10	4.40
aa	Stabilitas lbf (dg koreksi)	242.46	268.29	251.70

**Tabel 4.94** Data Hasil Test Marshall 30 Menit Dengan Kadar Aspal Optimum 6,60 % Penggantian Agregat 0/5 dalam komposisi campuran aspal 100 %

<b>Kadar Aspal Optimum</b>		<b>6,60 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
a	Diameter (mm)	102.20	101.90	101.10
b	Tinggi 1 (mm)	59.90	60.50	61.00
c	Tinggi 2 (mm)	60.50	61.60	62.00
d	Tinggi 3 (mm)	61.40	63.80	62.00
e	Tinggi 4 (mm)	59.10	63.00	63.50
f	Tinggi rata-rata (mm)	60.23	62.23	62.13
g	% aspal thd agregat	7.07	7.07	7.07
h	% aspal thd campuran	6.60	6.60	6.60
I	Berat sampel (gram)	1157.2	1180.6	1174.0
j	Berat SSD (gram)	1173.0	1195.8	1189.8
k	Berat dalam air (gram)	653.5	665.7	663.2
l	Isi (gram)	519.5	530.1	526.6
m	Berat isi	2.228	2.227	2.229
n	BJ maksimum teoritis	2.384	2.384	2.384
o	$(h*m)/bj$ aspal	13.912	13.910	13.924
p	$((100-h)*m)/bj$ agregat	79.509	79.495	79.576
q	Jumlah kandungan rongga (%)	6.579	6.595	6.500
r	% rongga thd agregat VMA	20.491	20.505	20.424
s	% rongga terisi aspal VFA	67.895	67.836	68.174
t	% rongga dlm campuran VIM	6.579	6.595	6.500
u	Pembacaan arloji stabilitas	65.00	66.00	62.00
v	lbf	2186.21	2219.84	2085.31
w	kg	972.47	987.43	927.59
x	koreksi (tebal)	1.082	1.029	1.032
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1052.35	1016.49	957.18

Kadar Aspal Optimum		6,60 %		
No. Benda Uji		1	2	3
z	Flow	4.40	4.50	4.80
aa	Marshall Quotient	239.17	225.89	199.41

### 4.5.3 Interval Kepercayaan Kadar Variasi Batu Kapur 30 Menit

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan. Dengan menggunakan Interval Kepercayaan diharapkan data-data tersebut dapat mendekati angka valid. Dalam pengujian ini interval konfidensi 95%. Hal ini berarti bahwa angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah 5%, sedangkan sisanya 95% adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak digunakan, sehingga data-data yang memenuhi syarat yang diuji secara statistik. Berikut ini adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi kadar agregat 0/5 pada variasi 25 % sebagai berikut:

**Tabel 4.95** Data Pengujian kadar agregat 0/5 pada variasi 25 %

No	Stabilitas (Kg)
1	1689.90
2	1827.39
3	1711.70

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

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\text{Jumlah Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1689.90+1827.39+1711.70}{3} \\ &= 1742,99 \text{ Kg} \\ S &= \sqrt{\frac{(1689,90-1742,99)^2+\dots+(1711,70-1742,99)^2}{3-1}} \\ &= 73,90 \\ \alpha &= 0,975 \\ dk &= n - 1 \\ &= 3 - 1 \end{aligned}$$

$$= 2$$

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

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

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

Keterangan :

X = Nilai Rata - Rata

S = Standart Deviasi

$\alpha$  = Tingkat signifikansi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

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

$$1742,99 - (4,30 \times \frac{73,90}{\sqrt{2}}) < \mu < 1742,99 + (4,30 \times \frac{73,90}{\sqrt{2}})$$

$$1559,42 < \mu < 1926,56$$

Jadi, dengan range interval kepercayaan pada stabilitas tersebut, maka di dapat nilai pada variasi agregat batu kapur 25 % memenuhi syarat. Data-data tersebut dilampirkan pada Tabel dibawah ini:

**Tabel 4.96** Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Agregat Batu kapur 25 % Rendaman 30 Menit

No	Stabilitas
1	1689.90
2	1827.39
3	1711.70

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

**Tabel 4.97** Interval Kepercayaan Data Stabilitas (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	1742,99	73,90	0,975	2	4,30	1559,42	1926,56
50 %	1426,69	47,25	0,975	2	4,30	1309,32	1544,07
75 %	1075,27	49,46	0,975	2	4,30	952,40	1198,15
100 %	1008.87	48,07	0,975	2	4,30	889,27	1128,08



**Tabel 4.98** Validasi Data Stabilitas (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		STABILITAS			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(Kg)
25 %	1559,42	1926,56	1689,90	1827,39	1711,70	1742,99
50 %	1309,32	1544,07	1429,34	1472,57	1378,18	1426,69
75 %	952,40	1198,15	1018,32	1100,00	1107,50	1075,27
100 %	889,27	1128,08	1052,35	1016,49	957,18	1008,67

**Tabel 4.99** Interval Kepercayaan Data Flow (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	3,73	0,06	0,975	2	4,30	3,59	3,88
50 %	3,90	0,17	0,975	2	4,30	3,47	4,33
75 %	4,23	0,15	0,975	2	4,30	3,85	4,61
100 %	4,57	0,21	0,975	2	4,30	4,05	5,08

**Tabel 4.100** Validasi Data Flow (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		FLOW			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(mm)
25 %	3,59	3,88	3,70	3,70	3,80	3,73
50 %	3,47	4,33	3,70	4,00	4,00	3,90
75 %	3,85	4,61	4,20	4,10	4,40	4,23
100 %	4,05	5,08	4,40	4,50	4,80	4,57

**Tabel 4.101** Interval Kepercayaan Data VIM (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	4,66	0,03	0,975	2	4,30	4,59	4,73
50 %	5,15	0,02	0,975	2	4,30	5,10	5,20
75 %	5,63	0,02	0,975	2	4,30	5,58	5,67
100 %	6,56	0,05	0,975	2	4,30	6,43	6,68

**Tabel 4.102** Validasi Data VIM (Rendaman 30 Menit)

Kadar variasi %	Interval Kepercayaan		VIM			Rata - rata (%)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	
25 %	4,59	4,73	4,63	4,67	4,68	4,66
50 %	5,10	5,20	5,17	5,13	5,16	5,15
75 %	5,58	5,67	5,61	5,65	5,62	5,63
100 %	6,43	6,68	86,58	6,60	6,50	6,56

**Tabel 4.103** Interval Kepercayaan Data VMA (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	18,86	0,02	0,975	2	4,30	18,80	18,92
50 %	19,28	0,02	0,975	2	4,30	19,23	19,32
75 %	19,68	0,02	0,975	2	4,30	19,64	19,72
100 %	20,47	0,04	0,975	2	4,30	20,37	20,58

**Tabel 4.104** Validasi Data VMA (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		VMA			Rata - rata (%)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	
25 %	18,80	18,92	18,83	18,86	18,88	18,86
50 %	19,23	19,32	19,29	19,26	19,28	19,28
75 %	19,64	19,72	19,66	19,70	19,68	19,68
100 %	20,37	20,58	20,49	20,51	20,42	20,47

**Tabel 4.105** Interval Kepercayaan Data Marshall Quotient (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	467,02	23,48	0,975	2	4,30	408,70	525,35
50 %	366,33	20,94	0,975	2	4,30	314,31	418,35
75 %	254,15	13,09	0,975	2	4,30	221,63	286,67
100 %	221,49	20,24	0,975	2	4,30	171,21	271,77

**Tabel 4.106** Validasi Data Marshall Quotient (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		MQ			Rata - rata (kg/mm)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	
25 %	408,70	525,35	456,73	493,89	450,45	467,02
50 %	314,31	418,35	386,31	368,14	344,54	366,33
75 %	221,63	286,67	242,46	268,29	251,70	254,15
100 %	171,21	271,77	239,17	225,89	199,41	221,49

**Tabel 4.107** Interval Kepercayaan Data VFA (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	75,29	0,11	0,975	2	4,30	75,01	75,57
50 %	73,28	0,08	0,975	2	4,30	73,07	73,49
75 %	71,41	0,07	0,975	2	4,30	71,23	71,60
100 %	67,97	0,18	0,975	2	4,30	67,52	68,42

**Tabel 4.108** Validasi Data VFA (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		VFA			Rata - rata (%)
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	
25%	75,01	75,57	75,42	75,26	75,19	75,29
50%	73,07	73,49	73,21	73,37	73,26	73,28
75%	71,23	71,60	71,48	71,34	71,42	71,41
100%	67,52	68,42	67,90	67,84	68,17	67,97

**Tabel 4.109** Interval Kepercayaan Data Density (Rendaman 30 Menit)

Agregat batu kapur %	$\bar{x}$	s	$\alpha$	dk	$t_{0,975}$	Batas Min	Batas Max
25 %	2,273	0,00065	0,975	2	4,30	2,273	2,275
50 %	2,26	0,00	0,975	2	4,30	2,260	2,263
75 %	2,25	0,000	0,975	2	4,30	2,249	2,251
100 %	2,23	0,001	0,975	2	4,30	2,225	2,231

**Tabel 4.110** Validasi Data Density (Rendaman 30 Menit)

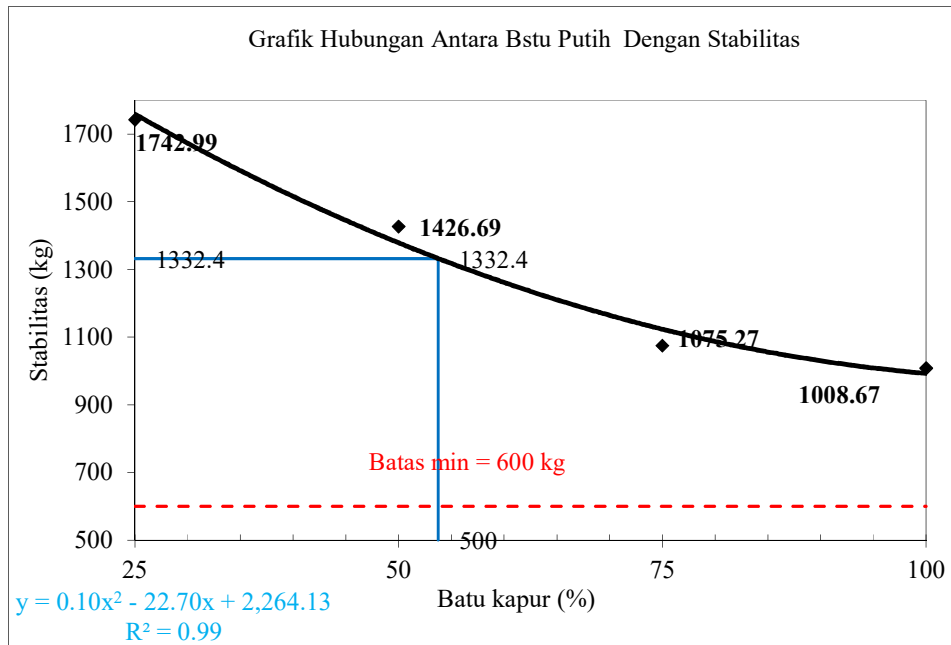
Agregat batu kapur %	Interval Kepercayaan		VFA			Rata - rata
	Batas Min	Batas Max	1	2	3	(%)
25 %	2,273	2,275	2,27	2,27	2,27	2,27
50 %	2,260	2,263	2,26	2,26	2,26	2,26
75 %	2,249	2,251	2,25	2,25	2,25	2,25
100 %	2,225	2,231	2,23	2,23	2,23	2,23

#### **4.6 Menentukan Kadar Variasi Optimum**

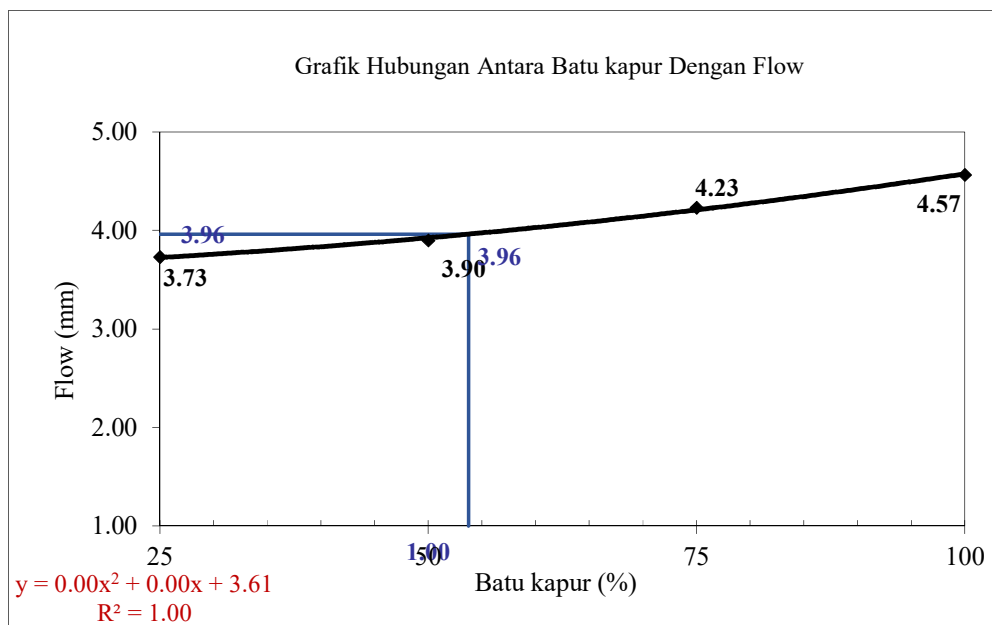
Berdasarkan data dari Tabel 4.98 sampai 4.121 diatas dapat dibuat grafik menggunakan program bantu microsoft excel. grafik tersebut menunjukkan hubungan antara lain:

- a) % Kadar penambahan dengan stabilitas
- b) % Kadar penambahan dengan flow
- c) % Kadar penambahan dengan VIM
- d) % Kadar penambahan dengan VMA
- e) % Kadar penambahan dengan MQ
- f) % Kadar penambahan dengan VFA

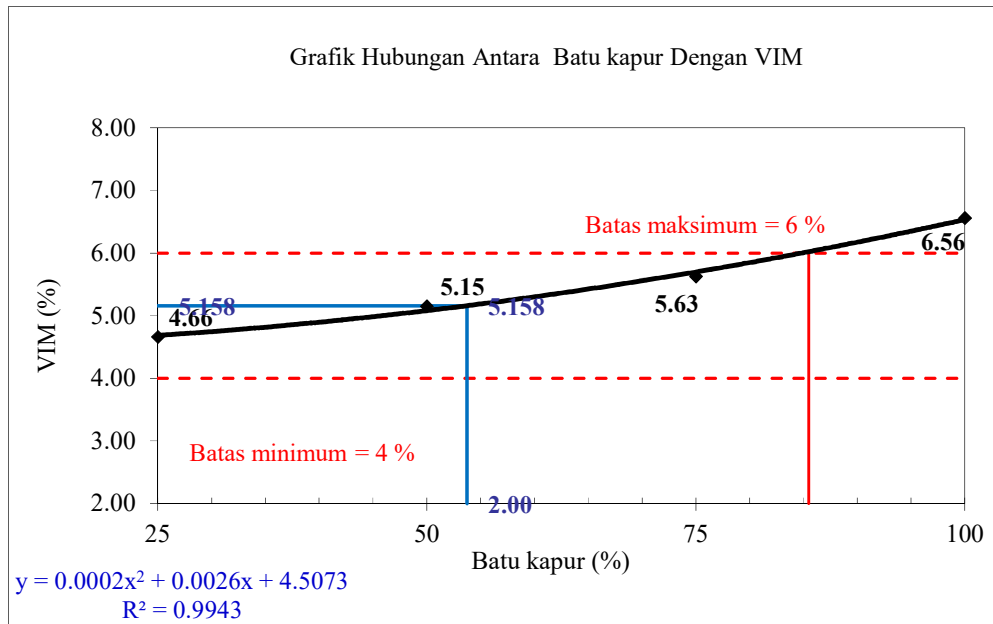
Penentuan kadar variasi optimum didasarkan pada hasil dari parameter Marshall Test dan lain-lain yang digambarkan dalam grafik di berikut ini:



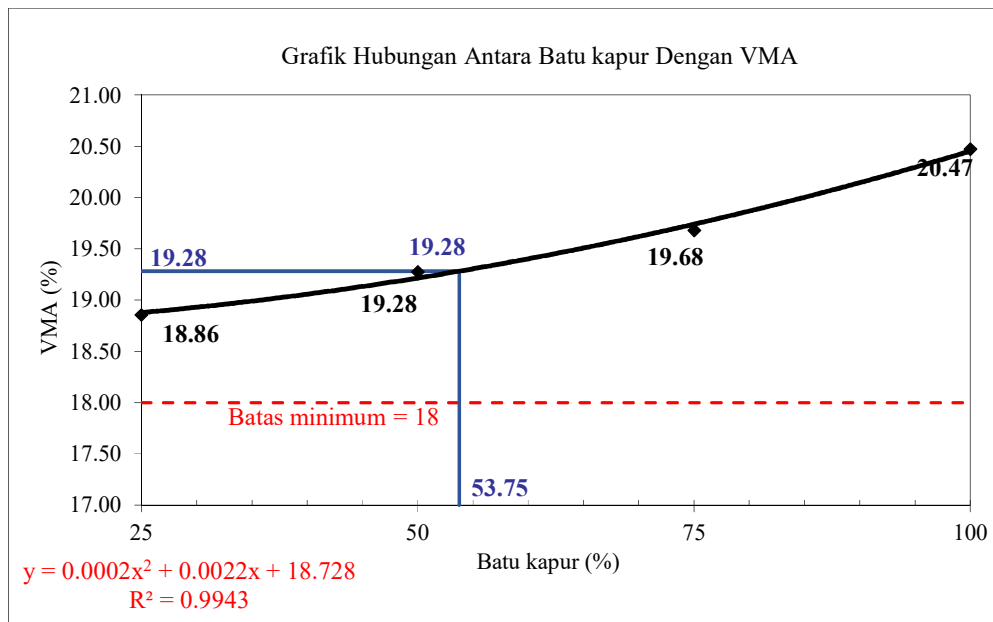
**Grafik 4.10** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap *Stabilitas* 30 Menit



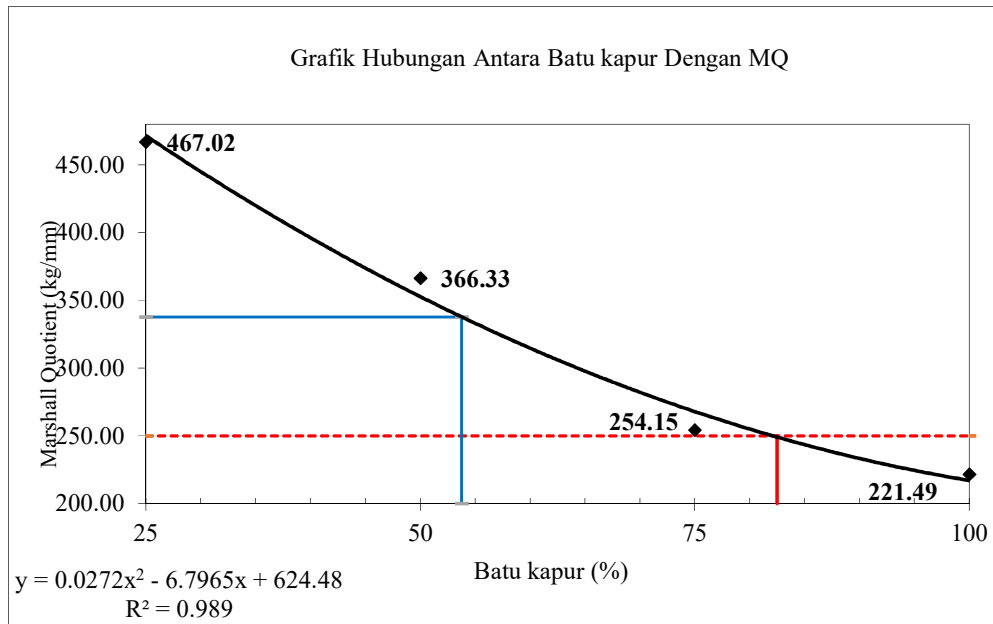
**Grafik 4.11** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap *Flow* 30 Menit



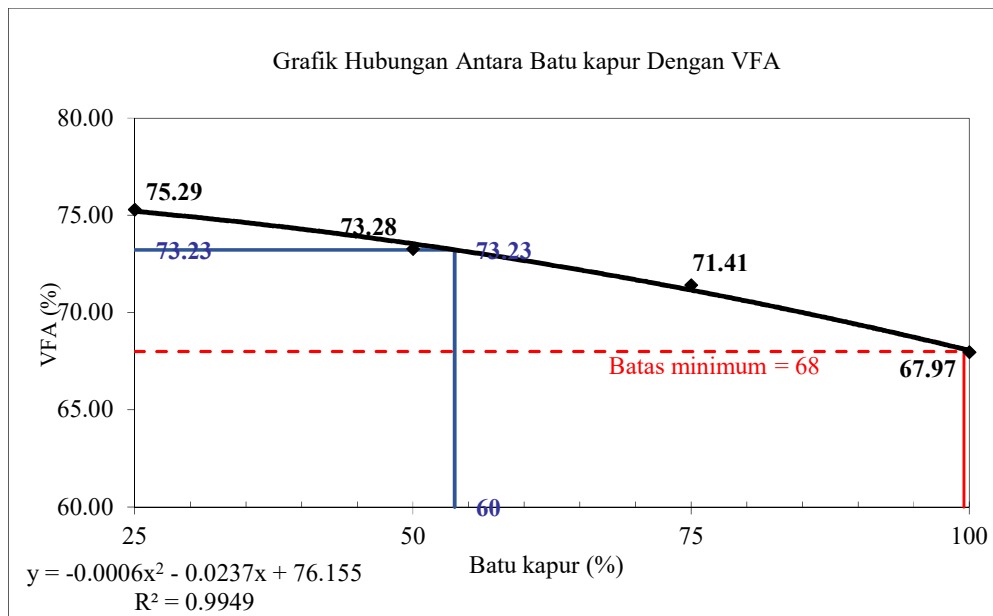
**Grafik 4.12** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap VIM 30 Menit



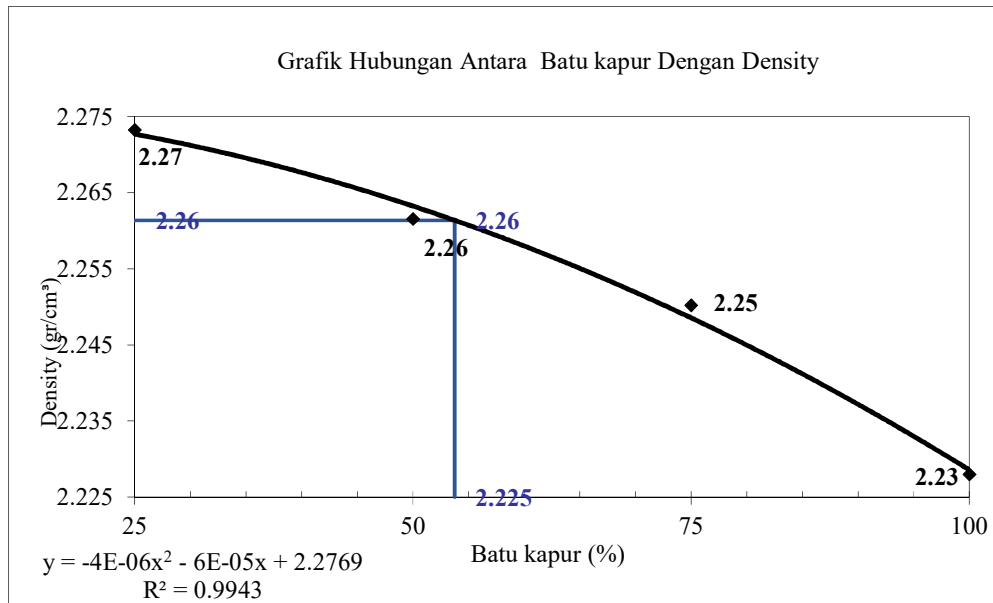
**Grafik 4.13** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap VMA 30 Menit



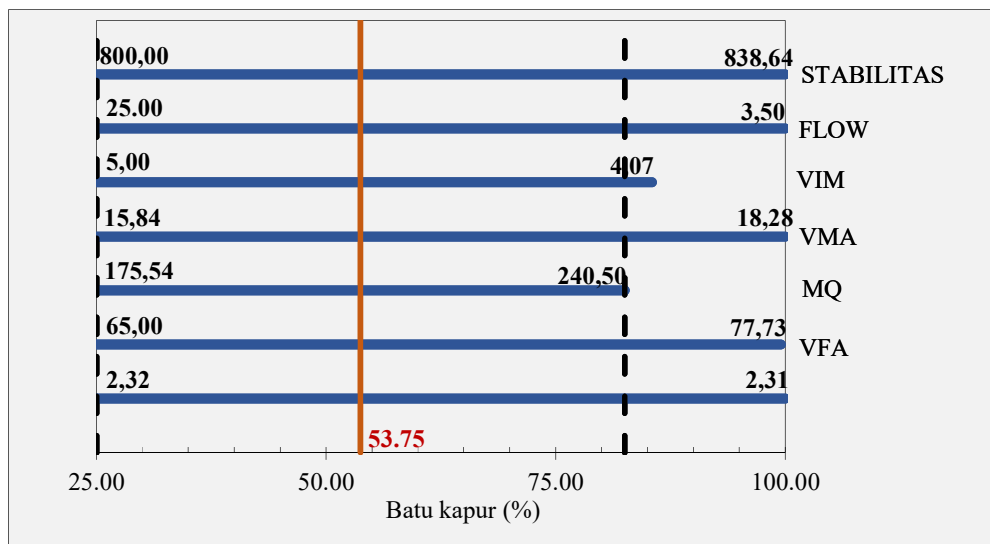
**Grafik 4.14** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap MQ 30 Menit



**Grafik 4.15** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap VFA 30 Menit



**Grafik 4.16** Hubungan Kadar Batu kapur terhadap *Density* 30 Menit



**Grafik 4.17** Diagram Batang Kadar Batu kapur Optimum

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

$$\frac{a+b}{2} = \frac{5\% + 4,07\%}{2}$$

$$= 4,535\%$$



Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar variasi optimum (KVO) pada rendaman 30 menit sebesar 53,75% dengan nilai parameter *Marshall Test* Stabilitas sebesar 1084,33 kg, Flow 3,5 mm, VIM 4,07%, VMA 18,28%, MQ 240,5 kg/mm, dan VFA 77,73% dan Density 2,31.

#### 4.6.1 Data Hasil *Test Marshall* Batu kapur Rendaman 24 Jam

Hasil dari pengujian test marshall pada rendaman 24 jam dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.111** Hasil *Test Marshall* Campuran HRS-WC Rendaman 24 Jam Dengan Kadar Aspal Optimum 6,6 % Penambahan Batu kapur Optimum 53,75 %

Kadar Batu kapur Optimum		53.75 %		
Kadar Aspal Optimum		6.6 %		
No. Benda Uji		A	B	C
a	Diameter (mm)	101.50	102.20	102.00
b	Tinggi 1 (mm)	67.20	71.30	66.30
c	Tinggi 2 (mm)	66.30	71.50	66.40
d	Tinggi 3 (mm)	66.30	66.60	66.30
e	Tinggi 4 (mm)	67.10	70.70	67.40
f	Tinggi rata-rata (mm)	66.73	70.03	66.60
g	% aspal thd agregat	7.07	7.07	7.07
h	% aspal thd campuran	6.60	6.60	6.60
i	Berat sampel (gram)	1186.5	1214.0	1157.8
j	Berat SSD (gram)	1197.3	1236.6	1176.0
k	Berat dalam air (gram)	655.6	664.3	646.4
l	Isi (gram)	541.70	572.30	529.60
m	Berat isi (gr/cm <sup>3</sup> )	2.190	2.121	2.186
n	BJ maksimum teoritis	2.405	2.405	2.405
o	(g*1)/bj aspal)	14.067	13.623	14.040
p	((100-g)*1)/bj agregat	77.018	74.590	76.872
q	Jumlah kandungan rongga (%)	8.91	11.79	9.09
r	% rongga thd agregat VMA	22.982	25.410	23.128
s	% rongga terisi aspal VFA	61.209	53.614	60.708
t	% rongga dlm campuran VIM	8.909	11.781	9.082
u	Pembacaan arloji stabilitas	109.00	69.00	138.00

<b>Kadar Batu kapur Optimum</b>		<b>53.75 %</b>		
<b>Kadar Aspal Optimum</b>		<b>6.6 %</b>		
<b>No. Benda Uji</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
v	lbf	3135.9	1985.1	3970.3
w	kg	1394.92	883.03	1766.05
x	koreksi (tebal)	0.917	0.830	0.920
y	Stabilitas (dg koreksi benda uji)	1279	733	1625
z	Flow	3.09	3.66	4.47
aa	Marshall Quotient	413.87	200.17	363.55

#### 4.6.2 Interval Kepercayaan Kadar Batu kapur 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 batu kapur optimum 53,75% sebagai berikut:

**Tabel 4.112** Data Pengujian Kadar Batu kapur Optimum 53,75 %

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:

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{\text{jumlah stabilitas}}{n} \\
 &= \frac{1278,87+778,76+898,96}{3} \\
 &= 1212,19 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S &= \sqrt{\frac{(1278,87-754)^2 + \dots + (732,64-1625,06)^2}{3-1}} \\
&= 449,93 \\
p &= 0,975 \\
dk &= n - 1 = 3 - 1 = 2 \\
t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} &= t_{(n-1; \frac{0,975}{2})} \\
&= t_{(2; 0,487)} \\
&= 4,30 \text{ (dari Tabel distribusi t)}
\end{aligned}$$

Keterangan :

- X = Nilai Rata - Rata
- S = Standart Deviasi
- p = Tingkat signifikansi

Maka, Nilai Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \\
1212,19 - (4,30 \times \frac{449,93}{\sqrt{3}}) < \mu < 1212,19 + (4,30 \times \frac{449,93}{\sqrt{3}}) \\
94,48 < \mu < 2329,9
\end{aligned}$$

Jadi, dengan range interval kepercayaan pada stabilitas tersebut, maka di dapat nilai pada variasi kadar batu kapur 53,75 % memenuhi syarat. Data tersebut dilampirkan pada Tabel di bawah ini:

**Tabel 4.113** Data Pengujian Stabilitas Pada Interval Kepercayaan Kadar Batu kapur Optimum 53,75 % Rendaman 24 jam

No	Stabilitas
1	1278.87
2	732.64
3	1625.06

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

**Tabel 4.114** Interval Kepercayaan Stabilitas KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	1278.87	1212.19	449.93	0.975	2	4.30	94.48	2329.90
2	732.64							
3	1625.06							

**Tabel 4.115** Interval Kepercayaan Flow KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	3.09	3.74	0.69	0.975	2	4.303	2.02	5.46
2	3.66							
3	4.47							

**Tabel 4.116** Interval Kepercayaan VIM KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	8.91	9.92	1.61	0.975	2	4.303	5.92	13.93
2	11.78							
3	9.08							

**Tabel 4.117** Interval Kepercayaan VMA KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	22.98	23.84	1.36	0.975	2	4.303	20.46	27.22
2	25.41							
3	23.13							

**Tabel 4.118** Interval Kepercayaan MQ KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	413.87	325.87	111.72	0.975	2	4.303	48.33	603.40
2	200.17							
3	363.55							

**Tabel 4.119** Interval Kepercayaan VFA KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	61.21	58.51	4.25	0.975	2	4.303	47.96	69.06
2	53.61							
3	60.71							

**Tabel 4.120** Interval Kepercayaan Density KVO 53,75% (Rendaman 24 Jam)

No	Data	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Min	Max
1	2.190	2.166	0.03873	0.975	2	4.303	2.070	2.262
2	2.121							
3	2.186							

#### 4.7 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan nilai parameter yang ditimbulkan oleh variasi kadar pengganti agregat halus dengan Batu kapur pada kadar aspal optimum. Pengujian ini dilakukan menggunakan uji Analisa Varian Satu Arah (*anova single factor*) dengan data yang telah disortir dengan interval kepercayaan.

##### 4.7.1 Analisa Varian Satu Arah (*Anova Single Factor*)

Perhitungan Analisa varian satu arah untuk stabilitas dengan variasi kadar penambahan Batu kapur adalah sebagai berikut ini:

**Tabel 4.121** Data Stabilitas dengan Variasi Batu kapur (30 menit)

Variasi Batu kapur	25%	50%	75%	100%	Jumlah
Stabilitas	1689.90	1429.34	1018.32	1052.35	5189.91
	1827.39	1472.57	1100.00	1016.49	5416.44
	1711.70	1378.18	1107.50	957.18	5154.56
Jumlah	5228.98	4280.08	3225.82	3026.02	15760.91
Sample Lolos	3	3	3	3	12
Rata - rata	1742.99	1426.69	1075.27	1008.67	5253.636

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:

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= (5228,980715)^2 + (4280,084576)^2 + (3225,821567)^2 + \\ &(3026,021793)^2 \\ &= 248406241,49 \text{ rata rata} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{15760,90865^2}{12} = \frac{248406241,49}{12} \\ &= 20700520,12 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_y &= \left( \frac{5228,980715^2}{3} + \frac{4280,084576^2}{3} + \frac{3225,821567^2}{3} + \frac{3026,021793^2}{3} \right. \\ &\quad \left. - 20700520,12 \right) \\ &= 21741365,32 - 20700520,12 \\ &= 1040845,20 \text{ antar perlakuan jk} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} E_y &= 248406241,49 - 20700520,12 - 1040845,20 \\ &= 24900,064 \text{ dalam perlakuan jk} \end{aligned}$$

**Tabel 4.122** Analisa Varian Untuk Stabilitas

SumberVariasi	Df	JK	KT
Rata-rata	1	248406241,49	248406241,49
AntarPerlakuan	4	1040845,20	260211,2993
DalamPerlakuan	16	24900,064	1556,253981
Jumlah	20		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{260211,2993}{1556,253981} = 167,20362$$

Nilai  $F_{Tabel} (0,05: 4: 16) = 3,01$ . Jadinilai  $F_{hitung} = 167,20362 > F_{Tabel} = 3,01$ .

Dengan demikian  $H_a$  diterima  $H_o$  ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh variasi agregat batu kapur terhadap nilai stabilitas.

Perhitungan Analisa varian satu arah ini juga dapat dilakukan dengan bantuan *software microsoft exceldan* hasil perhitungan tersebut kemudian diTabelkan sebagai berikut:

**Tabel 4.123** Hasil Pengujian Hipotesis Stabilitas Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor  
stabilitas perendaman 30 menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
25%	3	5228.980715	1742.993572	5460.587357
50%	3	4280.084576	1426.694859	2232.441176
75%	3	3225.821567	1075.273856	2446.757068
100%	3	3026.021793	1008.673931	2310.24625

12

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1.229166667	4	0.307291667	23.046875	7.11306E-09	3.06
Within Groups	0.2	15	0.013333333			
Total	1.429166667	19				

**Tabel 4.124** Hasil Pengujian Hipotesis Flow Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor  
flow perendaman 30 menit  
SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
25%	3	11.2	3.733333333	0.003333333
50%	3	11.7	3.9	0.03
75%	3	12.7	4.233333333	0.023333333
100%	3	13.7	4.566666667	0.043333333

---

12

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	1.229166667	4	0.307291667	23.046875	7.11306E-09	3.06
Within Groups	0.2	15	0.013333333			
Total	1.429166667	19				

**Tabel 4.125** Hasil Pengujian Hipotesis VIM Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor  
VIM perendaman 30 menit  
SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
25%	3	13.97906987	4.659689958	0.000739179
50%	3	15.45232186	5.150773954	0.000435733
75%	3	16.87795237	5.625984125	0.000367012
100%	3	19.6740546	6.5580182	0.002581034

---

12

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	5.890039962	4	1.47250999	3035.765748	2.71726E-13	2.96
Within Groups	0.008245916	17	0.000485054			
Total	5.898285878	21				



**Tabel 4.126** Hasil Pengujian Hipotesis VMA Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

VMA perendaman 30 menit

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
25%	3	56.57304577	18.85768192	0.000535416
50%	3	57.82690242	19.27563414	0.000315618
75%	3	59.04022934	19.68007645	0.000265841
100%	3	61.41993857	20.47331286	0.001869543
				12

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	4.266384005	4	1.066596001	3035.765747	1.20521E-13	2.96
Within Groups	0.005972836	17	0.000351343			
Total	4.272356841	21				

**Tabel 4.127** Hasil Pengujian Hipotesis Marshall Quotient Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

marshall quotient perendaman 30 menit

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
25%	3	1401.063798	467.0212661	551.2538765
50%	3	1098.994232	366.3314106	438.4931387
75%	3	762.4547376	254.1515792	171.3544288
100%	3	664.4700243	221.4900081	409.6800872
				12

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	112775.7554	4	28193.93886	143.591904	9.42016E-10	3.01
Within Groups	3141.563062	16	196.3476914			
Total	115917.3185	20				

**Tabel 4.128** Hasil Pengujian Hipotesis VFA Rendaman 30 Menit

Anova: Single Factor

VFA rendaman 30 menit

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
25%	3	225.8709675	75.2903225	0.012973903
50%	3	219.8351037	73.27836789	0.007004232
75%	3	214.2385021	71.41283402	0.005424538
100%	3	203.9046661	67.96822205	0.032649496

12

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	87.17943798	4	21.79485949	3378.921771	6.76908E-16	2.93
Within Groups	0.116104337	18	0.006450241			
Total	87.29554231	22				

**Tabel 4.129** Hasil Analisa Varian Satu Arah Rendaman30 Menit

Parameter	Fhitung	< / >	FTabel	Kesimpulan
Stabilitas (Kg)	167.20362	>	3.01	Ha diterima, ada perbedaan
Flow (%)	23.046875	>	3.06	Ha diterima, ada perbedaan
VIM (%)	3035.765748	>	2.96	Ha diterima, ada perbedaan
VMA (%)	3035.765747	>	2.96	Ha diterima, ada perbedaan
MQ (Kg/mm)	143.591904	>	3.01	Ha diterima, ada perbedaan
VFA (%)	3378.921771	>	2.93	Ha diterima, ada perbedaan

#### 4.7.2 Analisa Regresi

Data-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 kuadrat sebagai regresi dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ , yang akan dihitung dengan perhitungan matriks sebagai berikut:

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

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

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

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 4.92:

**Tabel 4.130** Data Hasil Regresi Stabilitas

No	X	Y	Y <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y
1	25.0	1742.99	3038026.591	625.000	15625.00	390625.00	43574.839	1089370.982
2	50.0	1426.69	2035458.220	2500.000	125000.00	6250000.00	71334.743	3566737.146
3	75.0	1075.27	1156213.865	5625.000	421875.00	31640625.00	80645.539	6048415.438
4	100.0	1008.67	1017423.099	10000.000	1000000.00	100000000.00	100867.393	10086739.311
Total (Σ)	250.0	5253.636	7247121.8	18750.0	1562500.0	138281250.000	296422.515	20791262.878

Dari Tabel di atas, maka didapat matriks sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 4,0 & 250,0 & 18750,00 \\ 250 & 18750,000 & 1562500,00 \\ 18750,000 & 1562500,00 & 138281250,00 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 5253,636 \\ 296422,515 \\ 20791262,88 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 7,75 & -0,27 & 0,002 \\ -0,27 & 0,01032 & -8,00 - 05 \\ 0,002 & -8,00 - 05 & 6.4,00 - 07 \end{bmatrix}$$

Nilai a,b dan c dihitung dengan persamaan:

$$X = A^{-1} \cdot B$$

$$= \begin{bmatrix} 7,75 & -0,27 & 0,002 \\ -0,27 & 0,01032 & -8,00 - 05 \\ 0,002 & -8,00 - 05 & 6.4,00 - 07 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5253,636 \\ 296422,515 \\ 20791262,88 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 2264,128 \\ -22,702 \\ 0,100 \end{bmatrix}$$

Sehingga diperoleh:

- a. = 2264,128
- b. = -22,702
- c. = 0,100

Maka diperoleh persamaan regresi:

$$Y = 0,100x^2 + -22,702x + 2264,128$$

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

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left( b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left( c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left( -22,702x \left\{ 1395,429 - \frac{(1,5)(5047,221)}{5} \right\} \right) + \left( 0,100x \left\{ 479,700 - \frac{(0,550^2)(5047,221)}{5} \right\} \right) \end{aligned}$$

$$= 724883,823 + (-383053,611)$$

$$= 341830,211$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 7247121,8 - \frac{(5253,636)^2}{4} \\ &= 346948,399 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{341830,211}{346948,399} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{R^2} \\ &= \sqrt{0,99} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar aspal dengan stabilitas menghasilkan persamaan  $Y = 0,100x^2 + -22,702x + 2264,128$ . Dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,99 dan koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,99. Hal ini menyatakan bahwa perubahan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar variasi batu kapur.

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 Pembahasan**

##### **4.8.1 Perbandingan Stabilitas Campuran (HRS - WC) Tanpa Agregat Batu kapur dan Campuran (HRS - WC) menggunakan Agregat Batu kapur**

Penggantian agregat batu kapur dimaksudkan untuk meningkatkan nilai parameter *Marshall Test* terutama pada nilai stabilitasnya. Dari penelitian yang sudah dilakukan maka dapat dilihat perbandingan antara campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) tanpa Penggantian agregat batu kapur dan penambahan campuran menggunakan Penggantian agregat batu kapur. Perbandingan nilai parameter *marshall test* dapat dilihat pada grafik 4.1 dan grafik 4.9.

Dari penelitian ini terjadi penurunan nilai stabilitas antara campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) tanpa penggantian agregat batu kapur dengan penggantian batu kapur, sehingga dapat dinyatakan bahwa penggantian agregat batu kapur dapat dikatakan memenuhi standar dengan catatan tidak lebih baik dengan campuran aspal yang tidak menggunakan agregat batu kapur pada campuran aspal *Hot Rolled Sheet – Wearing Course*(HRS-WC).

##### **4.8.2 Kadar Aspal Optimum**

Data pada Tabel 4.142 merupakan data yang diambil dari hasil rata-rata interval kepercayaan untuk mencari nilai kadar aspal optimum rendaman 30 menit.

**Tabel 4.131** Indikator KAO *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC)

Karakteristik Campuran	KAO	HRS-WC	Syarat HRS-WC	Keterangan
Stabilitas (KAO)(kg)	6,60	1332,4	> 600	Memenuhi syarat
Flow (KAO) (mm)	6,60	3,96	>3	Memenuhi syarat
VIM (KAO) (%)	6,60	5,158	4 – 6	Memenuhi syarat
VMA (KAO) (%)	6,60	19,28	> 18	Memenuhi syarat
MQ KAO) (kg/mm)	6,60	337,8	250	Memenuhi syarat
VFA (KAO) (%)	6,60	72,23	> 68	Memenuhi syarat

Dapat dilihat nilai rata-rata parameter pengujian *marshall test* masih memenuhi batas aman yang sudah disyaratkan pada Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Pusat Tahun 2019. Dalam pengujian tersebut dengan melihat nilai-nilai parameter uji *Marshall Test* seperti Stabilitas, Flow, VIM, VMA, MQ, VFA. Maka nilai kadar aspal optimum sebesar 6,60% dari berat benda uji keseluruhan.

#### 4.8.3 Kadar Variasi Agregat Batu kapur

Dari serangkaian analisa data yang dilakukan dan dilihat dari grafik stabilitas diatas penggantian agregat batu kapur pada campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) tidak terjadi keadaan kadar variasi batu kapur optimum dikarenakan terjadinya penurunan terhadap nilai stabilitas disetiap penggantian agregat batu kapur. Tetapi penggantian agregat batu kapur masih memenuhi persyaratan campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) yang dapat dilihat pada grafik diagram batang pada Gambar 4.16.

Dari diagram batang diatas penggantian agregat 0/5 batu kapur pada variasi aspal dari semua parameter marshall masih memenuhi persyaratan campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) walaupun tidak terjadi keadaan kadar optimum. Maka dapat dinyatakan bahwa penggantian agregat batu kapur layak untuk ditambahkan pada campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC).

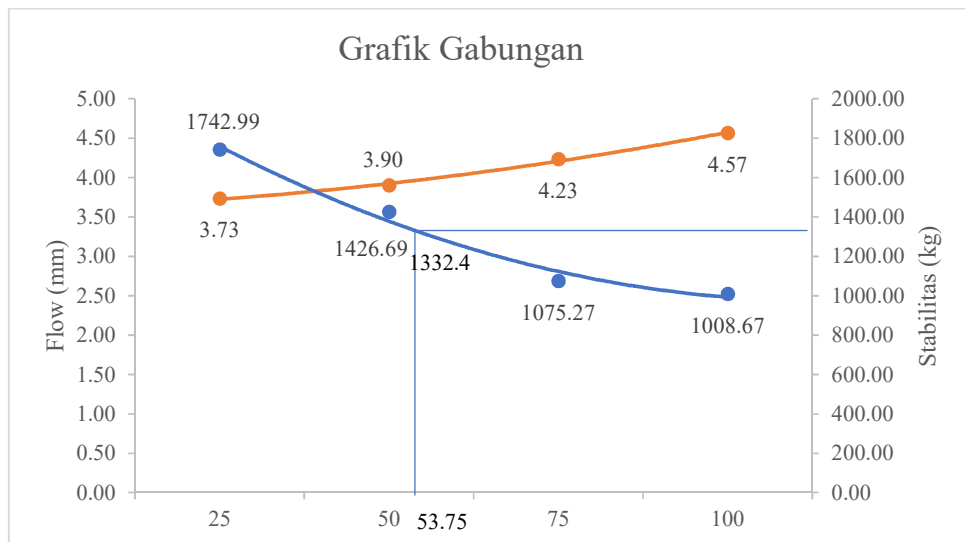
**Tabel 4.132** Indikator Campuran Batu Kapur (HRS-WC)

Karakteristik Campuran	KAO	25%	50%	75%	100%	Syarat	Ket
Stabilitas(kg)	6,6	1742,9	1426.	1075,27	1000,67	> 600	Memenuhi syarat
Flow (mm)	6,6	3.73	3.90	4.23	4.57	>3	Memenuhi syarat
VIM (%)	6,6	4.66	5.15	5.63	6.56	4 – 6	Memenuhi syarat
VMA (%)	6,6	18.86	19.28	19.68	20.47	> 18	Memenuhi syarat
MQ (kg/mm)	6,6	467.02	366.33	254.15	221.49	250	Memenuhi syarat
VFA (%)	6,6	75.29	73.28	71.41	67.97	> 68	Memenuhi syarat

#### 4.9 Pengaruh Penggantian Agregat Halus Menggunakan Batu kapur Pada Campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC)

##### 4.9.1 Stabilitas dan *Flow*

Grafik hubungan variasi kadar Batu kapur antara nilai stabilitas dan nilai flow pada campuran HRS-WC (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) dengan Penggantian agregat 0/5 menggunakan batu kapur dapat dilihat pada grafik 4.19 dibawah ini.



**Grafik 4.19** Hubungan Antara Stabilitas Dan Flow Pada Campuran HRS - WC  
Dengan Penggantian Agregat 0/5 Menggunakan Batu kapur

Pada grafik 4.19 terlihat bahwa penggantian variasi agregat batu kapur mengalami penurunan pada stabilitas dan *flow*, namun masih memenuhi standar. Penurunan terjadi pada variasi batu kapur 25 % dengan nilai stabilitas 1742,99 kg turun menjadi 1008,67 pada kadar variasi batu kapur 100%. Berlawanan dengan nilai stabilitas, nilai *flow* memiliki kecenderungan semakin naik ketika penggantian kadar variasi semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan adanya penggantian variasi agregat batu kapur mengakibatkan penurunan stabilitas sehingga lapisan menjadi sedikit plastis, sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk saat menerima beban, karena *flow* merupakan indikator lapisan terhadap lentur. Pada saat tercapai keadaan optimum dimana penambahan variasi batu kapur sebesar 100 %, nilai *flow* yang terjadi adalah 4,57 mm.

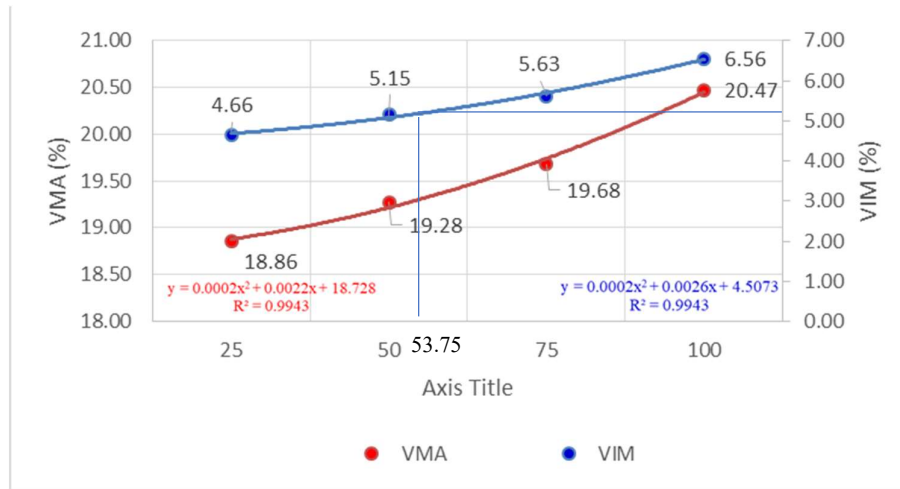
Hasil pengujian hipotesis untuk stabilitas didapatkan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima ( $F_{hitung} = 167,20362 > F_{Tabel} = 3,01$ ), Hal ini menyatakan bahwa ada pengaruh antara variasi kadar variasi batu kapur pada nilai stabilitas. Sedangkan hasil pengujian hipotesis untuk *flow* didapatkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima ( $F_{hitung} = 23,046875 > F_{Tabel} = 3,06$ ), Hal ini menyatakan bahwa ada pengaruh antara variasi kadar agregat batu kapur pada nilai *flow*.

Berdasarkan Analisa regresi untuk stabilitas didapatkan persamaan  $Y = 0,100x^2 + -22,702x + 2264,128$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,99$  dan koefisien korelasi  $r = 0,99$  hal ini menyatakan bahwa kriteria hubungan antara Stabilitas dengan penggantian agregat batu kapur kurang stabil. Sedangkan untuk *flow* didapat persamaanya  $= 0,00007x^2 + 0,00300x + 3,60833$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,996$  dan koefisien korelasi  $r = 0,99$  meyatakan bahwa kriteria hubungan antara *Flow* dengan penggantian agregat batu kapur dinyatakan kuat dan erat

#### 4.9.2 VIM dan VMA



Grafik hubungan kadar variasi batu kapur antara nilai VIM dan nilai VMA pada campuran HRS-WC (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) dengan penggantian agregat batu kapur dapat dilihat pada grafik 4.20 di bawah ini:



**Grafik 4.20** Hubungan Antara VIM Dan VMA Pada Campuran HRS - WC Dengan Penggantian Agregat 0/5 Menggunakan Batu Kapur

**Tabel 4.133** Indikator Campuran Batu Kapur (HRS-WC) parameter VIM dan VMA

Karakteristik Campuran	KAO	25%	50%	75%	100%	Syarat	Ket
VIM (%)	6,6	4.66	5.15	5.63	6.56	4 – 6	Memenuhi syarat
VMA (%)	6,6	18.86	19.28	19.68	20.47	> 18	Memenuhi syarat

Nilai VIM (*Void in the Mix*) merupakan nilai yang menunjukkan jumlah rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal tersebut, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran, sehingga campuran bersifat porous (*impermeable*). Sedangkan nilai VIM yang kecil akan memberikan campuran yang lebih kedap air sehingga akan meningkatkan kemampuan campuran. Namun nilai VIM harus sesuai dengan persyaratan yaitu 4-6 % pada grafik 4.21 menunjukkan bahwa nilai VIM semakin bertambah Ketika penambahan variasi agregat semakin besar. Dimana pada

penggantian agregat batu kapur 25 % atau kadar variasi optimum nilai VIM 4,66 % dan semakin bertambah 6,56 % pada penggantian variasi agregat batu kapur 100 %.

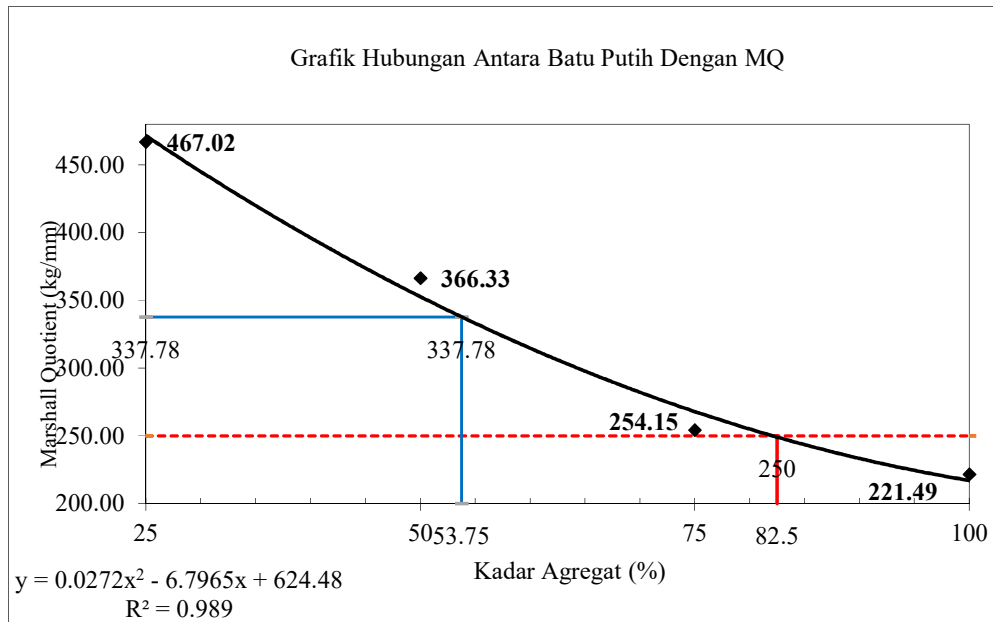
Nilai VMA (*Voids in the Mineral Agregat*) merupakan nilai yang menyatakan banyaknya rongga diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, yang dinyatakan dalam nilai prosen. Namun nilai VMA harus sesuai dengan persyaratan batas minimum yaitu 18 % berdasarkan grafik 4.21, menunjukkan nilai VMA semakin bertambah. Ketika penggantian variasi agregat semakin besar, dimana pada penggantian agregat batu kapur 25 % atau kadar variasi optimum nilai VMA sebesar 18,86 % dan menjadi 20,47% pada penggantian agregat 100 %.

Hasil pengujian hipotesis untuk VIM didapatkan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima ( $F_{hitung} = 3035,765748 > F_{Tabel} = 2,96$ ) hal ini menyatakan bahwa terdapat pengaruh antara variasi kadar agrgat baru putih terhadap nilai VIM. Sedangkan hasil pengujian hipotesis untuk VMA didapatkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima ( $F_{hitung} = 3035,765748 > F_{Tabel} = 2,96$ ) hal ini menyatakan bahwa terdapat pengaruh diantara variasi agregat batu kapur terhadap nilai vma.

Berdasarkan analisa regresi untuk VIM didapatkan persamaan  $Y = 0,00018x^2 + 0,00263x + 4,50726$  dengan koefisien determinasi  $r^2 = 0,994$  dan koefisien korelasi  $r = 0,997$  hal ini menyatakan bahwa kriteria hubungan antara vim dengan penggantian agregat batu kapur yaitu kuat atau erat. Sedangkan untuk VMA didapat persamaanya  $= 0,00015x^2 + 0,00224x + 18,72795$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,994$  dan koefisien korelasi  $r = 0,997$  menyatakan bahwa kriteria hubungan antara VMA dengan penggantian agregat batu kapur dinyatakan kuat dan erat.

#### **4.9.3 Marshall Quotient**

Grafik hubungan kadar variasi batu kapur antara nilai *marshall quotient* pada campuran HRS-WC (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) dengan penggantian agregat batu kapur dapat dilihat pada grafik 4.21 di bawah ini:



**Grafik 4.21** Hubungan Antara *Marshall Quotient* Pada Campuran HRS - WC Dengan Penggantian Agregat 0/5 Menggunakan Batu kapur

Nilai MQ merupakan indikator dari kelenturan yang mengalami penurunan pada. Penggantian variasi agregat batu kapur 25 % menaikkan nilai *Marshall Quotient* tetapi dengan terlalu banyak penambahan variasi agregat akan semakin menurunkan nilai *Marshall Quotient*.

Dari grafik 4.22 diatas dapat dilihat bahwa pada Penggantian variasi agregat batu kapur 25 % nilai MQ sebesar 467,02 kg/mm dan terus menurun sampai pada Penggantian variasi agregat batu kapur 100 % dimana nilai MQ sebesar 221,49 kg/mm. Nilai MQ masih memenuhi syarat dengan nilai tidak ada batas minimum.

Hasil pengujian hipotesis untuk Marshall Quotient didapat kan Ho ditolak dan Ha diterima ( $F_{hitung} = 143,591904 > F_{Tabel} = 3,01$ ). Hal ini menyatakan bahwa ada pengaruh antara variasi kadar variasi batu kapur terhadap nilai Marshall Quotient. Berdasarkan Analisa regresi untuk MQ didapatkan persamaan =  $0,027221x^2 - 6,79651x + 624,47732$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,988$  dan koefisien korelasi  $r = 0,994$  hal ini menyatakan bahwa kriteria hubungan antara *Marshall Quotient* dengan Penggantian variasi agregat batu kapur yaitu kuat dan erat.