

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data Dan Material

4.1.1. Pengambilan Material

Pengambilan material yaitu berupa aspal pertamina (penetrasi 60/70), Agregrat Kasar (batu pecah $\frac{3}{4}$ dan batu pecah $\frac{1}{2}$), Agregrat Halus (pasir dan abu batu) dari quarry Talau yang terletak di daerah Kotafoun, Desa Tukuneno, Kecamatan Tasifeto Barat Kabupaten Belu Provinsi Nusa Tenggara Timur, yang merupakan *Stok Pile* milik PT. Pundi Mas Bahagia, *filler* (semen porland) milik PT. Semen Kupang. Sampel agregrat kasar dan halus sebagai data primer diambil dari timbunan agregrat berbentuk kerucut hasil produksi *stone crusher*. Peralatan yang digunakan tripleks berukuran 1 m x 1 m untuk penahan agregrat, sekop, karung, meter dan spidol. Cara pengambilan adalah menentukan tempat pengambilan contoh agregrat pada tempat timbunan. Setelah itu diukur panjang kemiringan timbunan agregrat lalu dibagi menjadi 3 (*Systematic Random Sampling*) untuk mendapatkan suatu sampel yang mewakili keseluruhan populasi.

Cara pengambilan contoh agregrat mengacu pada SNI 03–6889–2002. Pengambilan material agregrat kasar dan agregrat halus dilakukan dengan mengambil material dengan alat sekop pada masing-masing tumpukan kemudian dimasukkan kedalam karung dan diberi tanda atau keterangan jenis material pada karung tersebut. Selanjutnya material dibawa ke Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT untuk dilakukan pengujian.

4.1.2. Pengambilan Data

Data berupa hasil pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium antara lain pengujian berat jenis dan penyerapan agregrat kasar, berat jenis dan penyerapan agregrat halus, bahan pengisi (*filler*), pengujian analisa saringan untuk agregrat halus dan agregrat kasar, pengujian abrasi, pegujian *Marshall* serta pengujian campuran aspal melalui variasi tumbukan dan suhu pemadatan.

4.2. Analisa Data

4.2.1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar dan agregat halus.

4.2.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{1}{2}$ " atau agregat yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) yang berasal dari *Quarry* Talau. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " (SNI 03-1969-1990)

Uraian		Sampel A	Sampel B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B _J	5282	4151	gram
Berat benda uji di dalam air	B _A	3282	2564	gram
Berat benda uji kering oven	B _K	5230	4110	gram

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " (SNI 03-1969-1990)

Uraian		Sampel A	Sampel B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.615	2.590	2.602	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.641	2.616	2.628	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.685	2.658	2.672	-
Penyerapan Air	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0.994	0.998	0.996	Max 3

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah ½” (SNI 03-1969-1990)

Uraian		Sampel A	Sampel B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B_j	4427	3348	gram
Berat benda uji di dalam air	B_a	2728	2065	gram
Berat benda uji kering oven	B_k	4385	3318	gram

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Batu Pecah ½” (SNI 03-1969-1990)

		Sampel A	Sampel B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.581	2.586	2.584	-
Berat Jenis (ssd)	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.606	2.610	2.608	-
Berat Jenis (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.646	2.648	2.647	-
Penyerapan Air	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0.958	0.904	0.931	Max 3

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Proses pengujian berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, berat jenis *apparent* dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait yaitu berat benda uji kering oven, berat benda uji kering permukaan jenuh dan berat benda uji dalam air. Sehingga pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah ¾ “ dan batu pecah ½ “. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 merupakan nilai besarnya berat jenis material dari *quarry* Talau yang dinyatakan dalam angka. Untuk nilai penyerapan air agregat kasar dari *quarry* Talau memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yakni maksimum penyerapan air 3 % (SNI 03-1969-990).

4.2.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah abu batu dan pasir atau agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) yang berasal dari *Quarry* Talau. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Batu (SNI 03-1970-1990)

No. Contoh	Sampel A	Sampel B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) 500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C) B	684.30	677.30	gram
Berat piknometer + air + benda uji Bt	992.30	984.90	gram
Berat benda uji kering oven (Bk) BK	493.00	493.00	gram

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Batu (SNI 03-1970-1990)

	Sampel A	Sampel B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$	2.568	2.562	2.565	-
Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{500}{B + 500 - Bt}$	2.604	2.599	2.601	-
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$	2.665	2.659	2.662	-
Penyerapan Air $\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.420	1.420	1.420	Max 3

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Pasir (SNI 03-1970-1990)

No. Contoh	Sampel A	Sampel B	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) 500	500	500	gram
Berat piknometer + air (25°C) B	685.20	677.10	gram
Berat piknometer + air + benda uji Bt	987.70	981.60	gram
Berat benda uji kering oven (Bk) BK	488.60	488.40	gram

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Pasir (SNI 03-1970-1990)

			Sampel A	Sampel B	Rata-Rata	Spec
Berat Jenis (bulk)	B_k		2.474	2.498	2.486	-
	$B + 500 - B_k$					
Berat Jenis kering permukaan jenuh	500		2.532	2.558	2.545	-
	$B + 500 - B_k$					
Berat Jenis (apparent)	B_k		2.625	2.656	2.641	-
	$B + B_k - B_k$					
Penyerapan Air	$500 - B_k$		2.333	2.375	2.354	Max 3
	B_k	$\times 100\%$				

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Pengujian berat jenis agregat halus merupakan suatu metode yang mengacu pada SNI 03-1970-1990. Perbedaan dengan pengujian berat jenis agregat kasar adalah pada saat pengujian agregat halus menggunakan alat piknometer. Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat halus. Agregat halus yang digunakan adalah abu batu dan pasir dari quarry Talau.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian penyerapan air agregat halus yang terdapat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yakni maksimum penyerapan air 3 % (SNI 03 - 1969 – 1990).

4.2.2. Pemeriksaan Analisa Saringan (Gradasi)

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian porsen butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan.

4.2.2.1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan agregat kasar ini adalah batu pecah dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah ukuran $\frac{1}{2}$ " yang berasal dari quarry Talau. Hasil pengujian analisa saringan pada agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.9 dan tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian dan Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Batu Pecah ¾” (SNI 03-1968-1990)

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gr)		Berat benda uji I (gr) = 5927.0				Rata- Rata
				Berat benda uji II (gr) = 5932.0				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2	12.5	2,787	2,845	47.02	47.96	52.98	52.04	52.51
3/8	9.50	4,097	4,175	69.12	70.38	30.88	29.62	30.25
No.4	4.75	5,355	5,354	90.35	90.26	9.65	9.74	9.70
No.8	2.36	5,921	5,920	99.90	99.80	0.10	0.20	0.15

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.10 Hasil Pengujian dan Perhitungan Analisis Saringan Agregat Sedang Batu Pecah ½” (SNI 03-1968-1990)

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gr)		Berat benda uji I (gr) = 5319.0				Rata-
				Berat benda uji II (gr) = 5994.0				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	984	1116	18.50	18.62	81.50	81.38	81.44
No.4	4.75	4381	4942	82.37	82.45	17.63	17.55	17.59
No.8	2.36	5203	5835	97.81	97.35	2.19	2.65	2.42
No.16	1.18	5256	5970	98.82	99.60	1.18	0.40	0.79
No.30	0.60	5291	5961	99.48	99.45	0.52	0.55	0.54

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

4.2.2.2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan agregat halus adalah material yang berasal dari quarry Talau yakni abu batu dan pasir yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm). Hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12

Tabel 4.11 Hasil Pengujian dan Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus - Abu Batu (SNI 03-1968-1990)

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gr)		Berat benda uji I (gr) = 2981				Rata- Rata
				Berat benda uji II (gr) = 2952				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	0	0	0	0	0	100	100	100
3/8	0	0	0	0	0	100	100	100
No.4	0	0	0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
No.8	129	129	124	4.33	4.20	95.67	95.80	95.74
No.16	691	691	635	23.18	21.51	76.82	78.49	77.65
No.30	1,296	1,296	1,279	43.48	43.33	56.52	56.67	56.60
No.50	1,955	1,955	1,916	65.58	64.91	34.42	35.09	34.76
No.100	2,339	2,339	2,311	78.46	78.29	21.54	21.71	21.63
No.200	2,655	2,655	2,650	89.06	89.77	10.94	10.23	10.58

Sumber : Hasil Perhitungandi Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus untuk benda uji abu batu memenuhi standar spesifikasi bina marga 2010 revisi 3, yakni 100% lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 8

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus - Pasir (SNI 03-1968-1990)

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gr)		Berat benda uji I (gr) = 3530				Rata- Rata
				Berat benda uji II (gr) = 3560				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.4	4.75	0	0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
No.8	2.36	171	218	4.84	6.12	95.16	93.88	94.52
No.16	1.18	1,494	1,447	42.32	40.65	57.68	59.35	58.52
No.30	0.60	2,019	2,079	57.20	58.40	42.80	41.60	42.20
No.50	0.30	2,663	2,600	75.44	73.03	24.56	26.97	25.76
No.100	0.15	3,237	3,348	91.70	94.04	8.30	5.96	7.13
No.200	0.075	3,413	3,411	96.69	95.81	3.31	4.19	3.75

Sumber : Hasil Perhitungandi Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Pengujian analisa saringan agregat halus abu batu dan analisa saringan agregat halus pasir pada tabel 4.11 dan tabel 4.12 menunjukkan bahwa hasil tersebut memenuhi

standar spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni abu batu dan pasir lolos 100 % saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200.

4.2.2.3. pengujian Analisa Saringan Filler

Material yang digunakan pada pengujian analisa saringan *filler* adalah semen Portland Ex Kupang. Pengujian dilakukan dengan mesin *Sieve Shaker* selama 15 menit Hasil pengujian analisa saringan *filler* dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian dan Perhitungan Analisis Saringan Filler (SNI 03-1968-1990)

SARINGAN		Jumlah Tertahan (Gr)		Berat benda uji I (gr) = 500				Rata- Rata
				Berat benda uji II (gr) = 500				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		
(ASTM)	(mm)	I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2.36	0	0	0	0	100	100	100
No.16	1.18	0	0	0	0	100	100	100
No.30	0.60	0	0	0	0	100	100	100
No.50	0.30	0	0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.00
No.100	0.15	0	0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.00
No.200	0.075	0	0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.00

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Perhitungan analisa saringan yang mewakili keseluruhan material untuk membuktikan hasil dari pengujian yaitu Misalkan agregat batu pecah $\frac{3}{4}$ " pada saringan No.8 (2,36 mm). Formula dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji I

- a. Berat benda uji I : 5927 gram
- b. Jumlah berat tertahan benda uji I : 5921 gram
 - Komulatif persen tertahan : $(5921 / 5927) \times 100 \% = 99,90 \%$
 - Persen lolos : $100\% - 99,90\% = 0,10 \%$

2. Benda uji II

- a. Berat benda uji II : 5932 gram

- b. Jumlah berat tertahan benda uji II : 5920 gram
- Kumulatif persen tertahan : $(5920 / 5932) \times 100 \% = 99,80 \%$
 - Persen lolos : $100 - 99,80 = 0,20 \%$
3. Nilai rata – rata persen lolos : $(0,10 + 0,20) / 2 = 0,15 \%$

4.2.3. Pengujian Keausan Agregat Kasar (Abrasi)

Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ ". Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12. Hasil pengujian abrasi terhadap material ini dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles

Gradasi Pemeriksaan		GRADING (B)	
Ukuran Saringan		Sampel A	Sampel B
Lolos	Tertahan	Berat (gr)	Berat (gr)
76.2 (3")	63.5 (2 1/2")		
63.5 (2 1/2")	50.8 (2")		
50.8 (2")	36.1 (1 1/2")		
36.1 (1 1/2")	25.4 (1")		
25.4 (1")	19.1 (3/4")		
19.1 (3/4")	12.7 (1/2")	2500	2500
12.7 (1/2")	9.52 (3/8")	2500	2500
9.52 (3/8")	6.35 (1/4")		
6.35 (1/4")	4.75 (No.4)		
4.75 (No.4)	2.36 (No.8)		
Jumlah Berat		5000	5000
Berat tertahan saringan No.12 sesudah percobaan (b)		3885.0	3890

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Dari hasil pemeriksaan keausan agregat kasar diatas selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran data laboratorium, sedangkan perhitungan dari pengujian abrasi atau keausan abrasi adalah sebagai berikut :

1. Keausan I : $((5000 - 3885) / 5000) \times 100 \% = 22,30 \%$
2. Keausan II : $((5000 - 3890) / 5000) \times 100 \% = 22,20 \%$
3. Nilai rata-rata : $(22,30 + 22,20) / 2 = 22,25 \%$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai abrasi adalah 22,25% artinya memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 40 %

4.2.4. Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil analisa saringan (gradasi) dari fraksi kasar (*CA*), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan No.8 (2.36 mm), fraksi halus (*FA*) atau fraksi yang lolos saringan No.8 (2.36 mm) tetapi tertahan saringan No. 200, dan bahan pengisi (*FF*) atau bahan pengisi lolos saringan No. 200. Tujuan dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya persentase dari masing-masing fraksi sehingga hasil persentase tersebut dapat diperoleh perkiraan kadar aspal (*Pb*) atau biasa disebut dengan kadar aspal tengah. Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada di dalam kurva batas atas dan batas bawah (Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3). Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Rekap hasil uji proporsi agregat gabungan

SARINGAN		BP 3/4"		BP 1/2"		Abu Batu		Pasir		Filler		Total	Spek
		12%		37%		42%		8%		1%		100%	
(ASTM)	(mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
3/4	19.0	100.00	12.00	100.00	37.00	100.00	42.00	100.00	8.00	100.00	1.00	100.00	100-100
1/2	12.5	52.51	6.30	100.00	37.00	100.00	42.00	100.00	8.00	100.00	1.00	94.30	90-100
3/8	9.50	30.25	3.63	81.44	30.13	100.00	42.00	100.00	8.00	100.00	1.00	84.76	77-90
No.4	4.75	9.70	1.16	17.59	6.51	100.00	42.00	100.00	8.00	100.00	1.00	58.67	53-69
No.8	2.36	0.15	0.02	2.42	0.90	95.74	40.21	94.52	7.56	100.00	1.00	49.68	33-53
No.16	1.18			0.79	0.29	77.65	32.61	58.52	4.68	100.00	1.00	38.59	21-40
No.30	0.60			0.54	0.20	56.60	23.77	42.20	3.38	100.00	1.00	28.35	14-30
No.50	0.30			0.38	0.14	34.76	14.60	25.76	2.06	100.00	1.00	17.80	9-22
No.100	0.15			0.25	0.09	21.63	9.08	7.13	0.57	100.00	1.00	10.75	6-12
No.200	0.075					10.58	4.44	3.75	0.30	100.00	1.00	5.74	4-9

Dari tabel 4.15 diatas dapat dilihat bahwa proporsi campuran agregat dari quarry Talau yang memenuhi batas spesifikasi kurva gradasi yaitu batu pecah $\frac{3}{4}$ sebesar 12%, batu pecah $\frac{1}{2}$ sebesar 37%, abu batu sebesar 42% dan pasir sebesar 8% .

Keterangan :

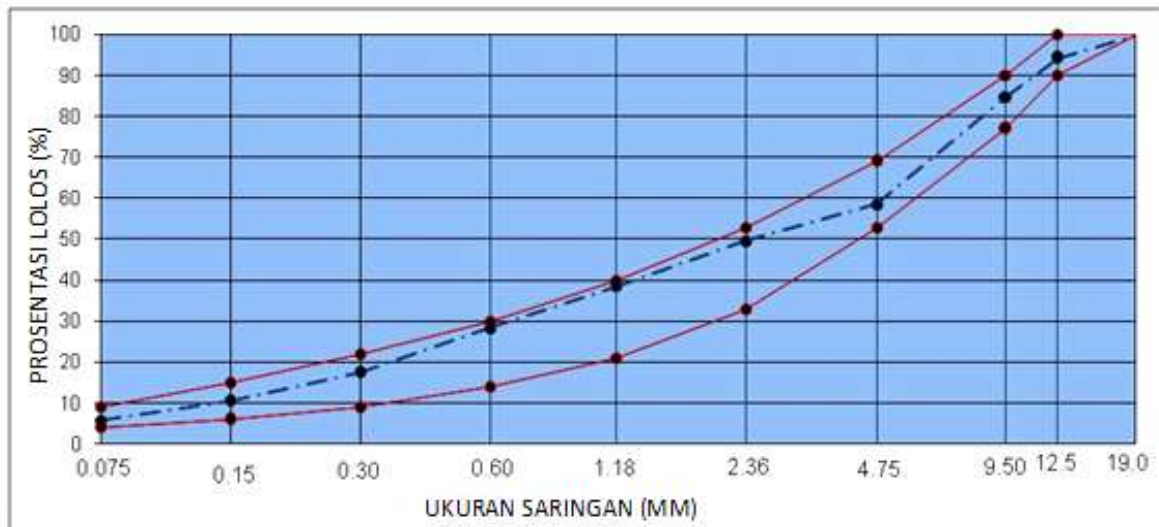
- A = persen lolos batu pecah $\frac{3}{4}$ "
- B = 12% x persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ "
- C = Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "

D	=	37 % x persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{1}{2}$ "
E	=	Persen lolos rata-rata abu batu
F	=	42 % x persen lolos rata-rata abu batu
G	=	Persen lolos rata-rata pasir
H	=	8 % x persen lolos rata-rata pasir
I	=	Persen lolos rata-rata <i>filler</i>
J	=	1 % x persen lolos rata-rata <i>filler</i>
K	=	B + D + F + H + J

Dari hasil pengujian gradasi agregat yang terdapat pada Tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa :

- Agregat kasar batu pecah $\frac{3}{4}$ ", 100 % lolos saringan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan tertahan pada saringan No. 8 (2,36 mm)
- Agregat kasar batu pecah $\frac{1}{2}$ ", 100 % lolos saringan ukuran $\frac{1}{2}$ " dan tertahan pada saringan No. 8 (4,75 mm)
- Agregat halus abu batu 100 % lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No. 200
- Agregat halus pasir alam 100 % lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200; dan persentasenya tidak melampaui 15 % terhadap berat total campuran.
- Filler* lolos saringan No.200 minimum 75 % sedangkan dalam pengujian *filler* lolos saringan No. 200 sebanyak 100 %.
- Jumlah total persentase lolos setiap ukuran saringan berada di antara batas minimum dan maksimum spesifikasi.

Hasil dari perhitungan gradasi agregat gabungan ini dapat dilihat dalam bentuk kurva yang dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Keterangan :

- = batas maksimum (%)
- = batas minimum (%)
- - - = persen lolos tiap saringan

Gambar 4.1 Kurva Gradasi Laston AC-WC Menggunakan Material Quarry Talau

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium

4.2.5. Formula Campuran Rencana (Pb)

Perhitungan campuran rencana (Perkiraan Bitumen) menggunakan formula sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18$$

Perhitungan untuk melengkapi rumus diatas adalah sebagai berikut,

a. Fraksi agregat

1. Fraksi Agregat Kasar (CA) = 100 % - % total agregat saringan No. 8
 = 100 – 43.68
 = 50.32 %
2. Fraksi Agregat Halus (FA) = % Total Agregat saringan No.8 – Total agregat Saringan No.200
 = 49.68 – 5.74
 = 43.94 %

3. Bahan pengisi (FF) = % Total agregat saringan No.200
= 5.74 %.
4. Konstanta (k) = 0,5 sampai 1 (untuk Laston), maka diambil 0,75

b. Kadar aspal rencana

Perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb)

$$\begin{aligned} Pb &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \\ &= 0,035 (50.32) + 0,045 (43.94) + 0,18 (5.74) + 0,75 \\ &= 5,52 \% \approx 5,5 \% \end{aligned}$$

Kadar aspal perkiraan untuk campuran Laston adalah 5,52 % dan dibulatkan menjadi 5,5 %. Berdasarkan kadar aspal perkiraan di atas maka ditetapkan 5 variasi kadar aspal 2 di bawah Pb dan 2 di atas Pb dengan selisih 0,5 %. Untuk contoh benda uji yaitu 4,5 %, 5,0 %, **5,5 %**, 6,0 %, 6,5 %. Perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton aspal padat di laboratorium adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas silinder beton aspal} &= 1200 \text{ gr} \\ \text{Kadar aspal perkiraan} &= 5,5 \% \\ &= 5,5 \% \times 1200 \\ &= 66 \text{ gr} \end{aligned}$$

Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah 3/4" adalah 12%, batu pecah 1/2 " 37 %, abu batu 42 %, pasir 8 %, dan *filler* 1 % dengan kadar aspal perkiraan 5,5%

Misalnya percobaan komposisinya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Batu pecah } 3/4" &= 12 \% \times (100 - 5,5) = 11.34 \% \\ 2. \text{ Batu pecah } 1/2 " &= 37 \% \times (100 - 5,5) = 34,97 \% \\ 3. \text{ Abu batu} &= 42 \% \times (100 - 5,5) = 39,69 \% \\ 4. \text{ Pasir} &= 8 \% \times (100 - 5,5) = 7,56 \% \\ 5. \text{ Filler} &= 1 \% \times (100 - 5,5) = 0.95 \% \\ 6. \text{ Aspal} &= \underline{5,50 \%} \\ \text{Jumlah} &= 100 \% \end{aligned}$$

Berat masing-masing material untuk campuran AC-WC pada contoh kadar aspal 5,5 %.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Batu pecah } 3/4" &= 11,34 \% \times 1200 = 136,08 \text{ gr} \\ 2. \text{ Batu pecah } 1/2 " &= 34,97\% \times 1200 = 419,58 \text{ gr} \end{aligned}$$

3.	Abu batu	= 39,69% x 1200	= 476,28 gr
4.	Pasir	= 7,56% x 1200	= 90,72 gr
5.	Filler	= 0,95% x 1200	= 11,34 gr
6.	Aspal	= 5,50% x 1200	= <u>66,0 gr</u>
	Jumlah		= 1200 gr

Rangkuman hasil perhitungan berat tiap-tiap campuran pada kadar aspal rencana (4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%,) dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Rekapitan Hasil Perhitungan Berat Tiap Kadar Aspal

KOMPONEN	KOMPOSISI AGREGAT	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
(a) BATU PECAH 3/4	12.00%	11.46	11.40	11.34	11.28	11.22
(b) BATU PECAH 1/2	37.00%	35.34	35.15	34.97	34.78	34.60
(c) ABU BATU	42.00%	40.11	39.90	39.69	39.48	39.27
(d) PASIR ALAM	8.00%	7.64	7.60	7.56	7.52	7.48
(e) Filler (semen)	1.00%	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94
TOTAL AGG CAMPURAN (%)	100%	95.5	95.0	94.5	94.0	93.5
TOTAL CAMPURAN (%)		100	100	100	100	100

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Untuk setiap variasi kadar aspal dibuat 2 (dua) contoh benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) benda uji. Untuk variasi tumbukan 2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 pada suhu 90°C, 110°C, dan 130°C akan dibuat setelah mendapat nilai kadar aspal optimum.

4.3. Pembahasan Data

Campuran Laston AC-WC sebagai lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan antara (*AC-binder Course*) dan lapisan pondasi (*AC-Base*) harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persyaratan tersebut harus memenuhi batas gradasi kurva atas dan kurva bawah, persyaratan terhadap pengujian *Marshall* yaitu dengan memenuhi nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, Rasio partikel, harus sesuai dengan spesifikasi Bina Marga, 2010 Revisi 3.

4.3.1. Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal Perkiraan

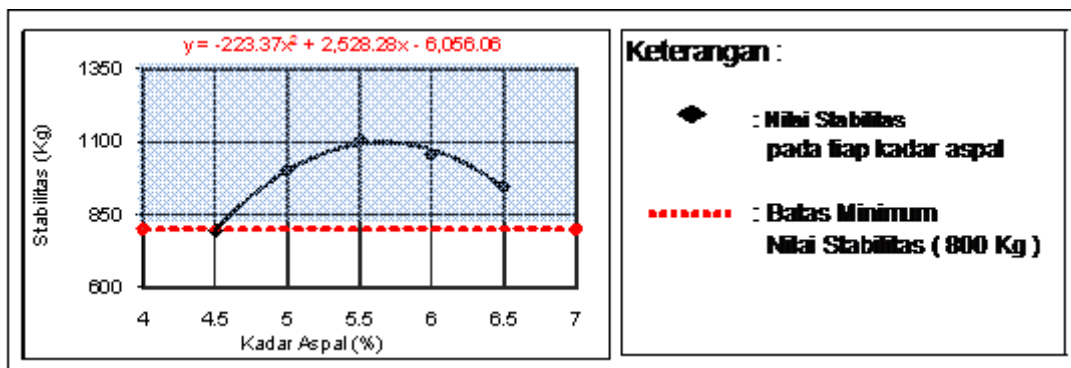
4.3.1.1. Hubungan Antara Stabilitas dengan Kadar Aspal

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal / perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Stabilitas yang terjadi adalah pergeseran antar butiran, sifat saling mengunci serta daya ikat lapisan aspal. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan akan kaku dan cepat mengalami retak. Hubungan antara stabilitas dan kadar aspal optimum dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut ini.

Tabel 4.17 Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Kadar Aspal	Stabilitas
4,5 %	795.16
5,0 %	1002.07
5,5 %	1105.52
6,0 %	1053.63
6,5 %	947.30

Sumber : Hasil Perhitungan Di Laboratorium



Gambar 4.2 Grafik hubungan stabilitas dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Dengan rekapan pada tabel 4.18, menghasilkan grafik 4.2 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin meningkat jika kadar aspal bertambah, dan pada suatu titik tertentu nilai stabilitas akan kembali menurun dengan semakin bertambahnya kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada banyaknya kadar aspal yang digunakan. Bila kadar aspal yang digunakan terlalu sedikit atau terlalu banyak; maka nilai stabilitasnya akan menurun. Berdasarkan grafik di atas dapat diuraikan bahwa jika kadar aspal sedikit maka tebal selimut aspalnya menjadi tipis, hal ini akan menyebabkan kurangnya

ikatan yang terjadi antar agregat sehingga jika dikenai beban maka ikatan antara agregat akan sangat mudah untuk terlepas. Jika kadar aspal terlalu besar atau banyak maka selimut aspalnya menjadi tebal sehingga apabila dikenai beban setelah direndam dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 30 menit lapisan aspal tersebut akan berubah bentuk menjadi elips atau tidak seperti bentuk aslinya yakni berbentuk bulat dan mudah hancur. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada kondisi kadar aspal yang terlalu sedikit ataupun terlalu banyak, nilai stabilitas yang terjadi adalah rendah karena jika presentase kadar aspal sudah mencapai nilai optimum maka akan terjadi pengikatan yang baik antara agregat dengan aspal sehingga menghasilkan nilai stabilitas yang maksimum. Misalnya pada kadar aspal 4,5% di lihat bahwa nilai stabilitas bahkan dibawah batas minimum stabilitas yang disyaratkan yaitu 800 Kg.

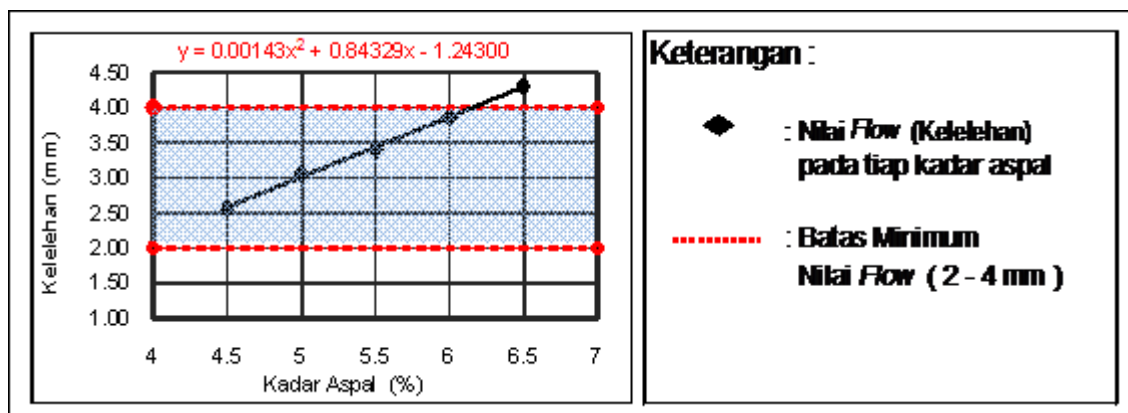
4.3.1.2. Hubungan Antara Kelelehan (*Flow*) dan Kadar Aspal

Ketahanan terhadap *flow* adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelehan berupa alur dan retak.

Tabel 4.18 Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Kelelehan (<i>Flow</i>)
4,5 %	2.56
5,0 %	3.07
5,5 %	3.40
6,0 %	3.87
6,5 %	4.31

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4.3 Grafik hubungan *Flow* dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Nilai *flow* menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban yang bekerja sampai batas keruntuhan. Berdasarkan rekapan pada tabel 4.19, menghasilkan grafik 4.3 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *flow* akan semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan karena pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik sehingga daya ikat aspal semakin berkurang. Apabila dikenakan beban setelah direndam dalam *water bath* dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit campuran akan berubah bentuk dan tidak seperti aslinya yakni berbentuk bulat dan mudah hancur jika melebihi beban tekannya serta jarum pembacaan nilai *Flow* akan tetap berputar hingga jarum pembacaan stabilitas berhenti berputar. Misalkan pada kadar aspal 6,5 % nilai *Flow* (Kelelehan) adalah 4.31 mm melebihi batas maksimal nilai kelelehan yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yakni 4 mm.

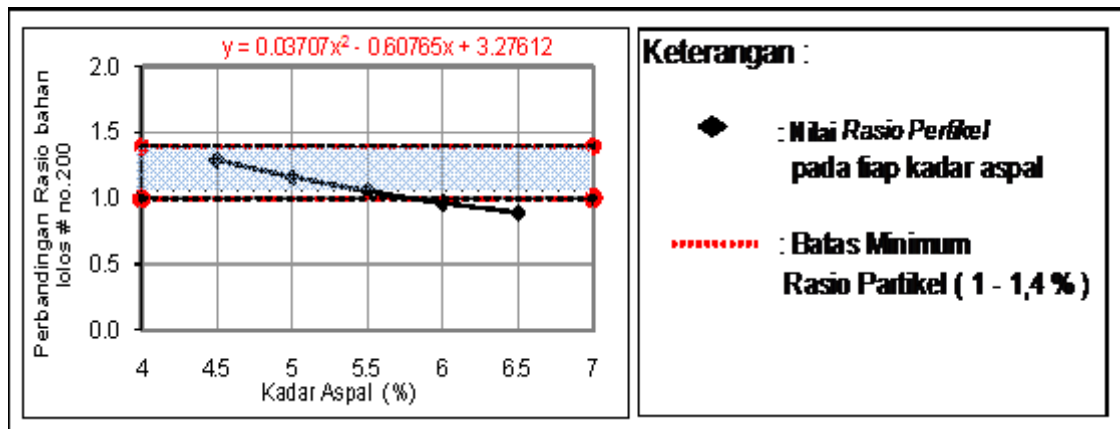
4.3.1.3. Hubungan Antara Rasio Partikel dan Kadar Aspal

Rasio partikel merupakan persentase jumlah bahan atau banyaknya bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor #200 (0,075 mm) dengan kadar aspal yang tetap. Batasan nilai rasio partikel adalah 1,0 sampai dengan 1,4 berdasarkan ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Untuk melihat hubungan antara rasio bahan lolos ayakan no. #200 dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.19 Hubungan Rasio Partikel dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Rasio Partikel (%)
4,5 %	1.29
5,0 %	1.16
5,5 %	1.06
6,0 %	0.97
6,5 %	0.89

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4.4 Grafik hubungan Perbandingan Rasio Bahan lolos # no. 200 dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Berdasarkan rekapan tabel 4.20 menghasilkan gambar grafik 4.4 hasil perhitungan di Laboratorium disimpulkan bahwa pada kadar aspal 6,5% dan kadar aspal 6,0% tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni minimum 1% dan maksimum 1,4%. Hal ini disebabkan karena dari hasil perhitungan, presentase kadar aspal efektif mempengaruhi nilai rasio partikel pada campuran.

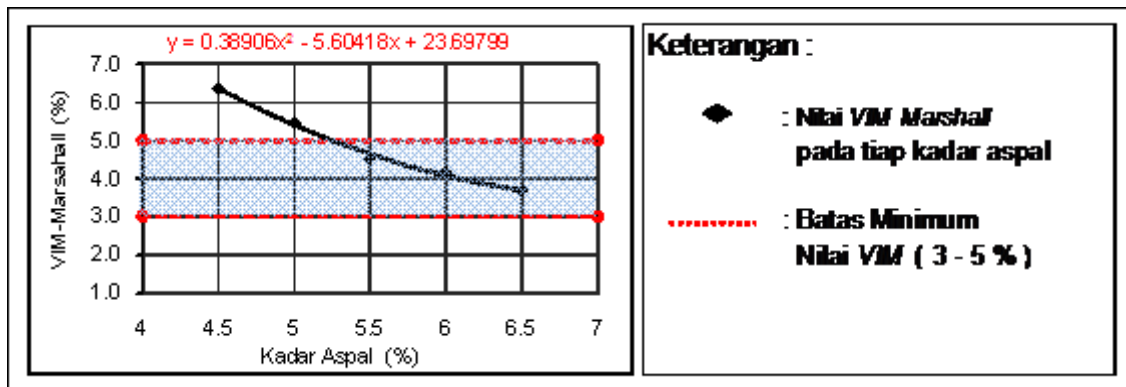
4.3.1.4. Hubungan Antara *Void in Mix (VIM)* dan Kadar Aspal

VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat di antara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah beton aspal dipadatkan. Untuk hubungan antara VIM dan kadar aspal dapat dilihat pada tabel 4.21 serta gambar 4.5 berikut ini.

Tabel 4.20 Hubungan VIM dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	VIM (%)
4,5 %	6.35
5,0 %	5.46
5,5 %	4.55
6,0 %	4.15
6,5 %	3.69

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4.5 Grafik hubungan VIM dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Berdasarkan rekapan pada tabel 4.21, menghasilkan grafik 4.5 dapat dilihat bahwa semakin besar presentase kadar aspal maka rongga udara dalam campuran aspal padat akan semakin kecil, sedangkan semakin kecil kadar aspal maka nilai rongga dalam campuran padat akan semakin besar. VIM yang terlalu besar menyebabkan beton aspal padat berkurang kedekatan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. Sedangkan bila VIM kecil dan kadar aspal tinggi akan menyebabkan lapisan aspal meleleh (*bleeding*) pada saat pemadatan tambahan akibat lalu lintas. Gambar grafik 4.5 menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udara dalam campuran Laston, pada kadar aspal 5,5% sampai dengan 6,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3, sedangkan pada kadar aspal 4,5%, 5,0%, tidak memenuhi spesifikasi karena keluar atau melebihi batas yang disyaratkan yakni 5%.

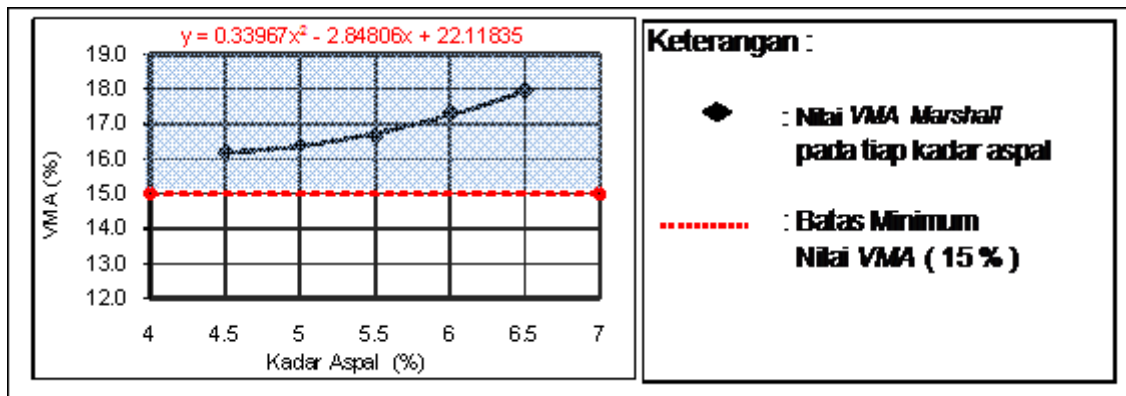
4.3.1.5. Hubungan Antara *Void in the Mineral Aggregate (VMA)* dan Kadar aspal

VMA adalah volume pori dalam beton aspal padat jika seluruh selimut padat ditiadakan. Hubungan kadar aspal padat dapat dilihat pada tabel 4.22 dan gambar 4.6 berikut ini.

Tabel 4.21 Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	VMA (%)
4,5 %	16.17
5,0 %	16.41
5,5 %	16.65
6,0 %	17.32
6,5 %	17.94

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4.6 Grafik hubungan VMA dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Dari tabel 4.22, menghasilkan grafik 4.6 Dari grafik dapat terlihat bahwa nilai VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka semakin banyak aspal yang akan mengisi rongga-rongga di antara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan semakin kecil. Dari Tabel 4.22 dan Grafik 4.6 juga dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 menetapkan batas minimum untuk nilai VMA adalah 15 %.

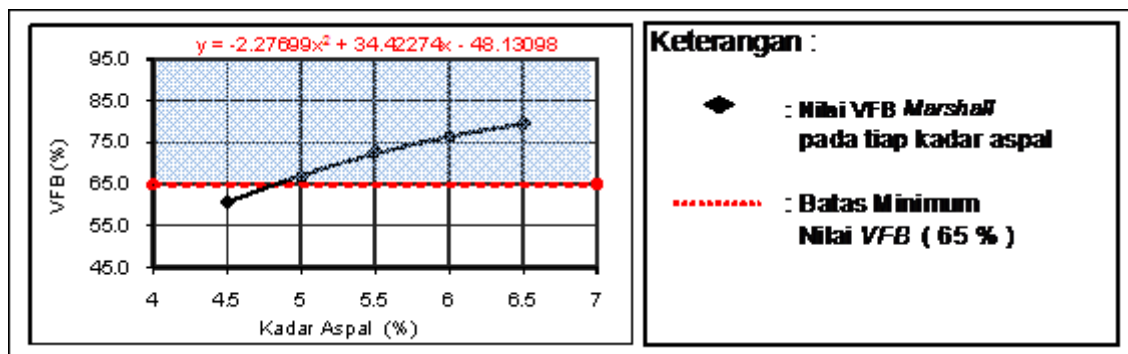
4.3.1.6. Hubungan Antara *Void Filled with Asphalt (VFA)* dan Kadar Aspal.

VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal. Hubungan antara VFA kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan Gambar 4.7

Tabel 4.22 Hubungan VFA dngan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	VFB (%)
4,5 %	60.76
5,0 %	66.76
5,5 %	72.65
6,0 %	76.28
6,5 %	79.43

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



Gambar 4.7 Grafik hubungan VFB dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

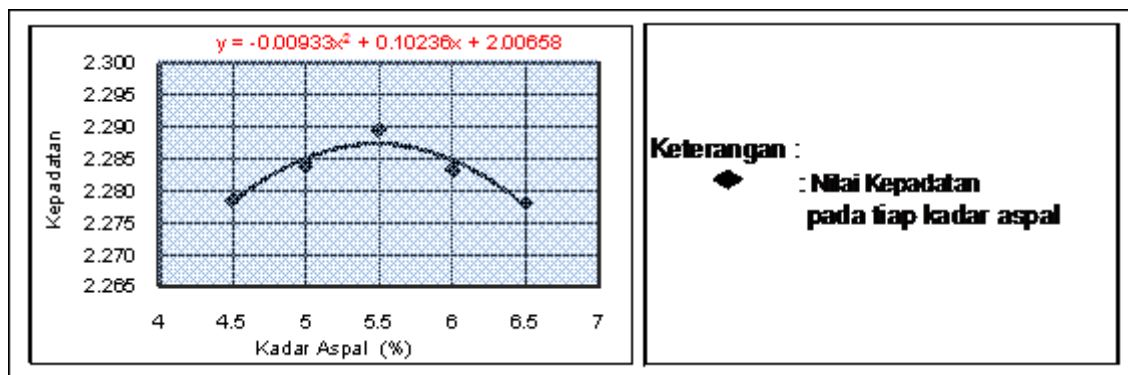
Berdasarkan rekapan pada tabel 4.23, menghasilkan grafik 4.7 terlihat bahwa nilai VFA pada kadar aspal 4,5 % tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yakni minimum 65 % sedangkan pada kadar aspal 5%, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 revisi 3. Semakin tinggi kadar aspal yang ada maka semakin tinggi nilai VFA karena semakin kecil pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal mengakibatkan nilai VFA menjadi semakin besar. Dalam hal ini makin banyak terisi oleh aspal.

4.3.1.7. Hubungan Kepadatan dan Kadar Aspal

Tabel 4.23 Hubungan Kepadatan ddengan Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Kepadatan
4,5 %	2.28
5,0 %	2.28
5,5 %	2.29
6,0 %	2.28
6,5 %	2.28

Sumber Hasil Perhitungan di Laboratorium



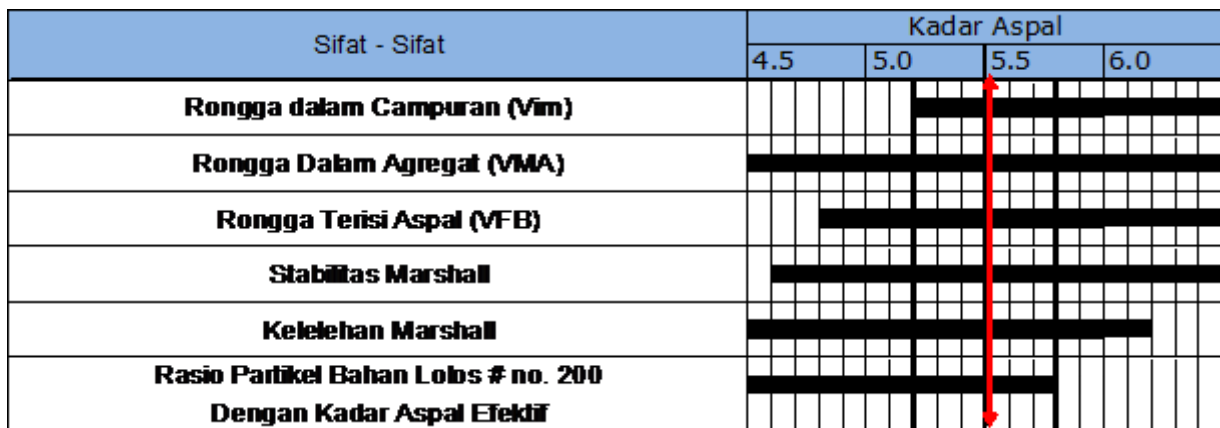
Gambar 4.8 Grafik hubungan Kepadatan dengan kadar aspal

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Berdasarkan rekapan pada tabel 4.24, menghasilkan grafik 4.8 diatas terlihat bahwa semakin besar kadar aspal maka semakin besar kepadatan yang terjadi. namun setelah melewati batas kepadatan dari benda uji maka kepadatan akan menurun. Hal ini karena kadar aspal yang ada meningkat terus setelah melewati batas. Rongga - rongga yang ada juga sudah penuh terisi aspal, sehingga aspal yang ada sudah tidak bisa mengisi rongga lagi. Hal ini menyebabkan kepadatan menurun dan mudah terjadi *bleeding*.

4.3.2. Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah rentang kadar aspal yang masing-masing parameter memenuhi persyaratan *Marshall*. Kadar aspal optimum diperoleh setelah pengujian marshall, dimana pada saat kadar aspal mencapai optimum nilai *VIM* = 6 %. Kadar aspal optimum yang dicapai sebesar 5,5 % dan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga yaitu menyangkut stabilitas, *flow*, *Rasio partikel*, *VIM*, *VMA*, *VFB*, *VIM*. Kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan membuat diagram batang berdasarkan nilai hasil pengujian di atas terhadap seluruh parameter *Marshall*, dengan menentukan bahwa kadar aspal optimum berada pada titik tengah dari rentang kadar aspal optimum yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi. untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Keterangan :

- = Kadar aspal optimum
 = Parameter *Marshall* (yang memenuhi)
 = Parameter *Marshall* (yang tidak memenuhi)

Gambar 4.9 Diagram batang kadar aspal optimum

Sumber : Hasil Perhitungan Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian campuran Laston AC-WC dengan metode *Marshall* menggunakan agregat dari *Quarry* Talau maka dapat dikatakan memenuhi semua persyaratan parameter *Marshall*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran perhitungan kadar aspal optimum.

Diketahui : Nilai “ x ” adalah nilai dari KAO = **5,52 %**

1. Stabilitas

$$\begin{aligned}y &= -223.37x^2 + 2,528.28x - 6,056.06 \\&= -223.37 (5,52)^2 + 786,34817(5,52) - 6,056.06 \\&= \mathbf{1093.96 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

2. Kelelehan

$$\begin{aligned}y &= 0,00143x^2 - 0,84329x - 1,24300 \\&= 0,00143(5,52)^2 - 0,84329(5,52) + 1,24300 \\&= \mathbf{3.46 \text{ mm}}\end{aligned}$$

3. VIM

$$\begin{aligned}y &= 0.38906x^2 - 5.60418x + 23.69799 \\&= 0,38906(5,52)^2 - 5,60418(5,52) + 23,69799 \\&= \mathbf{4.616 \%}\end{aligned}$$

4. VMA

$$\begin{aligned}y &= 0.33967x^2 - 2.84806x + 22.11835 \\&= 0,33967(5,52)^2 - 2,84806(5,52) + 22,11835 \\&= \mathbf{16.75 \%}\end{aligned}$$

5. VFB

$$\begin{aligned}y &= -2,27699x^2 + 34,42274x - 48,13098 \\&= -2,27699 (5,52)^2 + 34,42274(5,52) - 48,13098 \\&= \mathbf{72,51 \%}\end{aligned}$$

6. Rasio Partikel

$$\begin{aligned}y &= 0,03707x^2 - 0,60765x + 3,27612 \\&= 0,03707 (5,52)^2 - 0,60765(5,52) - 3,27612 \\&= \mathbf{1,06 \%}\end{aligned}$$

7. Kepadatan

$$\begin{aligned}y &= -0,00933x^2 + 0,10236x + 2,00658 \\&= -0,00933 (5,52)^2 + 0,10236(5,52) - 2,00658 \\&= \mathbf{2,287 \text{ Kg/mm}}\end{aligned}$$

Tabel 4.24 Nilai Parameter Marshall yang Dicapai Pada Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi Bina Marga 2010
1	Kepadatan	-	2.287	-
2	Stabilitas	Kg	1093.96	Minimal 800
3	Flow (Kelelehan)	mm	3.46	2 - 4
4	Rasio Partikel	%	1.06	1,0 - 1,4
5	VIM	%	4.616	3,0 - 5,0
6	VMA	%	16.75	Minimal 15
7	VFB	%	72.51	Minimal 65

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium

Semakin tinggi kadar aspal maka nilai stabilitas dan nilai kepadatan akan semakin meningkat hingga mencapai batas optimum. Namun setelah melewati batas optimum maka nilai stabilitas dan nilai kepadatan akan menurun kembali karena selimut film aspal, yang sudah ada sudah menjadi tebal sehingga akan terjadi perubahan bentuk dari benda uji setelah diberi pembebanan dari alat marshall. Dan semakin tinggi kadar aspal maka nilai VMA dan VFB akan semakin tinggi karena rongga-rongga yang ada antar agregat sudah terisi aspal. Sedangkan semakin tinggi kadar aspal maka nilai VIM akan semakin rendah karena rongga-rongga yang ada dalam campuran sudah penuh terisi aspal.

4.3.2.1. Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran dengan KAO

Dari Tabel 4.26 terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran Laston AC-WC menggunakan material *Quarry* Talau dengan komposisi batu pecah $\frac{3}{4}$ " 11,337 %, batu pecah $\frac{1}{2}$ " 34,957 %, abu batu 39,681 %, pasir 7,558 %, *filler* 0.945 %, adalah 5,52 % dari parameter *Marshall* tersebut. Rangkuman dari hasil pengujian tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.25 Rangkuman hasil uji campuran

No	Komponen	Satuan	Proporsi	Spesifikasi Bina Marga 2010	Keterangan
1	Batu Pecah 3/4"	%	11.337	-	Tidak disyaratkan
2	Batu Pecah 1/2"	%	34.957	-	Tidak disyaratkan
3	Abu Batu	%	39.681	-	Tidak disyaratkan
4	Pasir Alam	%	7.558	Max. 15	Memenuhi
5	Filter (Semen)	%	0.945	Max. 2	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Tabel 4.26 Rangkuman hasil uji campuran Total.

NO	SIFAT-SIFAT	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI BINA MARGA 2010 REV. 3	KETERANGAN
1	Kadar Aspal Total	%	5.5	-	Tidak disyaratkan
2	Bahan Anti Pengelupasan	%	0.20	0.2 - 0.4	Memenuhi
3	Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)	-	2.398	-	Tidak disyaratkan
4	Berat Jenis Aspal	-	1.030	-	Tidak disyaratkan
5	Berat Jenis Bulk Agregat	-	2.596	-	Tidak disyaratkan
6	Proporsi Agregat	%	94.48	-	Tidak disyaratkan
7	Rasio Partikel Lobes no. 200 Dengan Kadar Aspal Efektif	%	1.05	1.0 - 1.4	Memenuhi
8	Penyerapan Aspal	%	0.061	Max 1.2	Memenuhi
9	Kadar Aspal Efektif	%	5.460	Min 4.3	Memenuhi
10	Berat Jenis Control Camp. Padat (Gmb)	-	2.287	-	Tidak disyaratkan
11	Stabilitas Marshall	Kg	1,093.96	Min 800	Memenuhi
12	Kelelahan Marshall	mm	3.457	2.0 - 4.0	Memenuhi
13	Rongga dalam campuran (VMI)	%	4.62	3.0 - 5.0	Memenuhi
14	Rongga dalam agregat (VMA)	%	16.75	Min 15	Memenuhi
15	Rongga terisi aspal (VFB)	%	72.51	Min 65	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Pada tabel 4.26 diatas dapat dilihat bahwa pengujian material *quarry* Talau untuk campuran laston AC – WC mulai dari pengujian sifat fisik material sampai pada pengujian *marshall* semua memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

4.3.2.2. Hasil Pengujian Benda Uji AC-WC Pada Kondisi KAO dengan Variasi Tumbukan (2 x 65, 2 x 75 dan 2 x 85) dan Suhu (90°C, 110°C, dan 130°C) Menggunakan Alat *Marshall* Sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

Pengujian campuran AC-WC dengan pengaruh variasi tumbukan dan suhu menggunakan pengujian *Marshall* yang menjadi tolak ukur adalah stabilitas. Karakteristik ini sangat penting untuk campuran AC-WC ini. Pengujian ini menggunakan komposisi campuran dari kadar aspal optimum yang sudah didapat lewat pengujian *Marshall* pertama. Jadi kadar aspal yang digunakan adalah 5,5 %, dengan komposisi campuran dapat dilihat di bawah ini.

Misalnya percobaan komposisi dengan proporsi persen batu pecah $\frac{3}{4}$ " 11,337 %, batu pecah $\frac{1}{2}$ " 34,957 %, abu batu 39,681 %, pasir 7,558 %, *filler* 0,945 %. Berat masing-masing material untuk campuran AC-WC pada kadar aspal total 5,52 %.

1) Batu pecah $\frac{3}{4}$ "	= 11,337 % x 1200	= 136,04 gr
2) Batu pecah $\frac{1}{2}$ "	= 34,957 % x 1200	= 419,48 gr
3) Abu batu	= 39,681 % x 1200	= 476,17 gr
4) Pasir	= 7,558 % x 1200	= 90,70 gr
5) <i>Filler</i>	= 0,944 % x 1200	= 11,33 gr
6) Aspal	= 5,5 % x 1200	= <u>66,00 gr</u>
Jumlah		= 1200 gr

Untuk kadar aspal optimum tersebut dibuat dua contoh benda uji yaitu A dan B sehingga berjumlah 18 benda uji, yakni untuk variasi tumbukan 2 x 65 menggunakan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C berjumlah 6 benda uji, 2 x 75 menggunakan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C berjumlah 6 benda uji, dan 2 x 85 menggunakan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C berjumlah 6 benda uji. Total banyaknya benda uji dengan variasi tumbukan adalah 18 buah benda uji.

Hasil pengujian *Marshall* pada KAO (5,5 %) dan hubungan parameter *Marshall* kali ini adalah terhadap variasi tumbukan dan suhu. Rangkuman hasil perhitungan *Marshall* untuk variasi tumbukan dan suhu dapat dilihat pada tabel 4.28 dibawah ini.

Tabel 4.27. Rangkuman hasil perhitungan *Marshall* kadar aspal optimum

Kadar aspal (%)	Benda Uji Marshall	Parameter Marshall					
		Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Rasio (%)
Spesifikasi		min. 800	2 - 4	Min. 15	3 - 5	min. 65	1 - 1.4
4.5	A	783.0	2.62	16.17	6.34	60.78	1.29
	B	807.3	2.50	16.18	6.35	60.73	1.29
Rata - Rata		795.2	2.56	16.17	6.35	60.76	1.29
5.0	A	977.7	3.06	16.46	5.51	66.53	1.16
	B	1026.4	3.07	16.37	5.40	66.99	1.16
Rata - Rata		1002.1	3.07	16.41	5.46	66.76	1.16
5.5	A	1099.4	3.42	16.64	4.54	72.71	1.06
	B	1111.6	3.37	16.66	4.56	72.60	1.06
Rata - Rata		1105.5	3.40	16.65	4.55	72.65	1.06
6.0	A	1056.5	3.82	16.46	3.15	80.88	0.97
	B	1050.8	3.92	18.18	5.15	71.68	0.97
Rata - Rata		1053.6	3.87	17.32	4.15	76.28	0.97
6.5	A	925.0	4.39	17.95	3.70	79.37	0.89
	B	969.6	4.22	17.93	3.67	79.50	0.89
Rata - Rata		947.3	4.31	17.94	3.69	79.43	0.89

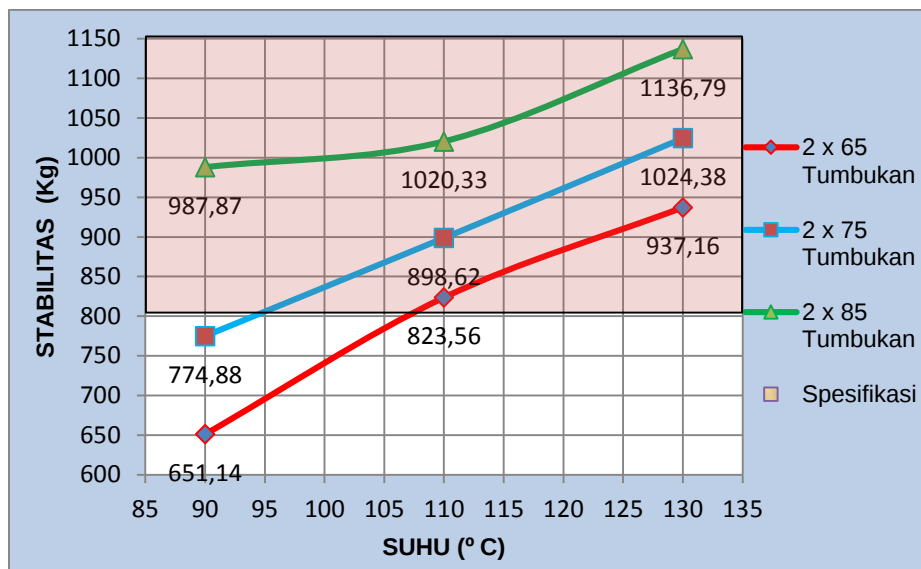
Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

4.3.2.3. Hubungan Stabilitas dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan suhu Pemadatan

Tabel 4.28. Hasil uji *marshall* KAO untuk nilai Stabilitas menggunakan variasi Tumbukan 2 x 65, 2 x 75 dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	Stabilitas (Kg)	Spek (Kg)
2 X 65	90° C	651.14	Min. 800
	110° C	823.56	
	130°C	937.16	
2 X 75	90° C	774.88	
	110° C	898.62	
	130°C	1,024.38	
2 X 85	90° C	987.87	
	110° C	1,020.33	
	130°C	1,136.79	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.10 Grafik hubungan stabilitas dengan variasi jumlah tumbukan dan suhu pemadatan

Sumber : Hasil Perhitungandi Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

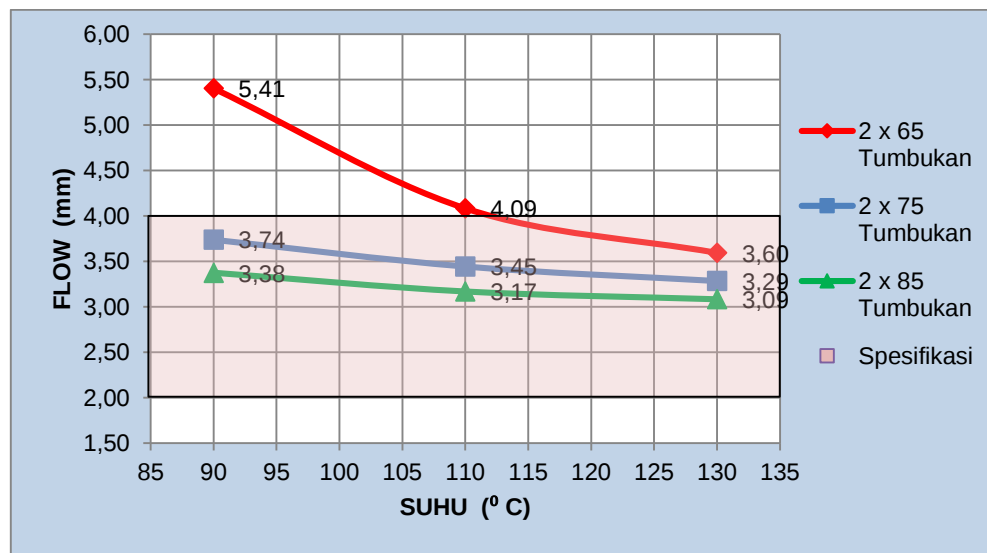
Berdasarkan rekapan pada tabel 4.28, menghasilkan grafik 4.10 yang menunjukkan hasil perhitungan laboratorium di atas dapat dilihat bahwa, pada saat jumlah tumbukan dikurangi menjadi 2 x 65 tumbukan dalam keadaan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C, dan Jumlah tumbukan 2 x 75 dalam keadaan suhu 90°C dibawah batas ijin suhu yang diisyaratkan yaitu 145°C, nilai *stabilitas* menjadi lebih rendah dari batas minimum yang diisyaratkan yaitu 800 kg. hal ini disebabkan karena pada saat suhu pemadatan rendah dengan jumlah tumbukan tertentu maka campuran aspal padat ketika menerima beban dari alat *marshall* menjadi tidak stabil atau mudah retak. Sifat saling mengunci antar beberapa agregat, serta daya ikat lapisan aspal menjadi kurang baik karena suhu yang rendah pada saat pemadatan mengakibatkan campuran kurang padat. Dapat disimpulkan juga bahwa, jika nilai stabilitas suatu campuran rendah, akan mudah mengalami ruting, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sedangkan pada saat jumlah tumbukan dinaikkan sebanyak 2 x 85 tumbukan dalam keadaan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C , nilai stabilitas menjadi lebih tinggi. nilai stabilitas yang tinggi maka campuran tersebut cenderung bersifat kaku dan getas .

4.3.2.4. Hubungan *Flow* dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan suhu pemadatan

Tabel 4.29. Hasil uji *marshall* KAO untuk nilai *Flow* menggunakan variasi Tumbukan 2 x 65, 2 x 75 dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	<i>Flow</i> (mm)	Spek (mm)
2 X 65	90 ⁰ C	5.405	2 - 4
	110 ⁰ C	4.085	
	130 ⁰ C	3.595	
2 X 75	90 ⁰ C	3.740	
	110 ⁰ C	3.445	
	130 ⁰ C	3.285	
2 X 85	90 ⁰ C	3.375	
	110 ⁰ C	3.170	
	130 ⁰ C	3.085	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.11 Grafik hubungan *Flow* dengan variasi jumlah tumbukan dan suhu pemadatan

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungandi Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

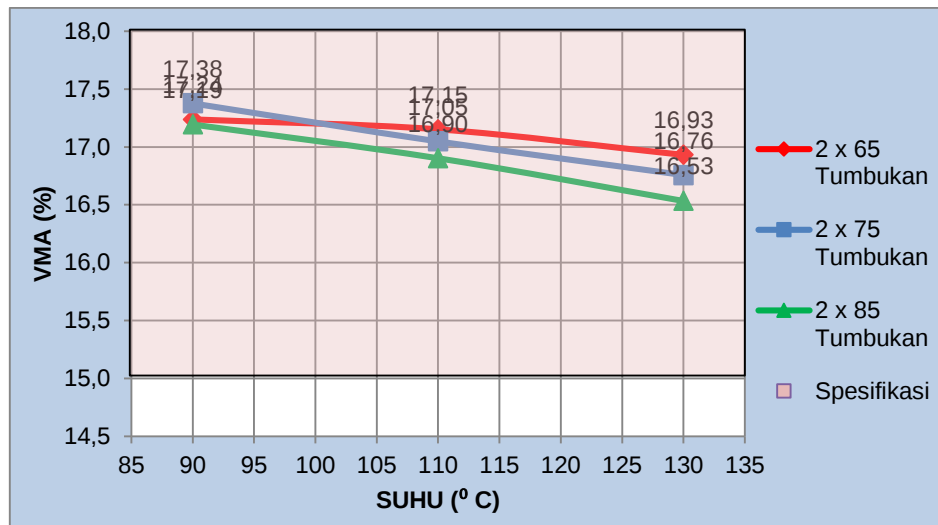
Berdasarkan grafik 4.11 di atas dapat disimpulkan bahwa jika suhu tumbukan semakin tinggi nilai *Flow* semakin rendah. Hal ini disebabkan karena pada kondisi suhu tumbukan rendah dengan jumlah tumbukan yang sedikit, campuran tidak begitu padat sehingga meninggalkan banyak rongga kosong di dalam campuran. Ketika dilakukan tes *Marshall* atau pemberian beban maka campuran aspal tersebut akan mengalami perubahan bentuk dari bentuk bulat menjadi bentuk elips karena rongga yang ada dalam campuran semakin kecil setelah menerima beban tertentu. Namun jika suhu tumbukan semakin rendah maka nilai *Flow* semakin rendah. Misalkan dapat dilihat pada grafik pemadatan 2 X 65 tumbukan. Jika pemadatan dikurangi menjadi 2x65 tumbukan pada suhu dibawah batas toleransi 145°C nilai *Flow* semakin besar atau melewati batas yang disyaratkan oleh spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 4 mm. Dapat disimpulkan juga bahwa, jika nilai *flow* suatu campuran tinggi maka campuran tersebut cenderung bersifat plastis dan berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas yang berlebihan. Namun pada suhu yang sama (dibawah batas toleransi) jika jumlah tumbukan ditambah maka nilai *Flow* akan memenuhi spesifikasi. Hal ini dapat dilihat pada grafik 2 x 75 dan grafik 2 x 85 tumbukan. Nilai *flow* yang rendah pada suatu campuran akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan akan mudah mengalami retak.

4.3.2.5. Hubungan VMA dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan Suhu Pemadatan.

Tabel 4.30 Hasil Uji Marshall KAO untuk Nilai VMA Menggunakan Variasi 2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 Tumbukan dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	VMA (%)	Spek (%)
2 X 65	90° C	17.238	Min. 15
	110° C	17.152	
	130°C	16.932	
2 X 75	90° C	17.377	
	110° C	17.048	
	130°C	16.756	
2 X 85	90° C	17.194	
	110° C	16.903	
	130°C	16.534	

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.12 Grafik hubungan VMA dengan variasi jumlah tumbukan dan suhu pemadatan

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas

Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Berdasarkan rekapan table 4.30 diatas menghasilkan gambar grafik 4.12 yang menunjukkan hasil perhitungan di Laboratorium diatas bahwa jika tumbukan dikurangi menjadi 2 x 65 tumbukan dengan suhu 90°C, 110°C dan 130°C nilai VMA lebih besar dibandingkan pada saat tumbukan ditambah 2 x 85 Tumbukan dengan kondisi suhu tumbukan 90°C, 110°C dan 130°C. hal ini terjadi karena pada saat suhu pemadatan kecil dengan jumlah tumbukan yang sedikit maka pori dalam beton aspal padat menjadi sedikit mengingot sifat aspal yang termoplastis atau menjadi padat ketika suhu dingin. Pada grafik 4.12 juga dilihat bahwa ketiga variasi tumbukan diatas memenuhi batas minimum nilai VMA yang disyaratkan yakni minimal 15%, akan tetapi nilai VMA akan semakin menurun jika tumbukan dikurangi lagi. Nilai VMA yang rendah maka campuran akan mengalami masalah durabilitas, sedangkan nilai VMA yang tinggi maka campuran akan memperlihatkan masalah stabilitas

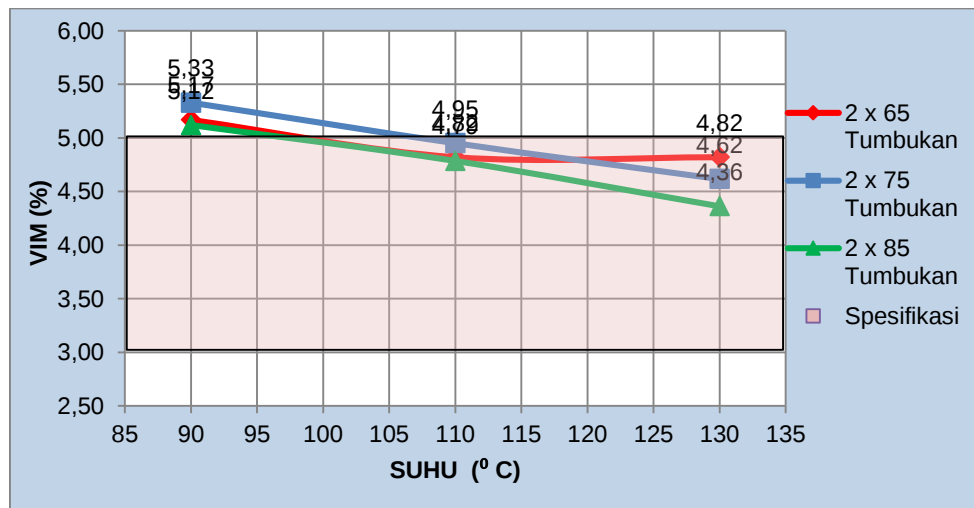
4.3.2.6. Hubungan VIM dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan Suhu Pemadatan

Void in Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Jumlah tumbukan dan suhu juga berpengaruh terhadap nilai VIM. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.32 dan gambar grafik 4.13 berikut ini.

Tabel 4.31. Hasil uji marshall KAO untuk nilai VIM menggunakan variasi tumbukan 2 x 65, 2 x 75 dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	VIM (%)	Spek (%)
2 X 65	90 ⁰ C	5.17	3 - 5
	110 ⁰ C	5.07	
	130 ⁰ C	4.82	
2 X 75	90 ⁰ C	5.33	
	110 ⁰ C	4.95	
	130 ⁰ C	4.62	
2 X 85	90 ⁰ C	5.12	
	110 ⁰ C	4.79	
	130 ⁰ C	4.36	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.13 Grafik hubungan VIM dengan jumlah tumbukan dan suhu pemadatan

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT.

Berdasarkan hasil rekapitan tabel 4.31 menghasilkan gambar grafik 4.13 diatas. Dari hasil pengujian dan perhitungan di Laboratorium dapat disimpulkan bahwa jika tumbukan dikurangi menjadi 2 x 65 dengan kondisi suhu tumbukan 90°C, 110°C dan 130°C nilai VIM akan semakin besar dibandingkan pada saat jumlah tumbukan ditambah 2 x 85 dengan kondisi suhu pemadatan 90°C, 110°C dan 130°C. Pada kondisi ini, jika suhu pemadatan dinaikan dan jumlah pemadatan ditambah maka nilai VIM akan mengalami penurunan karena volume rongga atau pori yang masih tersisa semakin kecil. Dari grafik 4.13 juga dapat dilihat kondisi 2 x 65 tumbukan dengan suhu pemadatan 90°C dan 110°C serta kondisi 2 x 75 tumbukan dengan suhu 90°C dan kondisi 2 x 85 dengan suhu pemadatan 90°C tidak

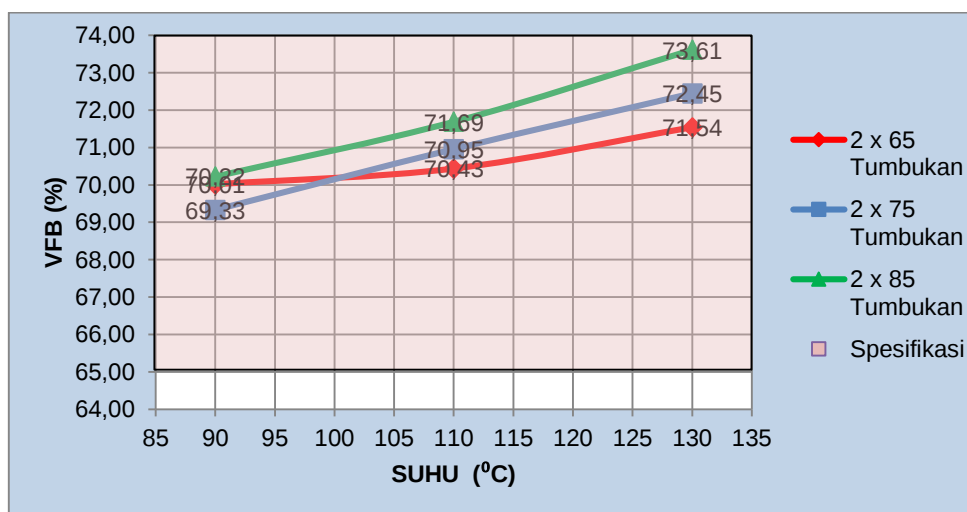
memenuhi atau melebihi batas yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni 5%. Nilai VIM yang rendah akan mengakibatkan *bleeding* saat menerima beban lalu lintas, dan Nilai VIM yang tinggi mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat karena rongga dalam campuran menjadi besar.

4.3.2.7. Hubungan VFB dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan Suhu Pemadatan

Tabel 4.33. Hasil uji *marshaall* KAO untuk nilai VFB menggunakan variasi tumbukan 2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	VFB (%)	Spek (%)
2 X 65	90°C	70.01	Min. 65
	110°C	70.43	
	130°C	71.54	
2 X 75	90°C	69.33	
	110°C	70.95	
	130°C	72.45	
2 X 85	90°C	70.82	
	110°C	71.69	
	130°C	73.61	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.14 Grafik Hubungan VFB dengan jumlah variasi tumbukan dan suhu pemadatan

Sumber : Hasil pengujian dan perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

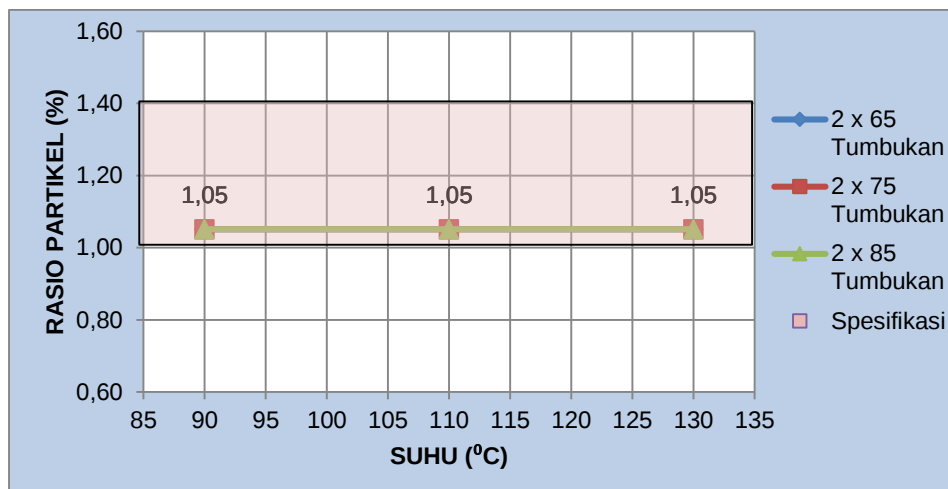
Berdasarkan rekapitan hasil perhitungan tabel 4.33 menghasilkan gambar grafik 4.14 hasil perhitungan di Laboratorium disimpulkan bahwa ketika jumlah tumbukan dikurangi 2 x 65 dengan kondisi suhu pemadatan 90°C, 110°C dan 130°C nilai *VFB* menjadi lebih kecil. Dibandingkan pada saat jumlah tumbukan ditambah 2 x 85 dengan kondisi suhu tumbukan 90°C, 110°C dan 130°C. Hal ini disebabkan karena kurangnya jumlah pemadatan pada benda uji mengakibatkan benda uji kurang padat, sehingga aspal akan sulit masuk dan mengisi rongga yang ada. Meskipun dengan jumlah tumbukan yang sama, jika suhu ditambah maka nilai *VFB* akan mengalami peningkatan karena semakin banyak aspal yang mengisi rongga karena suhu semakin tinggi. Pada kasus ini nilai *VFB* yang lebih tinggi menyebabkan semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga tinggi akan tetapi jika nilai *VFB* yang lebih tinggi akan mengakibatkan *bleeding*. Nilai *VFB* yang lebih rendah akan mengakibatkan campuran kurang kedap air dan udara karena film aspal menjadi lebih tipis dan mudah retak. Pada grafik diatas ketiga variasi tumbukan memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yakni minimal nilai *VFB* adalah 65%.

4.3.2.8. Hubungan Rasio Partikel dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan Suhu Pemadatan

Tabel 4.34. Hasil uji *marshall* KAO untuk nilai Rasio Partikel menggunakan variasi tumbukan 2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	Rasio Partikel lolos saringan #200	Spek (%)
2 X 65	90 ⁰ C	1.05	1 - 1,4
	110 ⁰ C	1.05	
	130 ⁰ C	1.05	
2 X 75	90 ⁰ C	1.05	
	110 ⁰ C	1.05	
	130 ⁰ C	1.05	
2 X 85	90 ⁰ C	1.05	
	110 ⁰ C	1.05	
	130 ⁰ C	1.05	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.15 Grafik hubungan Rasio Partikel dengan jumlah variasi tumbukan dan suhu

Sumber : Hasil perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

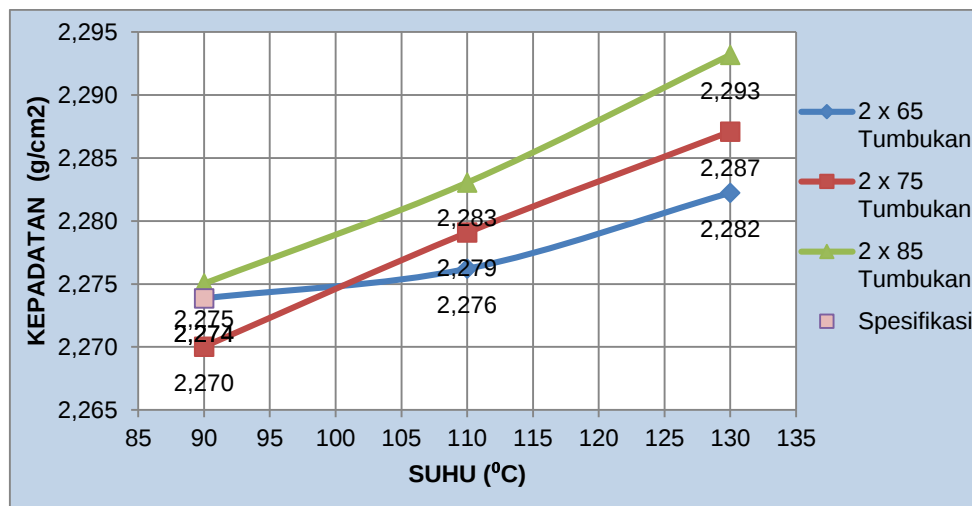
Berdasarkan grafik 4.15 dapat dilihat bahwa pada ketiga variasi tumbukan dengan suhu pemadatan 90°C, 110°C, dan 130°C masing – masing memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yakni minimum 1% dan maksimum 1,4%. Nilai Perbandingan Rasio partikel lolos #no. 200 untuk tiga variasi tumbukan dengan variasi suhu adalah 1.05% karena nilai rasio partikel dibandingkan hanya dengan satu kadar aspal yaitu 5.52% sehingga ketiga variasi tumbukan memiliki nilai rasio partikel yang sama.

4.3.2.9. Hubungan Kepadatan dengan Variasi Jumlah Tumbukan dan Suhu Pemadatan

Tabel 4.35. Hasil uji *marshall* KAO untuk nilai kepadatan menggunakan variasi tumbukan 2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Suhu	Kepadatan
2 X 65	90° C	2.274
	110° C	2.276
	130°C	2.282
2 X 75	90° C	2.270
	110° C	2.279
	130°C	2.287
2 X 85	90° C	2.275
	110° C	2.283
	130°C	2.293

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT



Gambar 4.16 Grafik hubungan Pemadatan dengan jumlah variasi tumbukan dan suhu

Sumber : Hasil Pengujian dan perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Dari tabel 4.35, menghasilkan grafik 4.16 yang menunjukkan hasil perhitungan laboratorium di atas dapat dilihat bahwa, pada saat jumlah tumbukan dikurangi menjadi 2 x 65 tumbukan dalam keadaan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C dibawah batas ijin suhu yang diisyaratkan yaitu 145°C nilai kepadatan lebih kecil dibandingkan pada saat jumlah tumbukan dinaikkan sebanyak 2 x 85 tumbukan dalam keadaan suhu 90°C, 110°C, dan 130°C. Hal ini karena semakin tinggi suhu pemadatan suatu campuran maka semakin baik karena agregat yang terselimuti aspal dengan mudah akan masuk atau mengisi rongga yang ada. Sifat saling mengunci antar agregat juga semakin baik. Semakin tinggi nilai kepadatan suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Campuran dengan nilai kepadatan yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek antar butiran agregat lebih besar.

4.3.2.10. Rangkuman Nilai Parameter *Marshall* Terhadap Variasi Suhu Dan Tumbukan

Hasil perhitungan dan pengujian untuk variasi tumbukan dan variasi suhu dengan kadar aspal optimum 5.52% menggunakan material dari *quarry* Talau dapat dilihat pada tabel 4.35 berikut ini. Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.36. Rekapitan Hasil uji *marshall* KAO untuk variasi jumlah tumbukan (2 x 65, 2 x 75, dan 2 x 85 dengan suhu pemadatan (90°C, 110°C, dan 130°C)

Variasi Tumbukan	Variasi Suhu	Parameter Marshall							Keterangan
		Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm ²)	Rasio Partikel (%)	
Spesifikasi Bina Marga 2010 Rev. 3		Min. 800	2 - 4	Min. 15	3 - 5	Min. 65	-	1 - 1,4	
2 x 65 Tumbukan	90°C	651.14	5.41	17.24	5.17	70.01	2.274	1.05	Tidak Memenuhi
	110°C	823.56	4.09	17.15	4.82	70.43	2.276	1.05	Tidak Memenuhi
	130°C	937.16	3.60	16.93	4.82	71.54	2.282	1.05	Memenuhi
2 x 75 Tumbukan	90°C	774.88	3.74	17.38	5.33	69.33	2.270	1.05	Tidak Memenuhi
	110°C	898.62	3.45	17.05	4.95	70.95	2.279	1.05	Memenuhi
	130°C	1024.38	3.29	16.76	4.62	72.45	2.287	1.05	Memenuhi
2 x 85 Tumbukan	90°C	987.87	3.38	17.19	5.12	70.22	2.275	1.05	Tidak Memenuhi
	110°C	1020.33	3.17	16.90	4.79	71.69	2.283	1.05	Memenuhi
	130°C	1136.79	3.09	16.53	4.36	73.61	2.293	1.05	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian dan perhitungan di Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTT

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian di Laboratorium, disimpulkan bahwa ketika suhu pemadatan menurun maka akan berpengaruh pada nilai parameter *marshall* seperti nilai *Flow* akan naik dan nilai VIM juga akan naik jika suhu menurun karena semakin banyak rongga yang terdapat dalam campuran. Namun jika suhu pemadatan yang sama dengan jumlah pemadatan yang terus meningkat mengakibatkan nilai VIM dan nilai *Flow* akan menurun. Jika suhu pemadatan rendah mengakibatkan nilai stabilitas menurun namun masih dalam batas spesifikasi, nilai flow akan bertambah melewati batas spesifikasi dan nilai VIM juga akan tinggi melebihi batas spesifikasi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.35 pada variasi suhu 90°C dengan ketiga variasi tumbukan yang ada.

Dari perhitungan dan pengujian di Laboratorium, Parameter *marshall* dari variasi tumbukan yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 adalah jumlah tumbukan 2 x 65 dengan suhu 130°C, jumlah tumbukan 2 x 75 dengan suhu 110°C dan suhu 130°C, serta jumlah tumbukan 2 x 85 dengan suhu 110°C dan suhu 130°C.