

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, aspal asbuton murni (PG 70), yang di dapatkan dari PT. Gorga mandiri. Agregat yang digunakan adalah *Reclaimed Asphalt Pavement* yang didapatkan dari hasil pengupasan menggunakan alat *Cold Milling* dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kediri.

4.2 Pengujian Agregat

4.2.1 Pengujian Analisa Saringan Halus dan Kasar (SNI ASTM C136:2012)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Hasil pengujian analisa saringan yaitu agregat kasar, sedang dan halus dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 1 Analisa Saringan Agregat 0 –5 Normal

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0	0	0	0	0	0	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8" (9,5 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.4 (4,75 mm)	83,6	96,6	83,60	96,60	4,32	4,60	95,68	95,40	95,54
No.8 (2,36 mm)	411,3	445,1	494,90	541,70	25,60	25,78	74,40	74,22	74,31
No.16 (1,18 mm)	417,3	467,8	912,20	1009,50	47,19	48,04	52,81	51,96	52,38
No.30 (0,6 mm)	339,7	345,1	1251,90	1354,60	64,76	64,47	35,24	35,53	35,38
No.50 (0,28 mm)	191,8	236,8	1443,70	1591,40	74,69	75,74	25,31	24,26	24,79
No.100 (0,15 mm)	161,3	172,0	1605,00	1763,40	83,03	83,92	16,97	16,08	16,52
No.200 (0,075 mm)	150,3	155,7	1755,30	1919,10	90,81	91,33	9,19	8,67	8,93
p a n	177,7	182,1	1933,00	2101,20	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	1933,0	2101,2							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 2 Analisa Saringan Agregat 5–10 Normal

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8" (9,5 mm)	79,9	59,2	79,90	59,20	2,69	1,88	97,31	98,12	97,71
No.4 (4,75 mm)	1699,3	1739,7	1779,20	1798,90	59,93	57,10	40,07	42,90	41,48
No.8 (2,36 mm)	1011,0	1163,4	2790,20	2962,30	93,99	94,04	6,01	5,96	5,99
No.16 (1,18 mm)	86,0	80,1	2876,20	3042,40	96,88	96,58	3,12	3,42	3,27
No.30 (0,6 mm)	40,0	45,7	2916,20	3088,10	98,23	98,03	1,77	1,97	1,87
No.50 (0,28 mm)	14,5	13,4	2930,70	3101,50	98,72	98,45	1,28	1,55	1,41
No.100 (0,15 mm)	9,0	11,0	2939,70	3112,50	99,02	98,80	0,98	1,20	1,09
No.200 (0,075 mm)	22,2	25,6	2961,90	3138,10	99,77	99,62	0,23	0,38	0,31
p a n	6,8	12,1	2968,70	3150,20	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	2968,7	3150,2							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 3 Analisa Saringan Agregat 10-10 Normal

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	720,40	818,80	720,40	818,80	17,77	18,98	82,23	81,02	81,62
3/8" (9,5 mm)	1620,6	1679,5	2341,00	2498,30	57,75	57,92	42,25	42,08	42,17
No.4 (4,75 mm)	1621,5	1731,7	3962,50	4230,00	97,75	98,06	2,25	1,94	2,10
No.8 (2,36 mm)	39,7	46,4	4002,20	4276,40	98,73	99,14	1,27	0,86	1,07
No.16 (1,18 mm)	15,9	19,1	4018,10	4295,50	99,12	99,58	0,88	0,42	0,65
No.30 (0,6 mm)	11,3	3,7	4029,40	4299,20	99,40	99,66	0,60	0,34	0,47
No.50 (0,28 mm)	5,7	2,2	4035,10	4301,40	99,54	99,71	0,46	0,29	0,37
No.100 (0,15 mm)	6,7	3,3	4041,80	4304,70	99,71	99,79	0,29	0,21	0,25
No.200 (0,075 mm)	7,8	5,3	4049,60	4310,00	99,90	99,91	0,10	0,09	0,09
p a n	4,1	3,7	4053,70	4313,70	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	4053,7	4313,7							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 4 Analisa saringan 0-5 RAP

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0	0	0	0	0	0	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8" (9,5 mm)	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
No.4 (4,75 mm)	39,7	51,2	39,70	51,20	3,17	4,12	96,83	95,88	96,35
No.8 (2,36 mm)	306,3	313,5	346,00	364,70	27,67	29,38	72,33	70,62	71,48
No.16 (1,18 mm)	270,5	247,3	616,50	612,00	49,30	49,30	50,70	50,70	50,70
No.30 (0,6 mm)	214,0	221,1	830,50	833,10	66,41	67,12	33,59	32,88	33,24
No.50 (0,28 mm)	107,6	98,6	938,10	931,70	75,02	75,06	24,98	24,94	24,96
No.100 (0,15 mm)	98,2	85,4	1036,30	1017,10	82,87	81,94	17,13	18,06	17,60
No.200 (0,075 mm)	94,1	102,7	1130,40	1119,80	90,40	90,21	9,60	9,79	9,70
p a n	120,1	121,5	1250,50	1241,30	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	1250,5	1241,3							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 5 Analisa saringan 5-10 RAP

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8" (9,5 mm)	16,0	37,9	16,00	37,90	0,63	1,51	99,37	98,49	98,93
No.4 (4,75 mm)	1486,5	1546,4	1502,50	1584,30	59,26	63,10	40,74	36,90	38,82
No.8 (2,36 mm)	861,2	817,6	2363,70	2401,90	93,22	95,66	6,78	4,34	5,56
No.16 (1,18 mm)	65,6	45,2	2429,30	2447,10	95,81	97,46	4,19	2,54	3,36
No.30 (0,6 mm)	38,5	22,2	2467,80	2469,30	97,33	98,35	2,67	1,65	2,16
No.50 (0,28 mm)	18,6	5,1	2486,40	2474,40	98,06	98,55	1,94	1,45	1,70
No.100 (0,15 mm)	11,9	6,5	2498,30	2480,90	98,53	98,81	1,47	1,19	1,33
No.200 (0,075 mm)	14,7	6,3	2513,00	2487,20	99,11	99,06	0,89	0,94	0,92
p a n	22,6	23,6	2535,60	2510,80	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	2535,6	2510,8							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 6 Analisa saringan 10-10 RAP

Ukuran saringan	Berat tertahan		Kumulatif		Prosentase				Rata - Rata Prosentase Lolos
	(gram)		(gram)		tertahan		Lolos		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
1 ½" (37,5 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	489,10	693,70	489,10	693,70	13,91	19,76	86,09	80,24	83,16
3/8" (9,5 mm)	1436,4	1177,2	1925,50	1870,90	54,78	53,29	45,22	46,71	45,97
No.4 (4,75 mm)	1483,0	1569,6	3408,50	3440,50	96,97	97,99	3,03	2,01	2,52
No.8 (2,36 mm)	83,2	56,7	3491,70	3497,20	99,34	99,60	0,66	0,40	0,53
No.16 (1,18 mm)	9,5	3,4	3501,20	3500,60	99,61	99,70	0,39	0,30	0,35
No.30 (0,6 mm)	0,2	0,3	3501,40	3500,90	99,61	99,71	0,39	0,29	0,34
No.50 (0,28 mm)	0,3	0,2	3501,70	3501,10	99,62	99,72	0,38	0,28	0,33
No.100 (0,15 mm)	0,8	1,3	3502,50	3502,40	99,64	99,75	0,36	0,25	0,30
No.200 (0,075 mm)	1,2	3,3	3503,70	3505,70	99,68	99,85	0,32	0,15	0,24
p a n	11,3	5,4	3515,00	3511,10	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Total berat	3515,0	3511,1							

Sumber:Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian material Quarry Sumlili untuk agregat kasar dan agregat halus memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018, dimana ukuran ayakan maksimum pada saringan yang lolos No.200 tidak boleh lebih dari 1% untuk agregat kasar dan 10% untuk agregat halus. Dari hasil pengujian didapatkan presentase agregat kasar yang lolos saringan No.200 sebesar 0% dan presentasi agregat halus yang lolos saringan No.200 sebesar 5,52%.

Agregat yang banyak mengandung material yang lolos saringan No.200, jika digunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dengan bahan pengikat, yaitu aspal akan berkurang dan berakibat mudah lepasnya ikatan antara agregat dan aspal (Sukirman, 2016). Hasil pengujian analisa saringan yaitu agregat kasar,

sedang dan halus didapatkan presentasi lolos yang selanjutnya akan digunakan dalam *Mix Design* untuk mencari komposisi campuran.



Gambar 4. 1 Dokumentasi Pengujian Analisa Saringan

4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI 1969-2016)

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 kasar.

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

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dijabarkandengan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Berat jenis agregat Normal 0-5

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	492,60	492,40	492,50
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	647,00	667,00	657,00
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	958,20	977,80	968,00
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2,61	2,60	2,61
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,65	2,64	2,65
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,72	2,71	2,71
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,50%	1,54%	1,52%

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 0– 5 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.71, dan penyerapan sebesar 1,52%. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis penyerapan < 3.

Tabel 4. 8 Berat jenis agregat Normal 5-10

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	2947,2	2947,7	2947,45
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	3002,5	3002	3002,25
Berat contoh di dalam air	Ba	1883	1885,5	1884,25
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,63	2,64	2,64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,68	2,69	2,69
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,77	2,78	2,77
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,88%	1,84%	1,86%

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 5 – 10 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.77, dan penyerapan sebesar 1,86 %. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis penyerapan < 3.

Tabel 4. 9 Berat jenis agregat Normal 10-10

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4919,8	4909,9	4914,85
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	2500
Berat contoh di dalam air	Ba	3144	3145,5	3144,75
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,65	2,65	2,65
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,69	2,70	2,70
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,77	2,78	2,78
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,63%	1,84%	1,73%

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 10 – 10 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.78, dan penyerapan sebesar 1,73 %. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis > 2,5 dan penyerapan < 3.

Tabel 4. 10 Berat Jenis agregat RAP 0-5

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	495,40	495,00	495,20
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	647,00	667,00	657,00
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	953,10	972,10	962,60
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2,55	2,54	2,55
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,58	2,57	2,57
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,62	2,61	2,61
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,93%	1,01%	0,97%

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 0– 5 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.61, dan penyerapan sebesar 0,97 %. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis penyerapan < 3.

Tabel 4. 11 Berat Jenis agregat RAP 5-10

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	2934,6	2933,6	2934,1
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	3001,5	3001,5	3001,5
Berat contoh di dalam air	Ba	1857	1856	1856,5
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,56	2,56	2,56
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,62	2,62	2,62
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,72	2,72	2,72
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,28%	2,31%	2,30%

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 5– 10 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.72, dan penyerapan sebesar 2.30%. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis penyerapan < 3.

Tabel 4. 12 Berat Jenis agregat RAP 10-10

URAIAN		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4907,2	4904,7	4905,95
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5002,5	5001,5	5002,0
Berat contoh di dalam air	Ba	3108	3111,5	3109,75
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,59	2,60	2,59
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,64	2,65	2,64
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,73	2,74	2,73
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,94%	1,97%	1,96%

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka untuk berat jenis dan penyerapan Agregat 10–10 diperoleh rata – rata kedua sample untuk berat jenis sebesar 2.73, dan penyerapan sebesar 1,96 %. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat untuk berat jenis penyerapan < 3.

Berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan, berat jenis agregat kasar dan penyerapan memenuhi spesifikasi. Agregat berpori banyak pada umumnya mempunyai tingkat kekerasan rendah, sehingga mudah pecah dan terjadidegradasi. Pori sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, sehinggaterjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat (Sukirman,2016, Hal.44).

4.2.3 Pengujian Keausan Agregat Normal dan RAP Dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (SNI 2417-2018)

Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½“) terhadap keausan menggunakan alat *Los Angeles*.

Hasil pengujian agregat dengan menggunakan alat *Los Angeles* dapat dijabarkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat benda uji semula (gram)

B = berat benda uji tertahan di saringan No.12 dan No. 4 (gram)

Tabel 4. 13 Pengujian Agregat Normal dengan menggunakan alat Los Angeles 100 Putaran

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")	2500,6		2500,3	
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500,1		2500,5	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000,7		5000,8	
Berat tertahan saringan no 12		-	4744,3	-	4740,3
No. sampel		I		II	
a	Berat benda uji semula	5000,7 gr		5000,8 gr	
b	Berat tertahan saringan No.12	4744,3 gr		4740,3 gr	
c	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	5,13		5,21	
Rata - rata keausan		5,17			
Catatan :					
Keausan = 5,17 % ≤ 8 %					

Sumber:Hasil Penelitian

Nilai kearsan Los Angeles Benda = $(5000,7-4744,3/5000,7) \times 100\% = 5,17\%$
 Hasil dari pengujian kearsan alat los angeles didapatkan nilai sebesar 5,17%, dengan demikian hasil dari pengujian alat los angeles telah memenuhi syarat ketahanan agregat kasar terhadap kearsan karena kurang dari 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut. Hasil pengujian Kearsan Agregat dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles 400 Putaran dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4. 14 Pengujian Agregat RAP dengan Menggunakan Alat Los Angeles
100 Putaran

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")			2502,5	2501,9
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")			2501,5	2501,1
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5004		5003	
Berat tertahan saringan no 12		-	4549,6	-	4523,5
No. sampel		I		II	
a	Berat benda uji semula	5004,0 gr		5003,0 gr	
b	Berat tertahan saringan No.12	4549,6 gr		4523,5 gr	
c	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	9,08		9,58	
Rata - rata keausan		9,33			
Catatan :					
Keausan = 9,33 % ≤ 8 %					

Sumber:Hasil Penelitian

Nilai keausan Los Angeles Benda = $(5004,0-4549,6/5004,0) \times 100\% = 9,33\%$
 Hasil dari pengujian keausan alat los angeles didapatkan nilai sebesar 9,33%,
 dengan demikian hasil dari pengujian alat los angeles telah memenuhi syarat
 ketahanan agregat kasar terhadap keausan karena kurang dari 40%. Hal ini
 menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya
 gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut. Hasil pengujian Keausan Agregat

dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles 400 Putaran dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4. 15 Pengujian Agregat Normal dengan Menggunakan Alat Los Angeles 400 Putaran

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")	2500,6		2500,3	
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500,1		2500,5	
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000,7		5000,8	
Berat tertahan saringan no 12		-	4015,5	-	4031,1
No. sampel		I		II	
a	Berat benda uji semula	5000,7 gr		5000,8 gr	
b	Berat tertahan saringan No.12	4015,5 gr		4031,1 gr	
c	Keausan : $\frac{a - b}{a} \times 100 \%$	19,70		19,39	
Rata - rata keausan		19,55			
Catatan :					
Keausan = 19,55 % ≤ 40 %					

Sumber:Hasil Penelitian

Nilai keausan Los Angeles Benda = $(5000,7-4015,5/5000,7) \times 100\% = 19,55\%$
 Hasil dari pengujian keausan alat los angeles didapatkan nilai sebesar 19,55%, dengan demikian hasil dari pengujian alat los angeles telah memenuhi syarat ketahanan agregat kasar terhadap keausan karena kurang dari 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya

gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut.

Tabel 4. 16 Pengujian Agregat RAP dengan Menggunakan Alat Los Angeles 100 Putaran

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 mm (2,5")				
63,50 mm (2,5")	50,80 mm (2")				
50,80 mm (2")	37,50 mm (1,5")				
37,50 mm (1,5")	25,40 mm (1")				
25,40 mm (1")	19,00 mm (3/4")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")			2502,2	2501,9
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")			2501,6	2501,1
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)				
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5003,8		5003	
Berat tertahan saringan no 12		-	3619,6	-	3581,8
No. sampel		I		II	
a	Berat benda uji semula	5003,8 gr		5003,0 gr	
b	Berat tertahan saringan No.12	3619,6 gr		3581,8 gr	
c	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	27,66		28,41	
Rata - rata keausan		28,03			
Catatan :					
Keausan = 28,0 % ≤ 40 %					

Sumber:Hasil Penelitian

Nilai keausan Los Angeles Benda = $(5003,8-3619,6/5003,8) \times 100\% = 28,0\%$
 Hasil dari pengujian keausan alat los angeles didapatkan nilai sebesar 28,0%, dengan demikian hasil dari pengujian alat los angeles telah memenuhi syarat ketahanan agregat kasar terhadap keausan karena kurang dari 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut.



Gambar 4. 2 Dokumentasi Pengujian Abrasi

4.2.4 Hasil Pengujian Material Lolos Ayakan no.200 agregat Normal dan RAP (SNI ASTM C117:2012)

Pengujian ini adalah untuk menentukan jumlah bahan yang lolos saringan 0,075 (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian. Butiran lempung dan butiran agregat lain yang tersebar oleh air pencuci, sebagaimana bahan lain yang larut dalam air akan terpisah dari agregat selama pengujian. Pengujian bahan lolos saringan no. 200 dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 17 Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat Normal (0-5)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	126,5	123,4
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	826,5	823,4
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	700,0	700,0
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	758,2	754,4
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	631,7	631,0
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$		9,76	9,86
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			9,81	

Sumber: Hasil Penelitian

$$\text{Lolos 200 (A)} = \frac{B-C}{B} \times 100$$

Keterangan:

B = Masa contoh awal massa kering sebelum dicuci (gr)

C = Masa contoh akhir massa kering tertahan saringan No.200 setelah dicuci (gr)

Perhitungan bahan Lolos Ayakan No.200 Agregat Halus (0-5)

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{700-631,7}{700,0} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 9,76 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{700-631,0}{700,0} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 9,86 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 9,81 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), SNI ASTM C117 : 2012

Tabel 4. 18 Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat Normal (5-10)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	127,2	103,5
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	2127,3	2103,5
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	2000,1	2000,0
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	2112,6	2090,4
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	1985,4	1986,9
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times$		0,73	0,65
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,69	

Sumber: Hasil Penelitian

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{2000,1 - 1985,4}{2000,1} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,73 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{2000,0 - 1986,9}{2000,0} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,69 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 0,69 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi

2), SNI ASTM C117 : 2012

Tabel 4. 19 Bahan Lolos saringan No.200 Agregat Normal (10-10)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	344,1	340,3
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	3344,1	3340,5
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	3000,0	3000,2
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	3327,5	3322,6
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	2983,4	2982,3
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$		0,55	0,60
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,57	

Sumber:Hasil Penelitian

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{3000,0 - 2983,4}{3000,0} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,55 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{3000,2 - 2982,3}{3000,2} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,60 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 0,69 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), SNI ASTM C117 : 2012

Tabel 4. 20 Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat RAP (0-5)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	123,6	124,8
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	723,8	725,0
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	600,2	600,2
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	664,7	665,5
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	541,1	540,7
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times$		9,85	9,91
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			9,88	

Sumber: Hasil Penelitian

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{600,2 - 541,1}{600,2} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 9,85 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{600,2 - 540,7}{600,2} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 9,91 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 9,88 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), SNI ASTM C117 : 2012

Tabel 4. 21 Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat RAP(5-10)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	125,7	123,5
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	1626,1	1623,7
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	1500,4	1500,2
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	1612,3	1609,6
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	1486,6	1486,1
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times$		0,92	0,94
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,93	

Sumber:Hasil Penelitian

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{1500,4 - 1486,6}{1500,4} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,93 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{1500,4 - 1486,1}{1500,4} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,94 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 0,93 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10.Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), SNI ASTM C117 : 2012

Tabel 4. 22 Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat RAP (10-10)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	340,5	344,1
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	3340,8	3344,2
Berat contoh awal	$W_3 = W_1 - W_2$	(gram)	3000,3	3000,1
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W ₄)	(gram)	3322,7	3324,3
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_1$	(gram)	2982,2	2980,2
Jumlah bahan lewat saringan no.200	$W = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times$		0,60	0,66
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0,63	

Sumber:Hasil Penelitian

Sampel 1

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{3000,3 - 2982,2}{3000,0} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,60 \%$$

Sampel 2

$$\text{Lolos no.200 (A)} = \frac{3000,1 - 2982,2}{3000,1} \times 100$$

$$\text{Lolos no.200 (A)} = 0,66 \%$$

Dari hasil kedua sampel pengujian material lolos saringan no.200 didapatkan nilai rata – rata 0,63 % sehingga hasil tersebut memenuhi syarat yaitu untuk untuk agregat halus < 10.Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), SNI ASTM C117 : 2012



Gambar 4. 3 Dokumentasi Pengujian Pengujian Lolos Saringan No.200

4.2.5 Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat (SNI 4141:2015)

Pengujian ini adalah untuk memperoleh persen gumpalan dan butir – butir mudah pecah dalam agregat Pengujian dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang.

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Agregat Normal (0-5)

Nomor test			I	II
Berat tempat	(W ₁)	(gram)	130,5	126,4
Berat tempat + contoh awal	(W ₂)	(gram)	330,5	326,6
Berat contoh awal	(W ₃) = (W ₂) - (W ₁)	(gram)	200,0	200,2
Data contoh setelah di ayak saringan No. 20, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven	(W ₄)	(gram)	329,2	325,2
Berat contoh oven	W ₅ = W ₄ - W ₁	(gram)	198,7	198,8
Jumlah gumpalan lempung			$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$	
Jumlah gumpalan lempung dan butir mudah pecah rata - rata			0,67%	

Sumber:Hasil Penelitian

Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{W-R}{W} \times 100\%$$

Dimana:

P = gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

W = berat benda uji (gram)

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran Saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram)

Perhitungan gumpalan lempung dan butiran mudah pecah dalam agregat (0-5):

Sampel I

$$P = \frac{W-R}{W} \times 100\%$$

$$P = \frac{200,3-198,5}{200,3} \times 100\%$$

$$P = 0,90\%$$

Sampel II

$$P = \frac{W-R}{W} \times 100\%$$

$$P = \frac{201,5-199,8}{200,0} \times 100\%$$

$$P = 0,84\%$$

Kesimpulan:

Dari hasil kedua sampel pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat didapatkan nilai 0.90% dan 0.84%, sehingga diperoleh nilai rata – rata 0,88 %. Maka dari pengujian tersebut memenuhi syarat yaitu ≤ 1 .



Gambar 4. 4 Dokumentasi Pengujian Butiran Pecah

4.2.6 Hasil Pengujian Agregat

Dari hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No.2 Malang, diketahui bahwa pengujian material agregat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi2 untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal AC-WC. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Material Agregat Normal

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	$\geq 2,50$	2,61	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	1,52	%	Memenuhi
3	Gum. Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,67	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,81	%	Memenuhi
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	64,11	%	Memenuhi
6	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	2,86	-	-
AGREGAT KASAR						
7	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	$\geq 2,50$	2,64	-	Memenuhi
8	Berat Jenis Ag. 10-10			2,65	-	Memenuhi
9	Berat Jenis Ag. 10-20			2,61	-	Memenuhi
10	Berat Jenis Ag. 20-30			2,56	-	Memenuhi
11	Penyerapan Ag. 5-10		≤ 3	1,86	%	Memenuhi
12	Penyerapan Ag. 10-10			1,73	%	Memenuhi
13	Penyerapan Ag. 10-20			1,43	%	Memenuhi
14	Penyerapan Ag. 20-30			1,82	%	Memenuhi
15	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)	ASTM C117 : 2012	≤ 1	0,69	%	Memenuhi
16	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)			0,57	%	Memenuhi
17	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 20)			9,07	%	Tidak
18	Material lolos ayakan No. 200 (20 - 30)			9,07	%	Tidak
19	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 : 2008	≤ 8	5,17	%	Memenuhi
20	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	19,55	%	Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Material Agregat RAP

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	$\geq 2,50$	2,55	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	0,97	%	Memenuhi
3	Gum. Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,87	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,88	%	Memenuhi
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	77,53	%	Memenuhi
6	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	2,86	-	-
AGREGAT KASAR						
7	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	$\geq 2,50$	2,56	-	Memenuhi
8	Berat Jenis Ag. 10-10			2,59	-	Memenuhi
9	Penyerapan Ag. 5-10		≤ 3	2,30	%	Memenuhi
10	Penyerapan Ag. 10-10			1,96	%	Memenuhi
11	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)	ASTM C117 : 2012	≤ 1	0,93	%	Memenuhi
12	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)			0,63	%	Memenuhi
13	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 : 2008	≤ 8	9,33	%	Tidak
14	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	28,03	%	Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Hasil pengujian material agregat aspal menampilkan kualitas yang optimal dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Proses pengujian ini telah memastikan bahwa agregat memiliki karakteristik yang diperlukan untuk menciptakan campuran aspal yang tahan lama dan berkualitas tinggi. Dengan analisis yang teliti, kami telah memverifikasikan kecocokan agregat dalam hal kekuatan, ukuran butir, kestabilan, serta kemampuannya untuk memberikan daya tahan terhadap beban dan kondisi lingkungan yang beragam.



Gambar 4. 5 Dokumentasi Hasil Pengujian Agregat

4.3 Hasil Pengujian Aspal

4.3.1 Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 2456:2011)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Aspal yang digunakan adalah aspal Asbuton murni (PG 70). Pengujian penetrasi dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada table.

Tabel 4. 26 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Minyak (SNI 2456:2011)

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 total 100 gr, jangka waktu 5 detik :				
Pengamatan		1	2	3
Benda uji I		41	43	42
Benda uji II		40	43	44
Benda uji III		42	40	42
Rata-rata		41,89 (10 ⁻¹ mm)		

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 27 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen setelah Kehilangan Minyak (SNI 2456:2011)

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	: 20.00 WIB		
Penetrasi pada 25°C dengan beban total 100 gr, jangka waktu 5 detik :				
Pengamatan		1	2	3
Benda uji I		37	38	31
Benda uji II		35	36	33
Benda uji III		37	35	31
Rata-rata		34,78 (10 ⁻¹ mm)		
Penetrasi setelah kehilangan berat (% semula) =			83,0%	

Sumber:Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian penetrasi aspal sebelum kehilangan berat minyak dan aspal didapatkan nilai rata – rata sebesar 41,89.
2. Hasil pengujian penetrasi aspal setelah kehilangan berat minyak dan aspal didapatkan nilai rata – rata sebesar 34,78.
3. Sesuai hasil kedua pengujian tersebut didapatkan $\frac{41,89}{34,78} \times 100$

Maka diperoleh hasil sebesar 83,0%



Gambar 4. 6 Dokumentasi Pengujian Penetrasi

4.3.2 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Cleveland

Open cup (SNI 2433 : 2011)

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 75°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Pengujian titik nyala dan titik bakar dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada table.

Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

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	: 13.00 WIB	15°C per menit	
		Selesai jam	: 13.26 WIB		
		antara 56 s/d 28°C di bawah titik nyala			
		Mulai jam	: 13.26 WIB	5°C s/d 6°C per menit	
		Selesai jam	: 14.03 WIB		
Titik nyala perkiraan °C	°C di bawah titik nyala	Menit	°C	Titik Nyala & Bakar	Keterangan
250 °C	56 °C	18	194 °C		
	51 °C	19	199 °C		
	46 °C	20	204 °C		
	41 °C	21	209 °C		
	36 °C	22	214 °C		
	31 °C	23	219 °C		
	28 °C	24	222 °C		
	26 °C	25	224 °C		
	24 °C	26	226 °C		
	22 °C	27	228 °C		
	20 °C	28	230 °C		
	18 °C	29	232 °C		
	16 °C	30	234 °C		
	14 °C	31	236 °C		
	12 °C	32	238 °C		
	10 °C	33	240 °C		
	8 °C	34	242 °C		
	6 °C	35	244 °C		
	4 °C	36	246 °C	247 °C	Titik nyala
2 °C	37	248 °C	248 °C	Titik bakar	
Catatan :					
		Titik nyala =	247 °C		
		Titik bakar =	248 °C		

Sumber:Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian, titik nyala didapat sebesar 247 °C yaitu pada saat kondisi uap benda uji menyala (nyala biru singkat), dan titik bakar sebesar 248°C. Maka dari itu titik nyala tidak memenuhi syarat Spesifikasi DirektoratJendralBina Marga 2018 yaitu minimal 230 °C.



Gambar 4. 7 Dokumentasi Pengujian Titik Nyala dan Bakar

4.3.3 Pengujian Titik Lembek (SNI 2434 : 2011)

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

Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang		Pembacaan suhu ruang			
	Mulai jam	: 13.20 WIB	25 °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	: 15.30 WIB				
Pemeriksaan titik lembek	Mulai jam	: 15.30 WIB	5 °C			
	Selesai jam	: 15.57 WIB				
Suhu yang diamati	Waktu (detik)		Titik lembek °C			
°C	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji I	Benda Uji II		
5 °C	65	65	56 °C	56 °C		
10 °C	135	135				
15 °C	195	195				
20 °C	258	258				
25 °C	317	317				
30 °C	379	379				
35 °C	439	439				
40 °C	498	498				
45 °C	560	560				
50 °C	621	621				
55 °C	683	683				
60 °C	-	-				
65 °C	-	-				
70 °C	-	-				
75 °C	-	-				
80 °C	-	-				
85 °C	-	-				
Catatan :						
Titik lembek = 56,00°C						

Sumber:Hasil Penelitian

Hasil pengujian titik lembek didapat sebesar 56,0°C. Maka dari itu titik nyala telah memenuhi syarat Spesifikasi Direktorat Jendral Bina Marga 2018 yaitu minimal 48 °C.

4.3.4 Pengujian Daktilitas Aspal (SNI 2432 : 2011)

Pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Apabila benda uji menyentuh dasar mesin atau terpanjang pada permukaan air maka pengujian dianggap gagal dan tidak normal. Untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda dengan menambah methyl alkohol atau sodium klorida. Pengujian daktilitas aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 30 Pengujian Daktilitas Aspal Keras(SNI 2432 : 2011)

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		Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam	: 09.10 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 10.15 WIB	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C		Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam	: 13.00 WIB	25 °C
	Selesai jam	: 13.30 WIB	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam	: 13.30 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai jam	: 13,55 WIB	25 °C
Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :			
Pengamatan	1		2
Pembacaan	105 cm		105 cm
Rata-rata	105 cm		
Catatan :			
Daktilitas : 105 cm			

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 31 Pengujian Daktilitas Aspal Keras Setelah Kehilangan Minyak(SNI 2432 : 2011)

Mendinginkan contoh	Didiamkan pada suhu ruang	Pembacaan suhu ruang
	Mulai jam : 18.00 WIB	25 °C
	Selesai : 19.00 WIB jam	
Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C	Pembacaan suhu water bath
	Mulai jam : 19.00 WIB	25 °C
	Selesai : 19.15 WIB jam	
Pemeriksaan Daktilitas	Mulai jam : 20.00 WIB	Pembacaan suhu alat
	Selesai : 20.25 WIB jam	25 °C
Daktilitas pada 25°C dengan kecepatan mesin 5 cm per menit :		
Pengamatan	1	2
Pembacaan	101 cm	101 cm
Rata-rata	101 cm	

Sumber:Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian daktilitas aspal sebelum kehilangan berat didapatkan nilai rata – rata sebesar 105 cm, dan sesudah kehilangan berat sebesar 101 cm.
2. Dari kedua hasil pengujian daktilitas memenuhi syarat Spesifikasi Direktorat Jendral Bina Marga 2018 dengan nilai ≥ 100 cm untuk pengujian sebelumkehilangan berat dan ≥ 50 cm untuk pengujian sesudah kehilangan berat.



Gambar 4. 8 Dokumentasi Pengujian Daktilitas

4.3.5 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak Dan Aspal

(SNI 06 2440 : 1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menetapkan kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam prosen berat semula. Pengujian penurunan berat minyak dan aspal dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

Persiapan contoh	Contoh dipanaskan		Pembacaan suhu aspal	
	Mulai jam	: 08.20 WIB	140 °C	
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 contoh	
	Selesai jam	: 17.15 WIB	163 ± 1 °C	
No sampel		Sampel I	Sampel II	Sampel III
Berat cawan + aspal keras		78,772 gr	76,843 gr	75,847 gr
Berat cawan kosong		10,492 gr	10,563 gr	10,469 gr
Berat aspal keras		68,280 gr	66,280 gr	65,378 gr
Berat sebelum pemanasan		78,772 gr	76,843 gr	75,847 gr
Berat sesudah pemanasan		78,708 gr	76,776 gr	75,785 gr
Kehilangan berat		0,064 gr	0,067 gr	0,062 gr
Kehilangan berat		0,081 %	0,087 %	0,082 %
Rata-rata		0,083 %		
Catatan :				
Kehilangan Berat Rata-Rata=0,083%				

Sumber:Hasil Penelitian

4.3.6 Hasil Pengujian Aspal

Dari hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No.2 Malang, diketahui bahwa pengujian material agregat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal AC-WC. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 33 Hasil Pengujian Aspal Asbuton Murni (PG 70)

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	-	41,89	10 ⁻¹ mm	-
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441 : 2011	-	1,07	-	-
3	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 100	105,0	cm	-
4	Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	≥ 230	247	°C	Memenuhi
5	Titik Bakar		-	248	°C	-
6	Titik Lembek Aspal	SNI 2434 : 2011	≥ 48	56,0	°C	-
Pengujian Residu Hasil TFOT/RTFOT						
7	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	≤ 1	0,083	%	Memenuhi
8	Penetrasi Pada 25°C (% Semula)	SNI 2456 : 2011	≥ 54	83,02	%	-
9	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 50	101	cm	-

Sumber:Hasil Penelitian

4.4 Perencanaan Komposisi Campuran

4.4.1 Perhitungan Presentase Agregat dengan Metode Grafis

Tentu, proses pembuatan hitungan persentase agregat dengan metode grafis diagonal pada campuran AC-WC melibatkan beberapa langkah. Ini adalah proses yang umum dilakukan untuk mengukur proporsi agregat kasar dan halus dalam campuran aspal. Berikut adalah Langkah-Langkahnya:

Langkah 1: Persiapan Sampel

Pilih Sampel Campuran Aspal: Ambil sampel campuran aspal AC-WC dari proyek konstruksi yang sedang berjalan atau dari Lokasi tertentu yang ingin di analisis. Persiapkan Alat dan Bahan: Siapkan alat-alat yang diperlukan seperti saringan berbagai ukuran dan timbangan presisi. Persiapkan juga contoh agregat tersebut.

Langkah 2: Penyaringan Agregat

Penyaringan Agregat Kasar dan Halus: Gunakan serangkaian saringan dengan ukuran yang telah ditentukan untuk memisahkan agregat kasar dan halus dari campuran. Timbang setiap Fraksi: Timbang massa masing-masing fraksi agregat yang terangkap pada setiap saringan.

Langkah 3: Persiapan Grafik Diagonal

Buat Grafik Diagonal: Gambarkan Grafik diagonal dengan sumbu X yang mewakili fraksi agregat halus (biasanya pasir) dan sumbu Y yang mewakili fraksi agregat kasar (biasanya kerikil atau batu pecah). Tentukan titik-titik pada grafik yang mewakili proporsi agregat kasar dan halus yang diinginkan berdasarkan spesifikasi campuran aspal yang diperlukan.

Langkah 4: Penentuan Presentase Agregat

Plat Sampel pada Grafik Diagonal: Tempatkan contoh campuran aspal pada grafik diagonal yang telah dibuat, dengan memperhatikan fraksi agregat kasar dan halus yang telah ditimbang.

Langkah 5: Evaluasi dan Pencampuran

Interpretasi Hasil: Tinjau hasil persentase agregat dan bandingkan dengan spesifikasi yang ditetapkan. Tentukan apakah campuran memenuhi persyaratan atau memerlukan penyusaian.

Buat Laporan: Sajikan hasil perhitungan persentase agregat dalam sebuah laporan yang jelas dan tersruktur, termasuk informasi tentang sampel yang digunakan, metode yang diterapkan, dan hasil analisis. Metode ini memungkinkan untuk secara visual memahami proporsi agregat kasar dan halus dalam campuran aspal AC-WC, serta membantu memastikan bahwa proporsi tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan untuk proyek konstruksi.

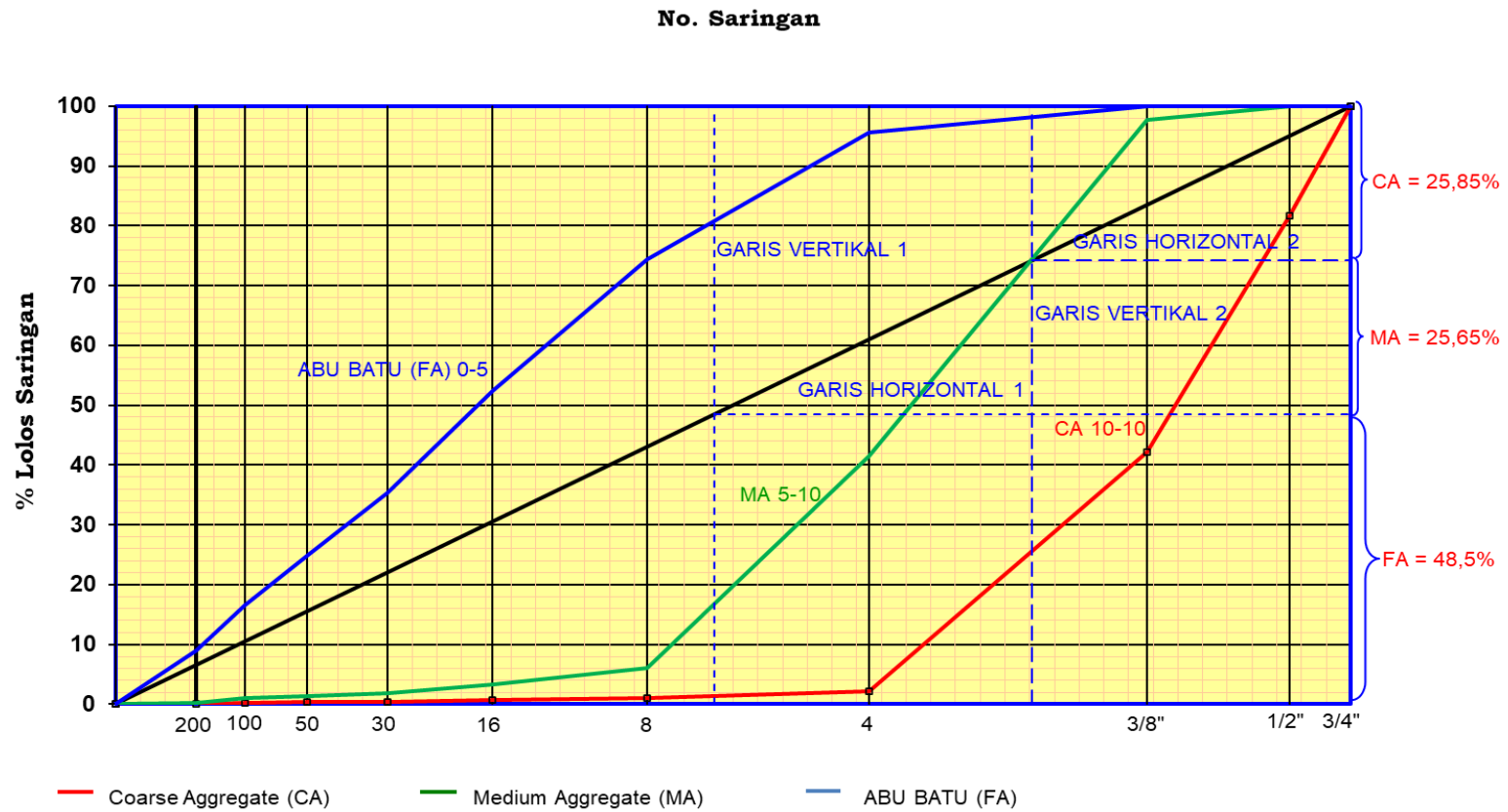
Setelah dilakukan pemeriksaan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing – masing saringan, maka selanjutnyadihitung proporsi agregat dalam campuran dengan menggunakan metode grafis seperti pada grafik dan tabel komposisi campuran agregat di bawah ini :

Tabel 4. 34 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC-WC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
¾"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : (Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi Jalan dan Jembatan)

DIAGRAM DIAGONAL



Gambar 4. 9 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Perhitungan Proporsi dalam campuran agregat dengan menggunakan metode grafis dilakukan dengan cara trial dan eror.

Dimana:

- Garis Vertikal 1 (Kiri):

$$\begin{aligned}\text{Fraksi Agregat Halus (FA)} &= \text{fraksi agregat sedang (MA)} + \text{fraksi agregat kasar (CA 10/10)} \\ 20 \% \text{ (FA)} &= 19 \% \text{ (MA)} + 1 \% \text{ (CA 10/10)} \\ 20 \% &= 20 \%\end{aligned}$$

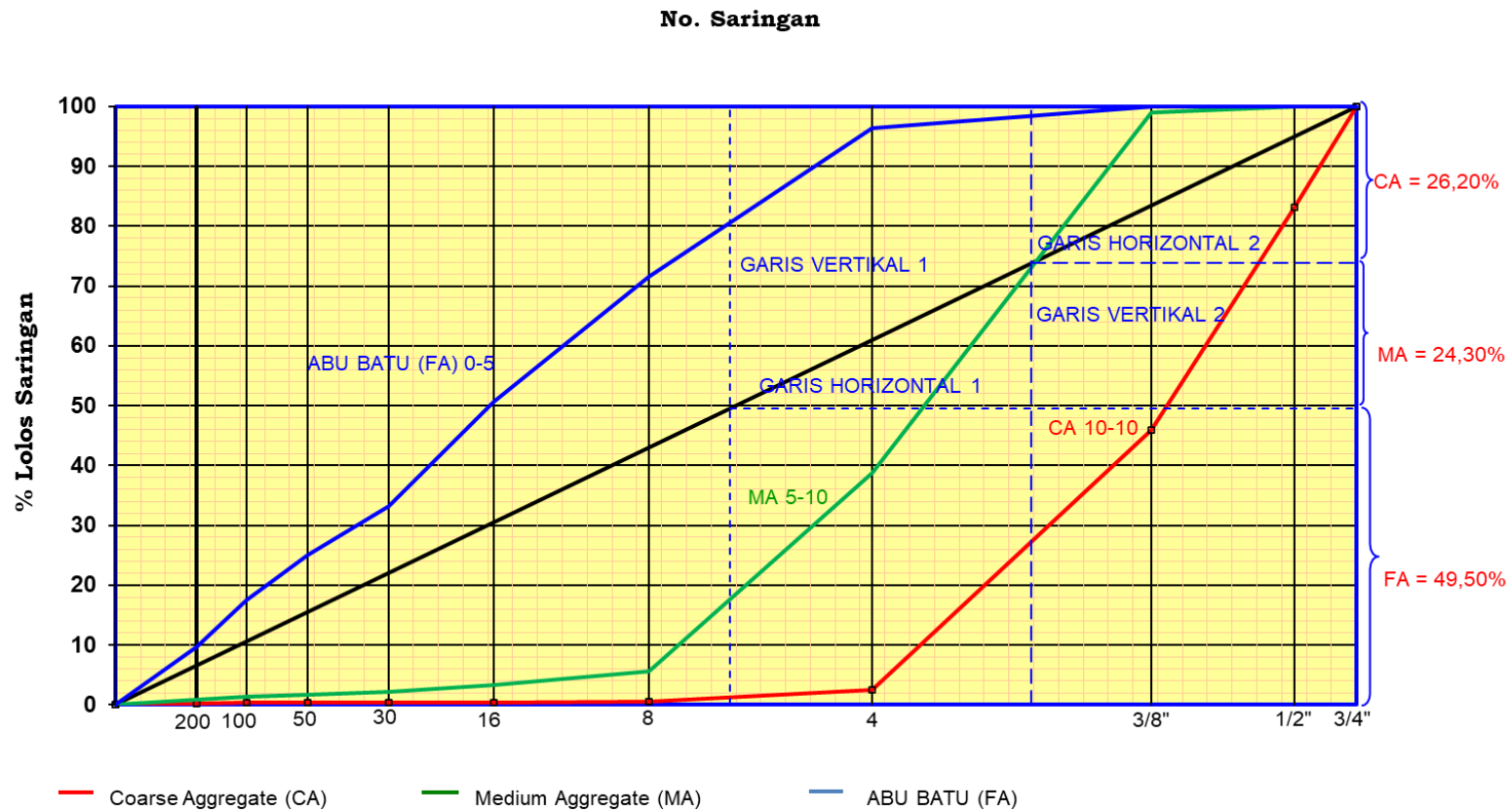
- Garis Vertikal 2 (Tengah):

$$\begin{aligned}\text{Fraksi Agregat Sedang (MA)} &= \text{fraksi agregat kasar (CA 10/10)} \\ 27 \% \text{ (MA)} &= 27 \% \text{ (CA 10/10)} \\ 26 \% \text{ (MA)} &= 26 \%\end{aligned}$$

Proporsi dari masing-masing agregat :

- Gradasi horizontal 1 dengan garis diagonal didapatkan :
FA = 48,5 %
- Gradasi horizontal 2 dengan garis diagonal didapatkan :
CA = 25,85 %
- Sehingga : MA = 100 % - CA (10/10) – FA (5/10)
= 100 % - 25,85 % - 48,5 %
= 25,5 %

DIAGRAM DIAGONAL



Gambar 4. 10 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat AC-WC RAP

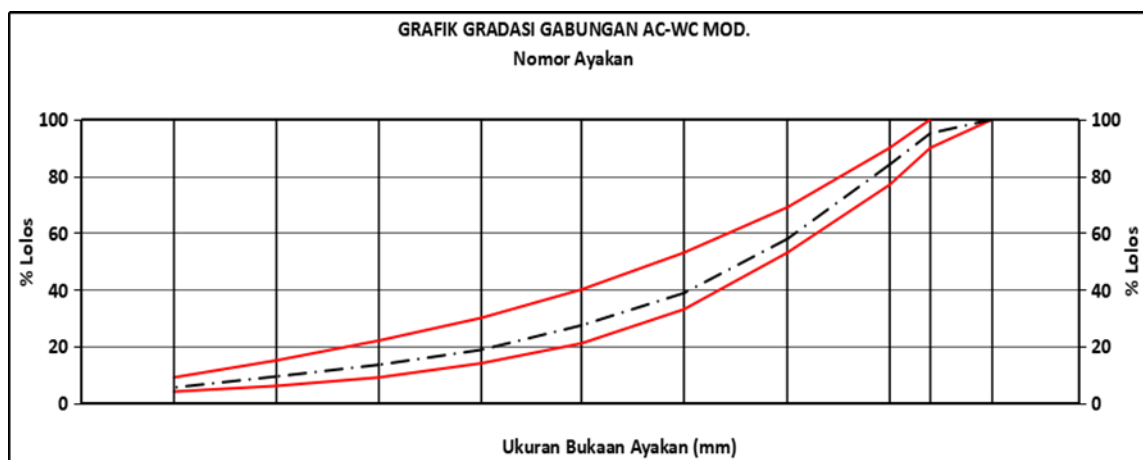
Sumber:Hasil Penelitian

4.4.2 Perhitungan Presentase Agregat dengan Metode Analitis

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

Tabel 4. 35 Gradasi Agregat Gabungan AC-WC Normal

Ukuran Saringan	10/10	5/10	0/5	Filler	10/10	5/10	0/5	Filler	Hasil Gabungan	Spek
	%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	26,50	24,00	48,50	1,00		
3/4" (19 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	26,50	24,00	48,50	1,00	100,00	100,00
1/2" (12,5 mm)	81,62	100,00	100,00	100,00	21,63	24,00	48,50	1,00	95,13	90-100
3/8" (9,5 mm)	42,17	97,71	100,00	100,00	11,17	23,45	48,50	1,00	84,13	77-90
No.4 (4,75 mm)	2,10	41,48	95,54	100,00	0,56	9,96	46,34	1,00	57,85	53-69
No.8 (2,36 mm)	1,07	5,99	74,31	100,00	0,28	1,44	36,04	1,00	38,76	33-53
No.16 (1,18 mm)	0,65	3,27	52,38	100,00	0,17	0,78	25,41	1,00	27,36	21-40
No.30 (0,6 mm)	0,47	1,87	35,38	100,00	0,12	0,45	17,16	1,00	18,73	14-30
No.50 (0,28 mm)	0,37	1,41	24,79	100,00	0,10	0,34	12,02	1,00	13,46	9-22
No.100 (0,15 mm)	0,25	1,09	16,52	100,00	0,07	0,26	8,01	1,00	9,34	6-15
No.200 (0,075 mm)	0,09	0,31	8,93	100,00	0,02	0,07	4,33	1,00	5,43	4-9

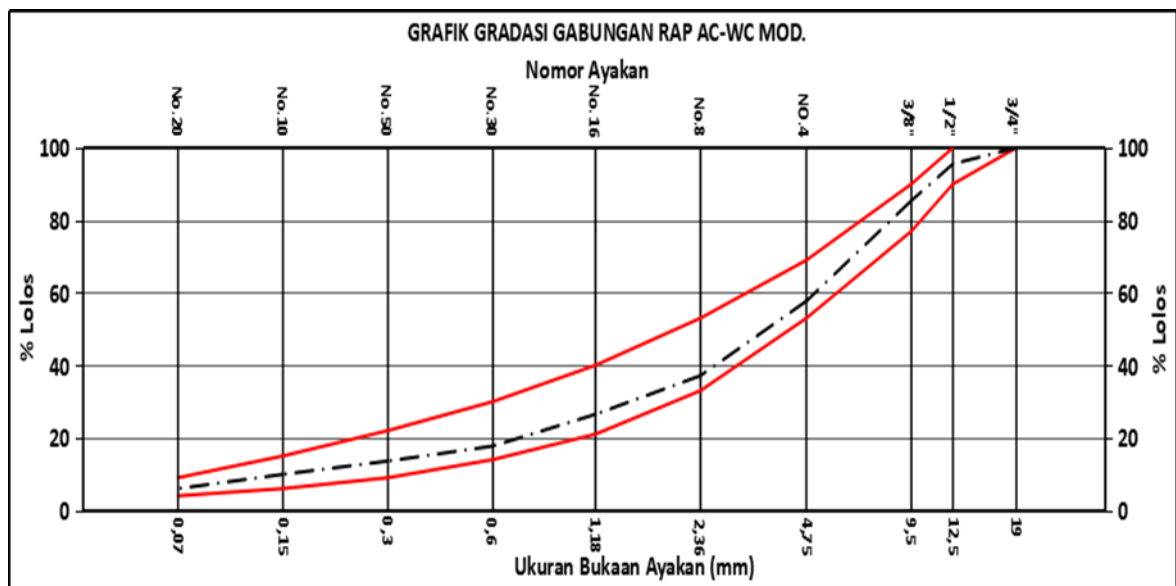


Gambar 4. 11 Hasil Analitis Komposisi Campuran Agregat AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 36 Gradasi Agregat Gabungan AC-WC RAP

Ukuran Saringan	10/10	5/10	0/5	Filler	10/10	5/10	0/5	Filler	Hasil Gabungan	Spek
	%lolos	%lolos	%lolos	%lolos	26,50	24,00	48,50	1,00		
3/4" (19 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	26,50	24,00	48,50	1,00	100,00	100,00
1/2" (12,5 mm)	83,16	100,00	100,00	100,00	22,04	24,00	48,50	1,00	95,54	90-100
3/8" (9,5 mm)	45,97	98,93	100,00	100,00	12,18	23,74	48,50	1,00	85,42	77-90
No.4 (4,75 mm)	2,52	38,82	96,35	100,00	0,67	9,32	46,73	1,00	57,72	53-69
No.8 (2,36 mm)	0,53	5,56	71,48	100,00	0,14	1,33	34,67	1,00	37,14	33-53
No.16 (1,18 mm)	0,35	3,36	50,70	100,00	0,09	0,81	24,59	1,00	26,49	21-40
No.30 (0,6 mm)	0,34	2,16	33,24	100,00	0,09	0,52	16,12	1,00	17,73	14-30
No.50 (0,28 mm)	0,33	1,70	24,96	100,00	0,09	0,41	12,11	1,00	13,60	9-22
No.100 (0,15 mm)	0,30	1,33	17,60	100,00	0,08	0,32	8,53	1,00	9,93	6-15
No.200 (0,075 mm)	0,24	0,92	9,70	100,00	0,06	0,22	4,70	1,00	5,99	4-9



Gambar 4. 12 Hasil Analitis Komposisi Campuran Agregat RAP AC-WC

Sumber: Hasil Penelitian

4.5 Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Aspal

Setelah proporsi dari masing – masing agregat didapatkan, maka dilanjutkan perhitungan kadar aspal rencana yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam penentuan variasi kadar aspal.

Tabel 4. 37 Perencanaan Komposisi Campuran Agregat Normal AC-WC

URAIAN						NILAI	SATUAN	
Proporsi Fraksi Kasar					CA	61,24	%	
Proporsi Fraksi Halus					FA	33,33	%	
Proporsi Bahan Pengisi					FF	5,43	%	
Total						100,00	%	
Nilai Konstanta					K	0,75	-	
Perkiraan Kadar Aspal					Pb	5,40	%	
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston : 0,5~1 & lataston : 1~2)							Campuran Gmm	
Jenis Material	% Proporsi Agg.	KADAR ASPAL RENCANA(%)						
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %		5,40 %
		% Proporsi Campuran						
10/10	26,50	25,33	25,20	25,07	24,94	24,80	25,07	
5/10	24,00	22,94	22,82	22,70	22,58	22,46	22,70	
0/5	48,50	46,37	46,12	45,88	45,64	45,40	45,88	
Filler	1,00	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,95	
Total	100,00	95,60	95,10	94,60	94,10	93,60	94,60	
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA(%)						
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %	5,40 %	
		Berat Agregat (gr)						
10/10	26,50	304,0	302,4	300,8	299,2	297,6	275,8	
5/10	24,00	275,3	273,9	272,4	271,0	269,6	249,7	
0/5	48,50	556,4	553,5	550,6	547,7	544,8	504,7	
Filler	1,00	11,5	11,4	11,4	11,3	11,2	10,4	
Berat total Ag. Camp. (gr)		1147,2	1141,2	1135,2	1129,2	1123,2	1040,6	
Berat aspal (gr)		52,8	58,8	64,8	70,8	76,8	59,4	
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1100,0	

Sumber:Hasil Penelitian

Contoh perhitungan untuk mencari kadar aspal 5,4 %

$$\begin{aligned}\text{Pb} &= 0,035 \times (\text{CA}) + 0,045 \times (\text{FA}) + 0,18 \times (\text{FF}) + 2 \\ &= 0,035 (61,24\%) + 0,045(33,33\% + 0,18(5,43) + 2 \\ &= 2,16 + 1,50 + 0,99 + 0,75 \\ &= 5,4\%\end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk variasi kadar aspal 5,4 %

Berat total campuran = 1200 gr

$$\begin{aligned}\text{Berat Aspal} &= \frac{\text{Variasi} \times \text{Berat total campuran}}{100} \\ &= \frac{5,4 \times 1.200}{100} \\ &= 64,8\%\end{aligned}$$

Tabel 4. 38 Perencanaan Komposisi Campuran Agregat RAP AC-WC

URAIAN						NILAI	SATUAN	
Proporsi Fraksi Kasar					CA	62,86	%	
Proporsi Fraksi Halus					FA	31,15	%	
Proporsi Bahan Pengisi					FF	5,99	%	
Total						100,00	%	
Nilai Konstanta					K	0,75	-	
Perkiraan Kadar Aspal					Pb	5,40	%	
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston : 0,5~1 & lataston : 1~2)							Campuran Gmm	
Jenis Material	% Proporsi Agg.	KADAR ASPAL RENCANA (%)						
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %		5,40 %
		% Proporsi Campuran						
10/10	26,50	25,33	25,20	25,07	24,94	24,80	25,07	
5/10	24,00	22,94	22,82	22,70	22,58	22,46	22,70	
0/5	48,50	46,37	46,12	45,88	45,64	45,40	45,88	
Filler	1,00	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,95	
Total	100,00	95,60	95,10	94,60	94,10	93,60	94,60	
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA (%)						
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %	5,40 %	
		Berat Agregat (gr)						
10/10	26,50	304,0	302,4	300,8	299,2	297,6	275,8	
5/10	24,00	275,3	273,9	272,4	271,0	269,6	249,7	
0/5	48,50	556,4	553,5	550,6	547,7	544,8	504,7	
Filler	1,00	11,5	11,4	11,4	11,3	11,2	10,4	
Berat total Ag. Camp. (gr)		1147,2	1141,2	1135,2	1129,2	1123,2	1040,6	
Berat aspal (gr)		52,8	58,8	64,8	70,8	76,8	59,4	
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1100,0	

Sumber: Hasil Penelitian

4.6 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal AC-WC Normal dan RAP (SNI 03-6893-2002)

Tabel 4. 39 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal 5,4% Normal AC-WC (SNI 03-6893-2002)

No.	Uraian	I	II	Rata - rata
A	Berat piknometer + benda uji (gr)	2803,40	2811,50	2807,45
B	Berat piknometer (gr)	1330,30	1330,30	1330,3
C	Berat benda uji (A - B) (gr)	1473,10	1481,20	1477,15
D	Berat piknometer + air (gr)	4688,00	4688,00	4688
E	Berat piknometer + air + benda uji (gr)	5558,00	5562,50	5560,25
F	Volume benda uji (C + D - E) (cc)	603,10	606,70	604,9
E	Gmm (C / F)	2,443	2,441	2,442

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 40 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal 5,4% RAP AC-WC (SNI 03-6893-2002)

No.	Uraian	I	II	Rata - rata
A	Berat piknometer + benda uji (gr)	2819,40	2813,20	2816,3
B	Berat piknometer (gr)	1330,30	1330,30	1330,3
C	Berat benda uji (A - B) (gr)	1489,10	1482,90	1486
D	Berat piknometer + air (gr)	4686,00	4686,00	4686
E	Berat piknometer + air + benda uji (gr)	5553,50	5549,50	5551,5
F	Volume benda uji (C + D - E) (cc)	621,60	619,40	620,5
E	Gmm (C / F)	2,396	2,394	2,395

Sumber:Hasil Penelitian

Contoh perhitungan untuk mencari berat jenis bulk maksimum aspal 5,4% AC-WC

Normal

$$\begin{aligned} G_{mm} &= \frac{C}{F} = \frac{1473,10}{621,60} \\ &= 2,369 \end{aligned}$$

4.7 Pengujian Marshall Test Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Normal

Tabel 4. 41 Hasil Pengujian Test Marshall Mencari Kadar Aspal Optimum AC-WC Normal

Jenis Campuran : AC-WC MOD.						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,627					Aspal : Asbuton Murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80								
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,442					Penetrasi : PG 70				Luas Perm ikaan Ag. (X) : 5,47								
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = $(100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V))$: 2,635					B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,43								
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): $Pb = 0,035 \times (CA) + 0,045 \times (FA) + 0,18 \times (FF) + \text{Konstanta (laston} = 0,5 - 1 \text{ \& lataston} = 2- 3) : 5,40 \%$																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	-G J	$100-A + \frac{A}{U} \cdot V$	$100 - \frac{F}{S} (100-A)$	$100(G - F) / G$	$100(H - I) / I$	Lab. Test	K. W. A.Korek si	Lab. Test	-L M	100 U-S V S . U	$\frac{A-(100-A)Q}{100}$	Y P	A-O 1000 X V(100-A)
1	62,6	61,9	61,7	62,6	62,20	4,40	1175,6	678,3	1187,5	509,2	2,309		15,99	6,74	57,84	90	1252,05	2,65	472,47				
2	62,6	62,6	61,3	61,4	61,98		1176,3	680,4	1189,2	508,8	2,312		15,87	6,61	58,34	95	1328,61	2,56	518,99				
3	62,3	62,2	61,5	61,5	61,88		1172,1	676,3	1183,7	507,4	2,310		15,94	6,69	58,04	98	1373,81	2,78	494,18				
Rata - Rata											2,310	2,476	15,93	6,68	58,07	94	1318,16	2,66	495,21	0,124	4,28	1,27	7,65
1	61,4	63,1	63,6	62,6	62,68	4,90	1183,8	682,9	1192,3	509,4	2,324		15,88	5,48	65,48	110	1513,57	3,30	458,66				
2	62,8	62,9	62,7	62,6	62,75		1177,3	679,5	1185,8	506,3	2,325		15,83	5,42	65,73	105	1442,30	2,90	497,34				
3	62,5	62,5	62,2	62,7	62,48		1179,8	680,5	1188,4	507,9	2,323		15,91	5,52	65,30	108	1492,90	3,10	481,58				
Rata - Rata											2,324	2,459	15,87	5,48	65,50	108	1482,92	3,10	479,19	0,124	4,78	1,14	8,59
1	64,2	64,1	63,5	62,6	63,60	5,40	1177	678,4	1182,8	504,4	2,333		15,98	4,44	72,18	118	1590,20	3,40	467,71				
2	62,6	63,7	63,8	62,5	63,15		1180,8	680,3	1186,7	506,4	2,332		16,04	4,51	71,85	120	1633,46	3,57	457,55				
3	63,8	63,6	63,6	62,6	63,40		1180,4	680,8	1186,6	505,8	2,334		15,97	4,43	72,24	115	1556,67	3,66	425,32				
Rata - Rata											2,333	2,442	15,99	4,46	72,09	118	1593,44	3,54	450,19	0,124	5,28	1,03	9,54

Jenis Campuran : AC-WC MOD.						Berat jenis bu lk agregat (S) : 2,627					Aspal : Asbuton Murni			Kalibrasi marshall (W) : 29,80									
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,442					Penetrasi : PG 70			Luas Perm ikaan Ag. (X) : 5,47									
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V)) : 2,635					B. jenis (V) : 1,069			Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,43									
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston = 0,5 - 1 & lataston = 2- 3): 5,40 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
							A	B	C				D	E	F	G	H						
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	-G J	$\frac{100}{100-A + A_U - V}$	100 - F (100-A) S	100(G - F) G	100(H - I) I	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	-L M	100 U-S V S . U	$\frac{A-(100-A)Q}{100}$	Y P	A-O 1000 X V(100-A)
1	61,4	63,4	63,6	62,7	62,78	5,90	1176,2	677,3	1180,5	503,2	2,337		16,28	3,63	77,69	116	1592,48	4,10	388,41				
2	63,2	62,5	62,8	62,9	62,85		1180,9	679,8	1184,6	504,8	2,339		16,21	3,55	78,08	110	1507,54	3,70	407,44				
3	63,5	63,7	62,2	62,2	62,90		1175,1	676,3	1178,8	502,5	2,339		16,24	3,59	77,91	110	1505,82	3,90	386,11				
Rata - Rata											2,338	2,426	16,24	3,59	77,89	112	1535,28	3,90	393,99	0,124	5,78	0,94	10,50
1	65,7	65,2	64,4	63,5	63,70	6,40	1181,6	678,4	1183,4	505,0	2,340		16,64	2,88	82,67	102	1371,54	4,60	298,16				
2	62,6	62,4	62,4	62,2	62,60		1174,8	676,2	1177,1	500,9	2,345		16,44	2,65	83,87	100	1378,34	4,00	344,59				
3	63,7	63,7	62,8	62,7	62,20		1172,8	674,9	1175,4	500,5	2,343		16,51	2,74	83,41	105	1460,73	4,20	347,79				
Rata - Rata											2,343	2,409	16,53	2,76	83,32	102	1403,54	4,27	330,18	0,124	6,28	0,86	11,47

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 42 Pengujian Kepadatan Mutlak (PRD) Campuran Aspal AC-WC Normal Dengan Metode Marshall(SNI 2489:2018)

Jenis Campuran : AC-WC MOD.						Berat jenis bt lk agregat (S) : 2,627					Aspal : Asbuton Murni			Kalibrasi n arshall (W) : 29,80									
Jumlah Tumbukan : 400						Gmm test (T) : 2,442					Penetrasi : PG 70			Luas Permukaan Ag. (X) : 5,47									
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V)) : 2,635					B. jenis (V) : 1,069			Partikel lol os sar. #200 (Y) : 5,43									
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston = 0,5 - 1 & lataston = 2- 3) : 5,40 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			S tabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata	Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	-G J	$\frac{100}{U \cdot V}$	100 - F (100-A) S	100(G - F) G	100(H - I) I	Lab. Test	K. W. A.Korek si	Lab. Test	-L M	100 U-S V S . U	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	Y P	A-O 1000 X V(100-A)	
1						4,40	1180,8	681,3	1181,6	500,3	2,360		14,11	4,66	66,97								
2							1177,4	680,4	1178,5	498,1	2,364		13,98	4,52	67,70								
3							1183,1	682,5	1184	501,5	2,359		14,15	4,70	66,76								
Rata - Rata										2,361	2,476	14,08	4,63	67,15									
1						4,90	1181	683,3	1181,8	498,5	2,369		14,24	3,64	74,42								
2							1172,6	677,3	1173,3	496,0	2,364		14,42	3,85	73,33								
3							1177,4	680,5	1178,1	497,6	2,366		14,35	3,76	73,78								
Rata - Rata										2,366	2,459	14,34	3,75	73,84									
1						5,40	1172,4	678,5	1173	494,5	2,371		8,15	2,91	64,30								
2							1182,6	685,0	1183,1	498,1	2,374		8,02	2,77	65,43								
3							1175,1	679,6	1175,6	496,0	2,369		8,22	2,98	63,73								
Rata - Rata										2,371	2,442	8,13	2,89	64,48									

Jenis Campuran : AC-WC MOD.						Berat jenis bu lk agregat (S) : 2,627						Aspal : Asbuton Murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 400						Gmm test (T) : 2,442						Penetrasi : PG 70				Luas Perm ikaan Ag (X) : 5,47							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V)) : 2,635						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,43							
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston = 0,5 - 1 & lataston = 2- 3) : 5,40 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	-G J	$\frac{100}{100-A + A_U - V}$	100 - F (100-A) S	100(G - F) G	100(H - I) I	Lab. Test	K. W. A.Korek si	Lab. Test	-L M	100 U-S V S . U	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	Y P	A-O 1000 X V(100-A)
1						5,90	1169,4	677,4	1169,8	492,4	2,375		13,58	2,09	84,63								
2							1174,8	679,9	1175,2	495,3	2,372		13,69	2,21	83,85								
3							1173,3	680,4	1173,8	493,4	2,378		13,47	1,96	85,45								
Rata - Rata											2,375	2,426	13,58	2,09	84,65								
1						6,40	1178,7	683,6	1179,1	495,5	2,379		13,89	1,26	90,90								
2							1184	687,1	1184,2	497,1	2,382		13,78	1,14	91,73								
3							1173,1	679,9	1173,4	493,5	2,377		13,95	1,34	90,43								
Rata - Rata											2,379	2,409	13,87	1,25	91,02								

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 43 Pengujian Stabilitas Sisa Perendaman 24 Jam Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode Marshall (SNI 2489:2018)

Jenis Campuran :		AC-WC MOD.		Berat jenis bulk agregat (S) :		2,627		Asf l :		Asbuton Murni		Kalibrasi marshall (W) :		29,80										
Jumlah Tumbukan :		75		Gmm test (T) :		2,441		Pene trasi :		PG 70		Luas Perm ikaan Ag. (X) :		5,47										
Suhu :		165 °C		Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Po) / ((100/T) - (Po/V)) :		2,640		B. jen s (V) :		1,069		Partikel lolos sar. #200 (Y) :		5,43										
Kadar aspal optimum (Po) : 5,55 %																								
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)						Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
								kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
							A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	1	2	3	4	Rata - Rata			Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	-G J	$100-A + \frac{A}{U \cdot V}$	$\frac{100}{F(100-A)S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Korek si	Lab. Test	-L M	100 U-S V S . U	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	Y P	A-O 1000 X V(100-A)
1	62,5	62,8	63,2	62,7	62,80	5,55	1177,6	680,2	1183,8	503,6	2,338		15,93	4,19	73,67	112	1536,69	3,62	424,50					
2	64,8	64,3	62,8	64,4	64,08		1180,2	681,3	1186,1	504,8	2,338		15,94	4,21	73,59	118	1573,70	3,34	471,17					
3	63,7	63,4	63,6	64,0	63,68		1175,4	678,6	1181	502,4	2,340		15,88	4,14	73,91	115	1547,20	3,78	409,31					
Rata - Rata Perendaman Marshall 30 Menit											2,339	2,441	15,92	4,18	73,72	115	1552,53	3,58	434,99	0,191	5,36	1,01	9,70	
1	62,6	64,2	64,5	64,1	63,85	5,55	1176,1	679,3	1182,3	503,0	2,338		15,93	4,20	73,63	107	1434,04	3,75	382,41					
2	63,2	63,7	63,4	63,0	63,33		1178,6	681,1	1184,5	503,4	2,341		15,82	4,07	74,25	112	1518,60	4,05	374,96					
3	64,5	64,7	65,2	64,6	64,75		1179,3	681,5	1185,1	503,6	2,342		15,81	4,06	74,34	103	1353,79	3,88	348,92					
Rata - Rata Perendaman Marshall 24 Jam											2,340	2,441	15,85	4,11	74,07	107	1435,48	3,89	368,76	0,191	5,36	1,01	9,70	
STABILITAS MARSHALL SISA PERENDAMAN 24 JAM = $\frac{1435,48}{1552,53}$ X 100 = 92,46 %																								

Sumber:Hasil Penelitian

4.8 Perhitungan Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

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 kepercayaan konfiden 95%. Hal ini berarti angka toleransikesalahan yang diijinkan hanya 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.

Tabel 4. 44 Data Pengujian Stabilitas Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Flow (mm)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	2,65	2,66	0,11	0,975	2	4,3027	2,39	2,94	Memenuhi
	2	2,56								Memenuhi
	3	2,78								Memenuhi
4,90	1	3,30	3,10	0,20	0,975	2	4,3027	2,60	3,60	Memenuhi
	2	2,90								Memenuhi
	3	3,10								Memenuhi
5,40	1	3,40	3,54	0,13	0,975	2	4,3027	3,22	3,87	Memenuhi
	2	3,57								Memenuhi
	3	3,66								Memenuhi
5,90	1	4,10	3,90	0,20	0,975	2	4,3027	3,40	4,40	Memenuhi
	2	3,70								Memenuhi
	3	3,90								Memenuhi
6,40	1	4,60	4,27	0,31	0,975	2	4,3027	3,51	5,03	Memenuhi
	2	4,00								Memenuhi
	3	4,20								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Berikut adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi aspal 5,40%.

Tabel 4. 45 Data Pengujian Kadar Aspal 5,40% Normal

Kode benda uji	Stabilitas (Kg)
1	1590,20
2	1633,46
3	1556,67

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

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\text{Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1590,20+1633,46+1556,67}{3} \\ &= 1593,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{(1590,20+1593,44)^2 + (1633,46+1593,44)^2 + (1556,67+1593,44)^2}}{3-1} \\ &= 38,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 0,5(1+(1-0,05)) \\ &= 0,975 \end{aligned}$$

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

Keterangan:

X = nilai rata-rata

S = standar deviasi

P = persentil T0,975 = 4,303

Maka, nilai interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= x^- \left((t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \right) < \mu < \left((t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \right) \\
 &= 1593,44 - \left(4,303 \times \frac{38,50}{\sqrt{3}} \right) < \mu < \left(4,303 \times \frac{38,50}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 1497,40 < \mu < 1689,09
 \end{aligned}$$

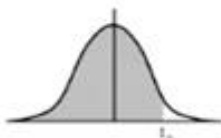
Jadi sesuai dengan range interval kepercayaan untuk data stabilitas diatas, maka data stabilitas pada variasi kadar aspal 5,40%. Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan.

Tabel 1-Student

Nilai persentil untuk distribusi t

$v = dk$

(Bilangan dalam badan tabel menyatakan tp)



v	t														
	0.9995	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5		
1	638.819	63.657	31.821	12.706	8.314	3.078	1.378	1.000	0.727	0.600	0.500	0.429	0.375		
2	31.599	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886	1.061	0.816	0.617	0.516	0.433	0.375	0.333		
3	12.924	5.841	4.341	3.182	2.353	1.838	0.978	0.765	0.584	0.485	0.413	0.358	0.318		
4	8.610	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	0.941	0.741	0.569	0.471	0.401	0.346	0.307		
5	6.869	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	0.920	0.727	0.559	0.461	0.391	0.336	0.297		
6	5.959	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	0.906	0.716	0.553	0.455	0.385	0.330	0.291		
7	5.408	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	0.896	0.711	0.549	0.451	0.381	0.326	0.287		
8	5.041	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	0.889	0.706	0.546	0.448	0.378	0.323	0.284		
9	4.781	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	0.883	0.703	0.543	0.445	0.375	0.320	0.281		
10	4.587	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	0.879	0.700	0.542	0.444	0.374	0.319	0.280		
11	4.437	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	0.876	0.697	0.540	0.443	0.373	0.318	0.279		
12	4.318	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	0.873	0.695	0.539	0.442	0.372	0.317	0.278		
13	4.221	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350	0.870	0.694	0.538	0.441	0.371	0.316	0.277		
14	4.140	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345	0.868	0.692	0.537	0.440	0.370	0.315	0.276		
15	4.073	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341	0.866	0.691	0.536	0.439	0.369	0.314	0.275		
16	4.015	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337	0.865	0.690	0.535	0.438	0.368	0.313	0.274		
17	3.965	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333	0.863	0.689	0.534	0.437	0.367	0.312	0.273		
18	3.922	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330	0.862	0.688	0.534	0.436	0.366	0.311	0.272		
19	3.883	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328	0.861	0.688	0.533	0.435	0.365	0.310	0.271		
20	3.850	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325	0.860	0.687	0.533	0.434	0.364	0.309	0.270		
21	3.819	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323	0.859	0.686	0.532	0.433	0.363	0.308	0.269		
22	3.792	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321	0.858	0.686	0.532	0.432	0.362	0.307	0.268		
23	3.768	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319	0.858	0.685	0.532	0.431	0.361	0.306	0.267		
24	3.745	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318	0.857	0.685	0.531	0.430	0.360	0.305	0.266		
25	3.725	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316	0.856	0.684	0.531	0.429	0.359	0.304	0.265		
26	3.707	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315	0.856	0.684	0.531	0.428	0.358	0.303	0.264		
27	3.690	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314	0.855	0.684	0.531	0.427	0.357	0.302	0.263		
28	3.674	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313	0.855	0.683	0.530	0.426	0.356	0.301	0.262		
29	3.659	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311	0.854	0.683	0.530	0.425	0.355	0.300	0.261		
30	3.646	2.750	2.457	2.042	1.697	1.310	0.854	0.683	0.530	0.424	0.354	0.299	0.260		
40	3.551	2.704	2.423	2.021	1.684	1.303	0.851	0.681	0.529	0.421	0.351	0.295	0.255		
60	3.460	2.660	2.390	2.000	1.671	1.296	0.848	0.679	0.527	0.419	0.349	0.292	0.252		
120	3.373	2.617	2.358	1.980	1.658	1.289	0.845	0.677	0.526	0.417	0.347	0.290	0.250		
∞	2.581	2.330	1.962	1.646	1.282	1.282	1.282	1.282	0.842	0.675	0.525	0.290	0.250		

Gambar 4. 13 Nilai Distribusi t Normal

Tabel 4. 46 Data Pengujian Lelehan (Flow) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Flow (mm)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	2,65	2,66	0,11	0,975	2	4,3027	2,39	2,94	Memenuhi
	2	2,56								Memenuhi
	3	2,78								Memenuhi
4,90	1	3,30	3,10	0,20	0,975	2	4,3027	2,60	3,60	Memenuhi
	2	2,90								Memenuhi
	3	3,10								Memenuhi
5,40	1	3,40	3,54	0,13	0,975	2	4,3027	3,22	3,87	Memenuhi
	2	3,57								Memenuhi
	3	3,66								Memenuhi
5,90	1	4,10	3,90	0,20	0,975	2	4,3027	3,40	4,40	Memenuhi
	2	3,70								Memenuhi
	3	3,90								Memenuhi
6,40	1	4,60	4,27	0,31	0,975	2	4,3027	3,51	5,03	Memenuhi
	2	4,00								Memenuhi
	3	4,20								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 47 Data Pungujian VIM Setelah Dilakukan Pengujian IntervalKepercayaan
Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vim (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	6,74	6,68	0,06	0,975	2	4,3027	6,52	6,84	Memenuhi
	2	6,61								Memenuhi
	3	6,69								Memenuhi
4,90	1	5,48	5,48	0,05	0,975	2	4,3027	5,35	5,60	Memenuhi
	2	5,42								Memenuhi
	3	5,52								Memenuhi
5,40	1	4,44	4,46	0,04	0,975	2	4,3027	4,35	4,57	Memenuhi
	2	4,51								Memenuhi
	3	4,43								Memenuhi
5,90	1	3,63	3,59	0,04	0,975	2	4,3027	3,49	3,69	Memenuhi
	2	3,55								Memenuhi
	3	3,59								Memenuhi
6,40	1	2,88	2,76	0,12	0,975	2	4,3027	2,47	3,05	Memenuhi
	2	2,65								Memenuhi
	3	2,74								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 48 Data Pengujian VMA Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vma (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	15,99	15,93	0,06	0,975	2	4,3027	15,79	16,08	Memenuhi
	2	15,87								Memenuhi
	3	15,94								Memenuhi
4,90	1	15,88	15,87	0,04	0,975	2	4,3027	15,76	15,98	Memenuhi
	2	15,83								Memenuhi
	3	15,91								Memenuhi
5,40	1	15,98	15,99	0,04	0,975	2	4,3027	15,90	16,09	Memenuhi
	2	16,04								Memenuhi
	3	15,97								Memenuhi
5,90	1	16,28	16,24	0,03	0,975	2	4,3027	16,16	16,33	Memenuhi
	2	16,21								Memenuhi
	3	16,24								Memenuhi
6,40	1	16,64	16,53	0,10	0,975	2	4,3027	16,28	16,78	Memenuhi
	2	16,44								Memenuhi
	3	16,51								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 49 Data Pengujian VFA Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vfa (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	57,84	58,07	0,25	0,975	2	4,3027	57,45	58,70	Memenuhi
	2	58,34								Memenuhi
	3	58,04								Memenuhi
4,90	1	65,48	65,50	0,21	0,975	2	4,3027	64,97	66,03	Memenuhi
	2	65,73								Memenuhi
	3	65,30								Memenuhi
5,40	1	72,18	72,09	0,21	0,975	2	4,3027	71,58	72,61	Memenuhi
	2	71,85								Memenuhi
	3	72,24								Memenuhi
5,90	1	77,69	77,89	0,20	0,975	2	4,3027	77,41	78,38	Memenuhi
	2	78,08								Memenuhi
	3	77,91								Memenuhi
6,40	1	82,67	83,32	0,60	0,975	2	4,3027	81,81	84,82	Memenuhi
	2	83,87								Memenuhi
	3	83,41								Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4. 50 Data Pengujian MQ (Marshall Quotient) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Mq (kg/mm)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	472,47	495,21	23,27	0,975	2	4,3027	437,39	553,03	Memenuhi
	2	518,99								Memenuhi
	3	494,18								Memenuhi
4,90	1	458,66	479,19	19,45	0,975	2	4,3027	430,87	527,52	Memenuhi
	2	497,34								Memenuhi
	3	481,58								Memenuhi
5,40	1	467,71	450,19	22,13	0,975	2	4,3027	395,22	505,17	Memenuhi
	2	457,55								Memenuhi
	3	425,32								Memenuhi
5,90	1	388,41	393,99	11,71	0,975	2	4,3027	364,90	423,07	Memenuhi
	2	407,44								Memenuhi
	3	386,11								Memenuhi
6,40	1	298,16	330,18	27,77	0,975	2	4,3027	261,18	399,18	Memenuhi
	2	344,59								Memenuhi
	3	347,79								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 51 Data Pengujian Density Setelah Dilakukan Pengujian IntervalKepercayaan
Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Density (gr/cc)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	2,309	2,310	0,00	0,975	2	4,3027	2,31	2,31	Memenuhi
	2	2,312								Memenuhi
	3	2,310								Memenuhi
4,90	1	2,324	2,324	0,00	0,975	2	4,3027	2,32	2,33	Memenuhi
	2	2,325								Memenuhi
	3	2,323								Memenuhi
5,40	1	2,333	2,333	0,00	0,975	2	4,3027	2,33	2,34	Memenuhi
	2	2,332								Memenuhi
	3	2,334								Memenuhi
5,90	1	2,337	2,338	0,00	0,975	2	4,3027	2,34	2,34	Memenuhi
	2	2,339								Memenuhi
	3	2,339								Memenuhi
6,40	1	2,340	2,343	0,00	0,975	2	4,3027	2,34	2,35	Memenuhi
	2	2,345								Memenuhi
	3	2,343								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 52 Data Pengujian Vim (PRD) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vim PRD (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	4,661	4,63	0,10	0,975	2	4,3027	4,38	4,87	Memenuhi
	2	4,516								Memenuhi
	3	4,704								Memenuhi
4,90	1	3,643	3,75	0,10	0,975	2	4,3027	3,50	4,00	Memenuhi
	2	3,846								Memenuhi
	3	3,762								Memenuhi
5,40	1	2,911	2,89	0,11	0,975	2	4,3027	2,63	3,15	Memenuhi
	2	2,775								Memenuhi
	3	2,982								Memenuhi
5,90	1	2,087	2,09	0,13	0,975	2	4,3027	1,77	2,40	Memenuhi
	2	2,210								Memenuhi
	3	1,959								Memenuhi
6,40	1	1,264	1,25	0,10	0,975	2	4,3027	1,00	1,49	Memenuhi
	2	1,140								Memenuhi
	3	1,335								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

4.9 Pengujian Marshall Test Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC RAP (SNI 2489:2018)

Tabel 4. 53 Hasil Pengujian Test Marshall Mencari Kadar Aspal Optimum AC-WC RAP

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566						Aspal : Asbuton murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,395						Penetrasi : PG 70				Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = $(100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V))$: 2,577						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99							
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): $Pb = 0,035 \times (CA) + 0,045 \times (FA) + 0,18 \times (FF) + \text{Konstanta (laston} = 0,5 - 1 \text{ \& lataston} = 2 - 3) : 5,40 \%$																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata	Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} - \frac{A}{V}$	$\frac{100-(100-A)S}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S V}{S \cdot U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$	
1	68,1	67,3	67,2	68,6	67,80	4,40	1184,7	684,4	1208,9	524,5	2,259		15,85	6,92	56,34	84	1036,02	2,61	396,94				
2	68,2	67,5	67,2	68,3	67,80		1189,2	686,1	1213,3	527,2	2,256		15,96	7,05	55,87	87	1073,02	2,86	375,18				
3	66,4	66,4	66,6	66,7	66,53		1192,6	689,1	1217,4	528,3	2,257		15,90	6,97	56,14	85	1076,34	2,79	385,78				
Rata - Rata										2,257	2,427	15,90	6,98	56,12	85	1061,79	2,75	385,97	0,181	4,23	1,42	7,27	
1	66,6	67,4	67,3	66,2	66,88	4,90	1183,5	681,8	1202	520,2	2,275		15,68	5,62	64,15	94	1181,71	3,13	377,54				
2	66,1	66,1	65,5	69,7	66,85		1176,6	677,5	1195,9	518,4	2,270		15,89	5,85	63,19	92	1157,17	3,16	366,19				
3	64,7	65,6	65,5	66,1	65,48		1182,4	680,1	1200,6	520,5	2,272		15,81	5,77	63,54	93	1203,71	3,22	373,82				
Rata - Rata										2,272	2,411	15,79	5,75	63,62	93	1180,86	3,17	372,52	0,181	4,73	1,27	8,18	
1	67,7	66,3	65,6	66,2	66,45	5,40	1175	676,6	1191,4	514,8	2,282		15,86	4,69	70,40	96	1217,52	3,57	341,04				
2	66,6	66,1	65,8	65,9	66,10		1186,2	683,2	1202,7	519,5	2,283		15,82	4,66	70,58	97	1239,18	3,71	334,01				
3	64,2	64,4	65,7	66,2	65,13		1180,3	678,4	1196	517,6	2,280		15,93	4,78	69,99	94	1225,68	3,43	357,34				
Rata - Rata										2,282	2,395	15,87	4,71	70,32	96	1227,46	3,57	344,13	0,181	5,23	1,14	9,09	

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566						Aspal : Asbuton Murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,395						Penetrasi : PG 70				Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = $(100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V))$: 2,577						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99							
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): $Pb = 0,035 \times (CA) + 0,045 \times (FA) + 0,18 \times (FF) + \text{Konstanta (laston} = 0,5 - 1 \text{ \& lataston} = 2 - 3) : 5,40 \%$																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$100 - \frac{F(100-A)}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S}{S \cdot U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$
1	65,9	64,4	64,6	64,6	64,88	5,90	1180,4	675,2	1190,5	515,3	2,291		16,00	3,72	76,74	89	1166,66	3,93	296,86				
2	63,7	62,5	63,3	63,1	63,15		1191,3	682,1	1202,7	520,6	2,288		16,09	3,82	76,24	95	1293,16	4,10	315,40				
3	67,4	66,1	65,4	65,2	66,03		1180,4	676,7	1192,2	515,5	2,290		16,03	3,76	76,55	92	1177,14	3,75	313,90				
Rata - Rata											2,290	2,379	16,04	3,77	76,51	92	1212,32	3,93	308,72	0,181	5,73	1,04	10,02
1	61,5	62,2	63,3	64,1	63,70	6,40	1172,4	670,2	1181,9	511,7	2,291		16,43	3,07	81,29	82	1102,61	4,27	258,22				
2	63,9	64,7	65,6	64,2	62,60		1186	675,0	1192,4	517,4	2,292		16,39	3,03	81,51	80	1102,67	4,21	261,92				
3	62,6	62,4	62,6	62,9	62,20		1179	673,1	1187	513,9	2,294		16,32	2,95	81,95	88	1224,23	4,43	276,35				
Rata - Rata											2,293	2,364	16,38	3,02	81,58	83	1143,17	4,30	265,50	0,181	6,23	0,96	10,95

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 54 Pengujian Kepadatan Mutlak (PRD) Campuran Aspal AC-WC Normal Dengan Metode Marshall RAP

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566						Aspal : Asbuton Murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 400						Gmm test (T) : 2,395						Penetrasi : PG 70				Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V)) : 2,577						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99							
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston = 0,5 - 1 & lataston = 2- 3) : 5,40 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$\frac{100-F}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S V}{S \cdot U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$
1						4,40	1176,3	679,3	1188,1	508,8	2,312		13,87	4,73	65,91								
2							1172,6	677	1183,7	506,7	2,314		13,78	4,63	66,38								
3							1179,4	680,6	1191,3	510,7	2,309		13,96	4,83	65,39								
Rata - Rata											2,312	2,427	13,87	4,73	65,89								
1						4,90	1178,7	679,5	1187,9	508,4	2,318		14,08	3,82	72,83								
2							1170,4	675,3	1180,1	504,8	2,319		14,07	3,82	72,85								
3							1174,1	677,8	1184,7	506,9	2,316		14,16	3,92	72,34								
Rata - Rata											2,318	2,411	14,10	3,85	72,68								
1						5,40	1172	674,4	1179,4	505,0	2,321		8,33	3,09	62,86								
2							1178,3	678,1	1185,6	507,5	2,322		8,29	3,05	63,18								
3							1180,1	680,7	1188,4	507,7	2,324		8,18	2,94	64,05								
Rata - Rata											2,322	2,395	8,26	3,03	63,36								

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566					Aspal : Asbuton Murni			Kalibrasi marshall (W) : 29,80									
Jumlah Tumbukan : 400						Gmm test (T) : 2,395					Penetrasi : PG 70			Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68									
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Pb) / ((100/T) - (Pb/V)) : 2,577					B. jenis (V) : 1,069			Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99									
Perkiraan kadar aspal rencana (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston = 0,5 - 1 & lataston = 2- 3) : 5,40 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$\frac{100 - F(100-A)}{S}$	$\frac{100(G - F)}{G}$	$\frac{100(H - I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S}{S \cdot U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{XV(100-A)}$
1						5,90	1177,4	676,8	1183,5	506,7	2,324		13,43	2,34	82,61								
2							1171,8	674,5	1178,3	503,8	2,326		13,35	2,24	83,21								
3							1173,3	674,7	1178,9	504,2	2,327		13,31	2,19	83,51								
Rata - Rata											2,326	2,379	13,36	2,26	83,11								
1						6,40	1160,5	665,8	1163,8	498,0	2,330		13,64	1,42	89,60								
2							1173,2	673,4	1177,5	504,1	2,327		13,75	1,55	88,76								
3							1176,1	676	1180,6	504,6	2,331		13,62	1,40	89,72								
Rata - Rata											2,329	2,364	13,67	1,45	89,36								

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 55 Pengujian Stabilitas Sisa Perendaman 24 Jam Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode Marshall RAP (SNI 2489:2018)

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566						Aspal : Asbuton Murni				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,393						Penetrasi : PG 70				Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Po) / ((100/T) - (Po/V)) : 2,583						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99							
Kadar aspal optimum (Po) : 5,61 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$\frac{100-E}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S V}{S . U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$
1	64,1	64,6	64,2	64,8	64,43	5,61	1178,7	671,5	1186,2	514,7	2,290		15,76	4,29	72,79	95	1257,39	3,84	327,44				
2	65,3	65,5	64,8	64,5	65,03		1181,3	674,3	1189,5	515,2	2,293		15,66	4,17	73,37	89	1162,95	3,47	335,14				
3	63,6	63,9	64,1	64,3	63,98		1175,1	669,9	1182,7	512,8	2,292		15,71	4,23	73,09	91	1216,27	3,70	328,72				
Rata - Rata Perendaman Marshall 30 Menit											2,292	2,393	15,71	4,23	73,08	92	1212,20	3,67	330,44	0,269	5,36	1,12	9,33
1	64,5	64,0	63,8	64,2	64,13	5,61	1180,6	673,5	1188,8	515,3	2,291		15,73	4,25	73,00	81	1079,08	4,00	269,77				
2	64,2	64,5	64,9	64,7	64,58		1176,3	670,1	1184,6	514,5	2,286		15,90	4,45	72,04	88	1160,98	3,95	293,92				
3	64,8	65,2	65,7	65,4	65,28		1180,9	673,3	1188,5	515,2	2,292		15,69	4,20	73,21	83	1078,82	3,88	278,05				
Rata - Rata Perendaman Marshall 24 Jam											2,290	2,393	15,77	4,30	72,75	84	1106,29	3,94	280,58	0,269	5,36	1,12	9,33
STABILITAS MARSHALL SISA PERENDAMAN 24 JAM $= \frac{1106,29}{1212,20} \times 100 = 91,26 \%$																							

Sumber:Hasil Penelitian

4.10 Perhitungan Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

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 kepercayaan konfiden 95%. Hal ini berarti angka toleransikesalahan yang diijinkan hanya 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.

Tabel 4. 56 Data Pengujian Stabilitas Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Stabilitas (kg)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	1036,02	1061,79	22,38	0,975	2	4,3027	1006,20	1117,39	Memenuhi
	2	1073,02								Memenuhi
	3	1076,34								Memenuhi
4,90	1	1181,71	1180,863	23,29	0,975	2	4,3027	1123,02	1238,71	Memenuhi
	2	1157,17								Memenuhi
	3	1203,71								Memenuhi
5,40	1	1217,52	1227,458	10,94	0,975	2	4,3027	1200,28	1254,63	Memenuhi
	2	1239,18								Memenuhi
	3	1225,68								Memenuhi
5,90	1	1166,66	1212,321	70,20	0,975	2	4,3027	1037,92	1386,72	Memenuhi
	2	1293,16								Memenuhi
	3	1177,14								Memenuhi
6,40	1	1102,61	1143,173	70,20	0,975	2	4,3027	968,79	1317,56	Memenuhi
	2	1102,67								Memenuhi
	3	1224,23								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Berikut adalah perhitungan stabilitas aspal pada variasi aspal 5,40%.

Tabel 4. 57 Data Pengujian Kadar Aspal 5,40% Normal

Kode benda uji	Stabilitas (Kg)
1	1590,20
2	1633,46
3	1556,67

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

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\text{Stabilitas}}{n} \\ &= \frac{1590,20+1633,46+1556,67}{3} \\ &= 1593,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{\sqrt{(1590,20+1593,44)^2 + (1633,46+1593,44)^2 + (1556,67+1593,44)^2}}{3-1} \\ &= 38,50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= 0,5(1+(1-0,05)) \\ &= 0,975\end{aligned}$$

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

Keterangan:

X = nilai rata-rata

S = standar deviasi

P = persentil T0,975 = 4,303

Maka, nilai interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \bar{x} - \left((t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \right) < \mu < \left((t_{0,975} \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \right) \\
 &= 1593,44 - \left((4,303 \times \frac{38,50}{\sqrt{3}}) \right) < \mu < \left((4,303 \times \frac{38,50}{\sqrt{3}}) \right) \\
 &= 1497,40 < \mu < 1689,09
 \end{aligned}$$

Jadi sesuai dengan range interval kepercayaan untuk data stabilitas diatas, maka data stabilitas pada variasi kadar aspal 5,40%. Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan.

Nilai persentil untuk distribusi t
 $v = dk$
 (Bilangan dalam badan tabel menyatakan tp)

v	t														
	0.9995	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5		
1	838.819	83.857	31.821	4.706	6.314	3.078	1.378	1.000	0.727	0.600	0.525	0.458	0.400		
2	31.599	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886	1.061	0.816	0.617	0.516	0.438	0.377	0.325		
3	12.924	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638	0.978	0.765	0.584	0.485	0.409	0.347	0.298		
4	8.610	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	0.941	0.741	0.569	0.471	0.396	0.334	0.285		
5	6.869	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	0.920	0.727	0.559	0.461	0.386	0.324	0.275		
6	5.959	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	0.906	0.718	0.553	0.455	0.380	0.318	0.269		
7	5.408	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	0.896	0.711	0.549	0.451	0.376	0.314	0.265		
8	5.041	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	0.889	0.706	0.546	0.448	0.373	0.311	0.262		
9	4.781	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	0.883	0.703	0.543	0.445	0.370	0.308	0.259		
10	4.587	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	0.879	0.700	0.542	0.444	0.369	0.307	0.258		
11	4.437	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	0.876	0.697	0.540	0.442	0.367	0.305	0.257		
12	4.318	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	0.873	0.695	0.539	0.441	0.366	0.304	0.256		
13	4.221	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350	0.870	0.694	0.538	0.440	0.365	0.303	0.255		
14	4.140	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345	0.868	0.692	0.537	0.439	0.364	0.302	0.254		
15	4.073	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341	0.866	0.691	0.536	0.438	0.363	0.301	0.253		
16	4.015	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337	0.865	0.690	0.535	0.437	0.362	0.300	0.252		
17	3.965	2.896	2.567	2.110	1.740	1.333	0.863	0.689	0.534	0.436	0.361	0.299	0.251		
18	3.922	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330	0.862	0.688	0.534	0.435	0.360	0.298	0.250		
19	3.883	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328	0.861	0.688	0.533	0.434	0.359	0.297	0.249		
20	3.850	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325	0.860	0.687	0.533	0.433	0.358	0.296	0.248		
21	3.819	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323	0.859	0.686	0.532	0.432	0.357	0.295	0.247		
22	3.792	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321	0.858	0.686	0.532	0.431	0.356	0.294	0.246		
23	3.768	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319	0.858	0.685	0.532	0.430	0.355	0.293	0.245		
24	3.745	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318	0.857	0.685	0.531	0.429	0.354	0.292	0.244		
25	3.725	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316	0.856	0.684	0.531	0.428	0.353	0.291	0.243		
26	3.707	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315	0.856	0.684	0.531	0.428	0.353	0.291	0.242		
27	3.690	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314	0.855	0.684	0.531	0.427	0.352	0.290	0.241		
28	3.674	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313	0.855	0.683	0.530	0.426	0.351	0.289	0.240		
29	3.659	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311	0.854	0.683	0.530	0.425	0.350	0.288	0.239		
30	3.646	2.750	2.457	2.042	1.697	1.310	0.854	0.683	0.530	0.424	0.349	0.287	0.238		
40	3.551	2.704	2.423	2.021	1.684	1.303	0.851	0.681	0.529	0.421	0.346	0.284	0.235		
60	3.460	2.660	2.390	2.000	1.671	1.296	0.848	0.679	0.527	0.419	0.344	0.282	0.233		
120	3.373	2.617	2.358	1.980	1.658	1.289	0.845	0.677	0.526	0.417	0.342	0.280	0.231		
∞	2.581	2.330	1.962	1.646	1.282	1.282	1.282	1.282	0.842	0.675	0.525	0.253	0.230		

Gambar 4. 14 Nilai Distribusi t Normal

Tabel 4. 58 Data Pengujian Lelehan (Flow) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Flow (mm)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	2,65	2,66	0,11	0,975	2	4,3027	2,39	2,94	Memenuhi
	2	2,56								Memenuhi
	3	2,78								Memenuhi
4,90	1	3,30	3,10	0,20	0,975	2	4,3027	2,60	3,60	Memenuhi
	2	2,90								Memenuhi
	3	3,10								Memenuhi
5,40	1	3,40	3,54	0,13	0,975	2	4,3027	3,22	3,87	Memenuhi
	2	3,57								Memenuhi
	3	3,66								Memenuhi
5,90	1	4,10	3,90	0,20	0,975	2	4,3027	3,40	4,40	Memenuhi
	2	3,70								Memenuhi
	3	3,90								Memenuhi
6,40	1	4,60	4,27	0,31	0,975	2	4,3027	3,51	5,03	Memenuhi
	2	4,00								Memenuhi
	3	4,20								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 59 Data Pungujian VIM Setelah Dilakukan Pengujian IntervalKepercayaan
Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vim (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	6,74	6,68	0,06	0,975	2	4,3027	6,52	6,84	Memenuhi
	2	6,61								Memenuhi
	3	6,69								Memenuhi
4,90	1	5,48	5,48	0,05	0,975	2	4,3027	5,35	5,60	Memenuhi
	2	5,42								Memenuhi
	3	5,52								Memenuhi
5,40	1	4,44	4,46	0,04	0,975	2	4,3027	4,35	4,57	Memenuhi
	2	4,51								Memenuhi
	3	4,43								Memenuhi
5,90	1	3,63	3,59	0,04	0,975	2	4,3027	3,49	3,69	Memenuhi
	2	3,55								Memenuhi
	3	3,59								Memenuhi
6,40	1	2,88	2,76	0,12	0,975	2	4,3027	2,47	3,05	Memenuhi
	2	2,65								Memenuhi
	3	2,74								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 60 Data Pengujian VMA Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vma (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	15,99	15,93	0,06	0,975	2	4,3027	15,79	16,08	Memenuhi
	2	15,87								Memenuhi
	3	15,94								Memenuhi
4,90	1	15,88	15,87	0,04	0,975	2	4,3027	15,76	15,98	Memenuhi
	2	15,83								Memenuhi
	3	15,91								Memenuhi
5,40	1	15,98	15,99	0,04	0,975	2	4,3027	15,90	16,09	Memenuhi
	2	16,04								Memenuhi
	3	15,97								Memenuhi
5,90	1	16,28	16,24	0,03	0,975	2	4,3027	16,16	16,33	Memenuhi
	2	16,21								Memenuhi
	3	16,24								Memenuhi
6,40	1	16,64	16,53	0,10	0,975	2	4,3027	16,28	16,78	Memenuhi
	2	16,44								Memenuhi
	3	16,51								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 61 Data Pengujian VFA Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vfa (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	57,84	58,07	0,25	0,975	2	4,3027	57,45	58,70	Memenuhi
	2	58,34								Memenuhi
	3	58,04								Memenuhi
4,90	1	65,48	65,50	0,21	0,975	2	4,3027	64,97	66,03	Memenuhi
	2	65,73								Memenuhi
	3	65,30								Memenuhi
5,40	1	72,18	72,09	0,21	0,975	2	4,3027	71,58	72,61	Memenuhi
	2	71,85								Memenuhi
	3	72,24								Memenuhi
5,90	1	77,69	77,89	0,20	0,975	2	4,3027	77,41	78,38	Memenuhi
	2	78,08								Memenuhi
	3	77,91								Memenuhi
6,40	1	82,67	83,32	0,60	0,975	2	4,3027	81,81	84,82	Memenuhi
	2	83,87								Memenuhi
	3	83,41								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 62 Data Pengujian MQ (Marshall Quotient) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Mq (kg/mm)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	472,47	495,21	23,27	0,975	2	4,3027	437,39	553,03	Memenuhi
	2	518,99								Memenuhi
	3	494,18								Memenuhi
4,90	1	458,66	479,19	19,45	0,975	2	4,3027	430,87	527,52	Memenuhi
	2	497,34								Memenuhi
	3	481,58								Memenuhi
5,40	1	467,71	450,19	22,13	0,975	2	4,3027	395,22	505,17	Memenuhi
	2	457,55								Memenuhi
	3	425,32								Memenuhi
5,90	1	388,41	393,99	11,71	0,975	2	4,3027	364,90	423,07	Memenuhi
	2	407,44								Memenuhi
	3	386,11								Memenuhi
6,40	1	298,16	330,18	27,77	0,975	2	4,3027	261,18	399,18	Memenuhi
	2	344,59								Memenuhi
	3	347,79								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 63 Data Pengujian Density Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Density (gr/cc)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	2,309	2,310	0,00	0,975	2	4,3027	2,31	2,31	Memenuhi
	2	2,312								Memenuhi
	3	2,310								Memenuhi
4,90	1	2,324	2,324	0,00	0,975	2	4,3027	2,32	2,33	Memenuhi
	2	2,325								Memenuhi
	3	2,323								Memenuhi
5,40	1	2,333	2,333	0,00	0,975	2	4,3027	2,33	2,34	Memenuhi
	2	2,332								Memenuhi
	3	2,334								Memenuhi
5,90	1	2,337	2,338	0,00	0,975	2	4,3027	2,34	2,34	Memenuhi
	2	2,339								Memenuhi
	3	2,339								Memenuhi
6,40	1	2,340	2,343	0,00	0,975	2	4,3027	2,34	2,35	Memenuhi
	2	2,345								Memenuhi
	3	2,343								Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian

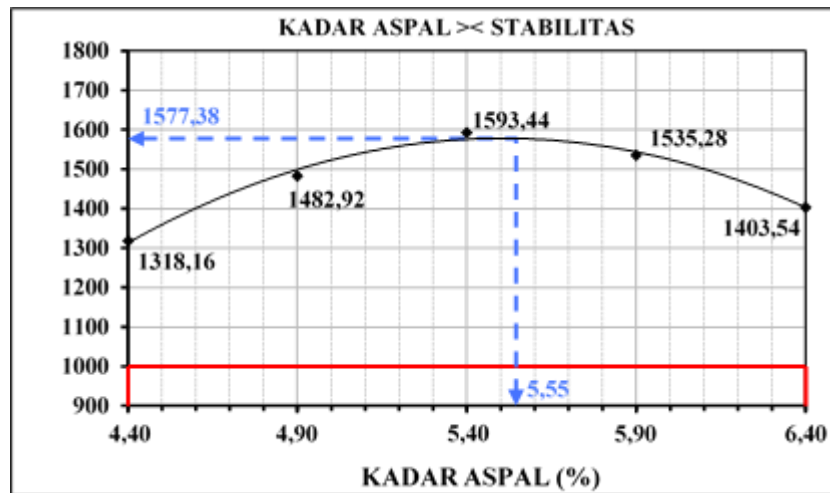
Tabel 4. 64 Data Pengujian Vim (PRD) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan Campuran AC-WC RAP

Kadar Aspal (%)	No. Benda uji	Vim PRD (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		Keterangan
								Min	Max	
4,40	1	4,661	4,63	0,10	0,975	2	4,3027	4,38	4,87	Memenuhi
	2	4,516								Memenuhi
	3	4,704								Memenuhi
4,90	1	3,643	3,75	0,10	0,975	2	4,3027	3,50	4,00	Memenuhi
	2	3,846								Memenuhi
	3	3,762								Memenuhi
5,40	1	2,911	2,89	0,11	0,975	2	4,3027	2,63	3,15	Memenuhi
	2	2,775								Memenuhi
	3	2,982								Memenuhi
5,90	1	2,087	2,09	0,13	0,975	2	4,3027	1,77	2,40	Memenuhi
	2	2,210								Memenuhi
	3	1,959								Memenuhi
6,40	1	1,264	1,25	0,10	0,975	2	4,3027	1,00	1,49	Memenuhi
	2	1,140								Memenuhi
	3	1,335								Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

4.11 Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Normal

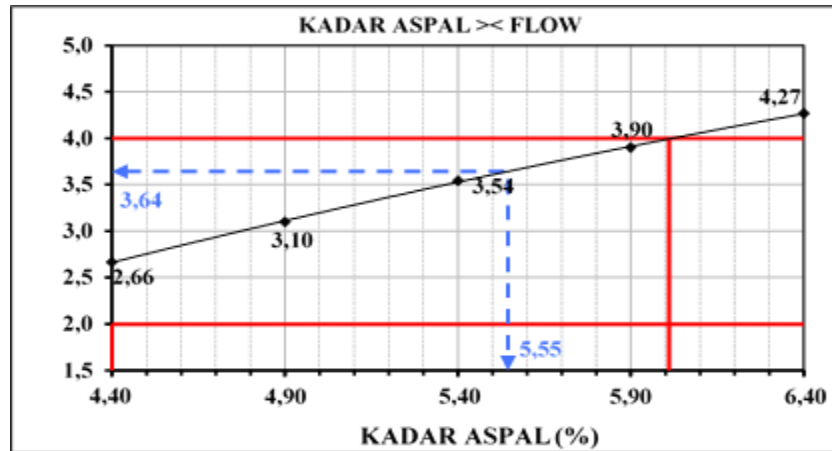
Menentukan kadar aspal optimum (KAO) Campuran AC – WC Normal dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari parameter marshall yaitu stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFA berdasarkan dari hasil perhitungan parameter marshall yang digambarkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Antar Kadar Aspal dan Stabilitas Koreksi Campuran AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

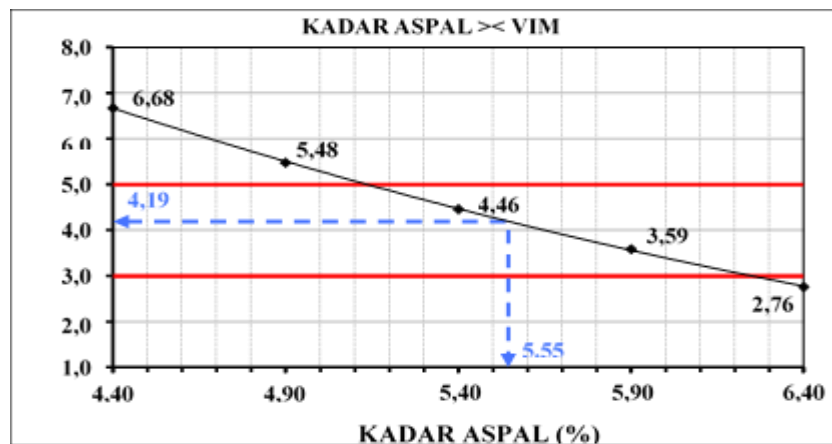
Dari grafik 4.15 hubungan kadar aspal dengan stabilitas dapat dilihat nilai stabilitas berada pada rangge 1318,16 kg sampai dengan 1403,54 kg pada kadar aspal mulai dari 4,40% sampai 6,40%. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada kadar aspal 5,55% dengan nilai 1577,38 kg. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai stabilitas pada kadar aspal optimum.



Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dan Flow Campuran AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

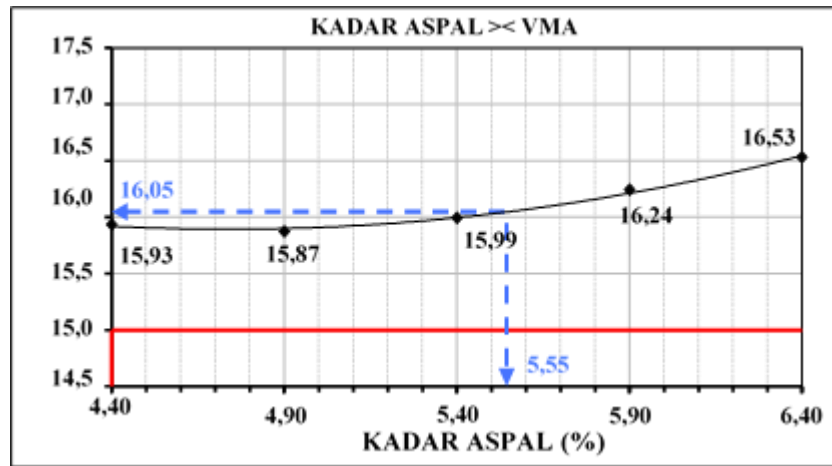
Dari grafik 4.16 hubungan kadar aspal dengan flow dapat dilihat nilai flow berada pada range 2,66 mm sampai dengan 4,27 mm pada kadar aspal mulai dari 4,40% sampai 6,40%. Nilai flow pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 3,64mm. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai flow mengalami peningkatan,dimana semakin tinggi kadar aspal maka semakin meningkat nilai flow.



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal VIM Campuran AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

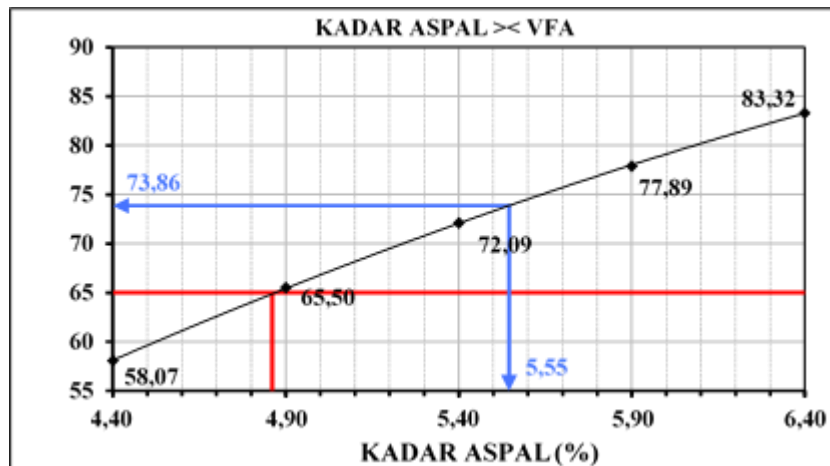
Dari grafik 4.17 hubungan kadar aspal dengan VIM (Voids in The Mix / Rongga udara didalam campuran) dengan Batasan min 3 dan maks 5. Dapat dilihat nilai VIM berada pada rangge 6,68 % sampai dengan 2,76 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VIM pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 4,19 Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VIM semakin menurun nilainya seiring meningkatnya kadar aspal.



Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VMA Campuran AC-WC Normal

Sumber:Hasil Penelitian

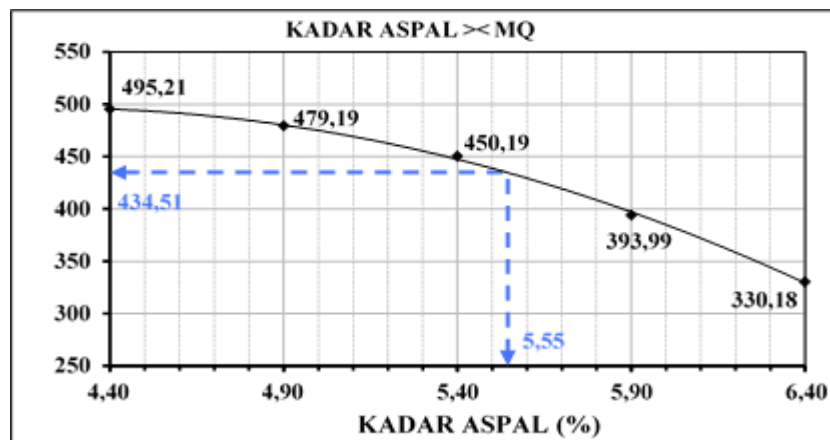
Dari grafik 4.18 hubungan kadar aspal dengan VMA dapat dilihat nilai VMA berada pada rangge 15,93 % sampai dengan 16,53 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VMA pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 16,05. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VMA mengalami peningkatan, dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai VMA semakin meningkat.



Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VFA Campuran AC-WC Normal

Sumber: Hasil Penelitian

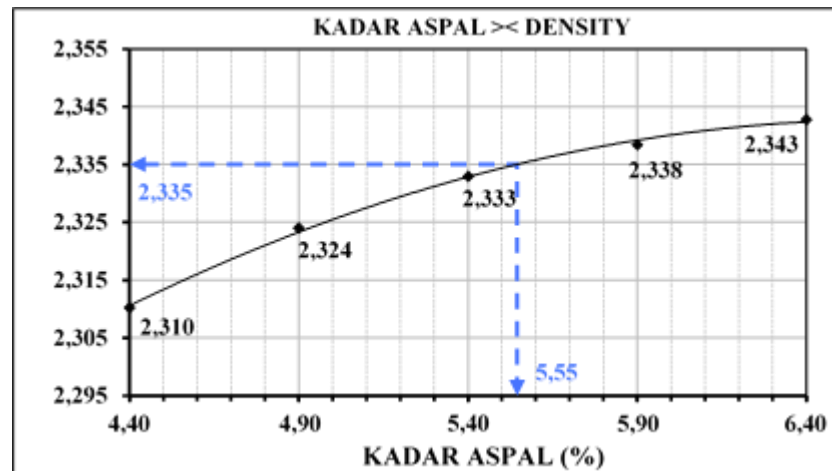
Dari grafik 4.19 hubungan kadar aspal dengan VFA dapat dilihat nilai VFA berada pada rangge 58,07 % sampai dengan 83,32 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VFA pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 73,86. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VFA mengalami peningkatan, dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai VFA semakin meningkat.



Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Marshall Quotient (MQ) Campuran AC-WC Normal

Sumber: Hasil Penelitian

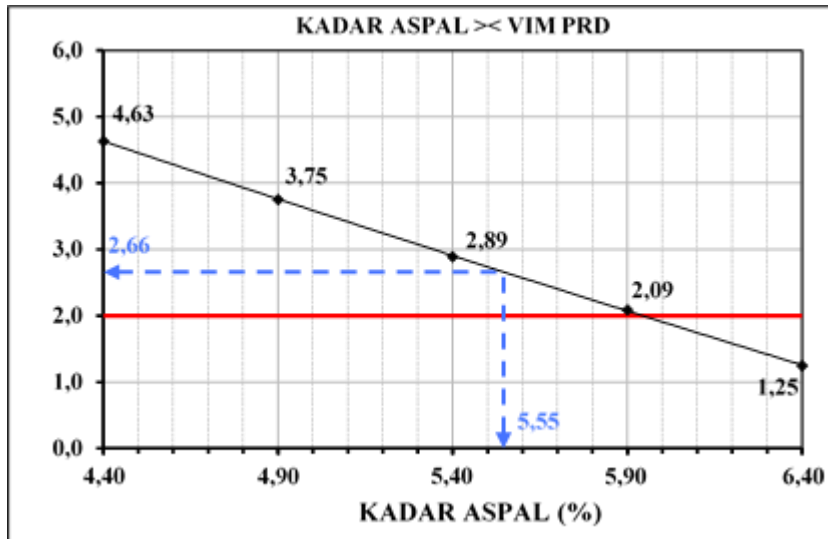
Dari grafik 4.20 hubungan kadar aspal dengan MQ dapat dilihat nilai MQ berada pada rangge 495,21 kg/mm sampai dengan 330,18 kg/mmpada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai MQ pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 434,51. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai MQ mengalami penurunan.,dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ semakin menurun.



Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Density Campuran AC-WC Normal

Sumber: Hasil Penelitian

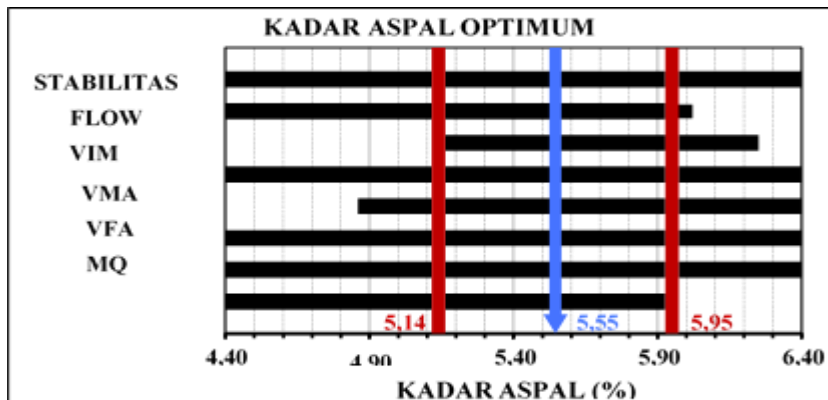
Dari grafik 4.21 hubungan kadar aspal dengan Density dapat dilihat nilai Density berada pada rangge 2,310 % sampai dengan 2,343 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai density pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 2,335. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai Density mengalami peningkatan.,dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai Density semakin meningkat.



Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM (PRD) Campuran AC-WC Normal

Sumber: Hasil Penelitian

Dari grafik 4.22 hubungan kadar aspal dengan VIM PRD. Dapat dilihat nilai VIM PRD berada pada range 4,63 % sampai dengan 1,25 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VIM PRD pada kadar aspal optimum 5,55% dengan nilai 2,66. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VIM PRD semakin menurun nilainya seiring meningkatnya kadar aspal. Berdasarkan grafik parameter marshall diperoleh kadar aspal optimum sebagai berikut :



Gambar 4. 23 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC Normal

Sumber: Hasil Penelitian

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum terlihat pada diagram 4.23 yang mana dikelompokkan menjadi dua sisi dari perpotongan kadar aspal optimum yaitu sisi kiri dan sisi kanan. Sisi kiri menyatakan batas maksimum dan sisi kanan menyatakan batas minimum, sehingga dapat digunakan rumus sebagai berikut:

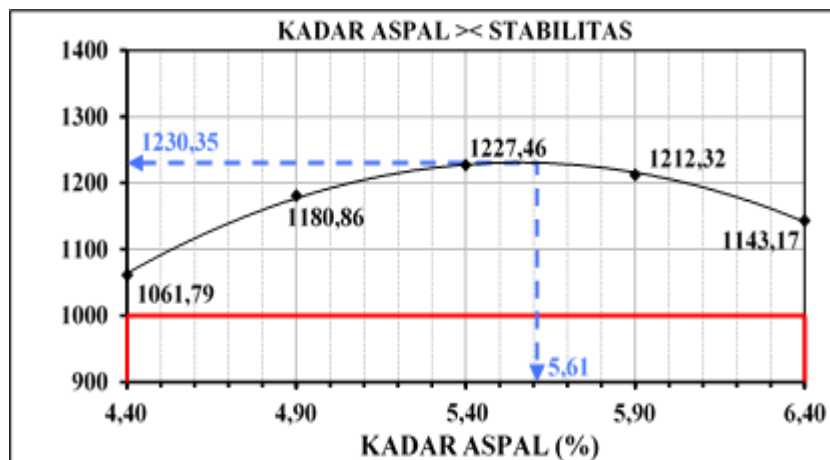
$$\begin{aligned}\frac{a+b}{2} &= \frac{\text{Batas maksimum sisi kiri} + \text{Batas Minimum sisi kanan}}{2} \\ &= \frac{5,14 + 5,95}{2}\end{aligned}$$

$$\text{KAO} = 5,55\%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,55%

4.12 Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC RAP

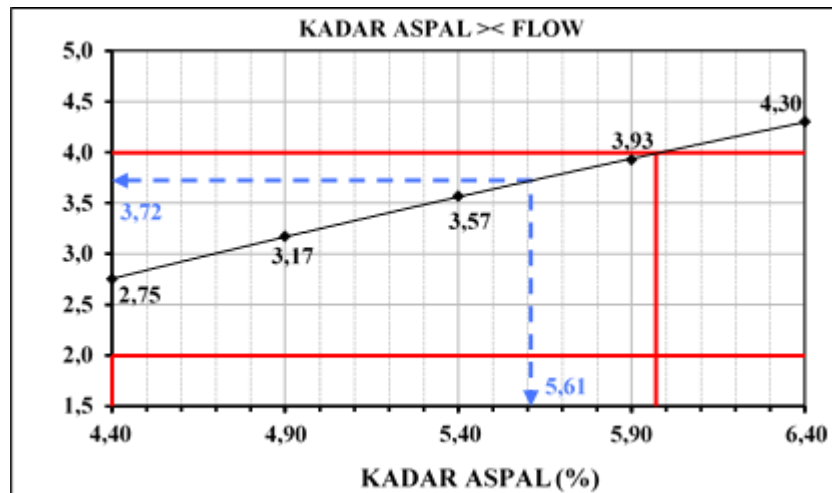
Menentukan kadar aspal optimum (KAO) Campuran AC – WC RAP dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari parameter marshall yaitu stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFA berdasarkan dari hasil perhitungan parameter marshall yang digambarkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas Koreksi Campuran AC-WC RAP

Sumber: Hasil Penelitian

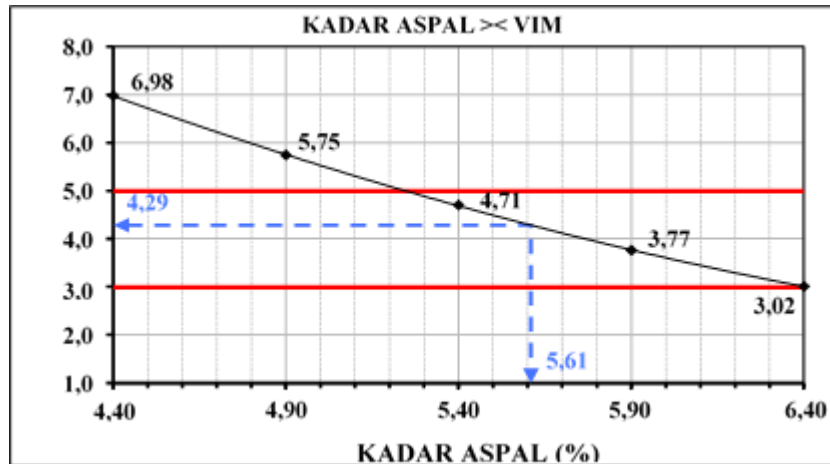
Dari grafik 4.24 hubungan kadar aspal dengan stabilitas dapat dilihat nilai stabilitas berada pada range 1061,79 kg sampai dengan 1143,17 kg pada kadar aspal mulai dari 4,40% sampai 6,40%. Nilai stabilitas pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 1230,35 kg. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai stabilitas pada kadar aspal optimum.



Gambar 4. 25 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow Campuran AC-WC RAP

Sumber: Hasil Penelitian

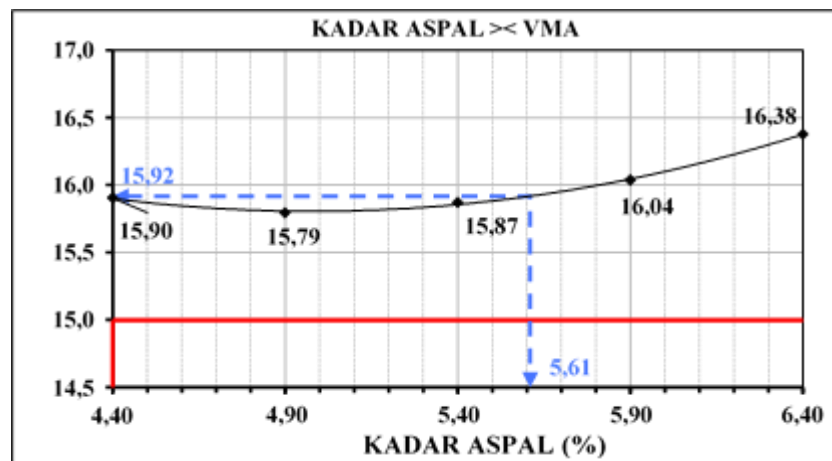
Dari grafik 4.25 hubungan kadar aspal dengan flow dapat dilihat nilai flow berada pada range 2,75 mm sampai dengan 4,30 mm pada kadar aspal mulai dari 4,40% sampai 6,40%. Nilai flow pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 3,72. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai flow mengalami peningkatan, dimana semakin tinggi kadar aspal maka semakin meningkat nilai flow.



Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM CampuranAC-WC RAP

Sumber:Hasil Penelitian

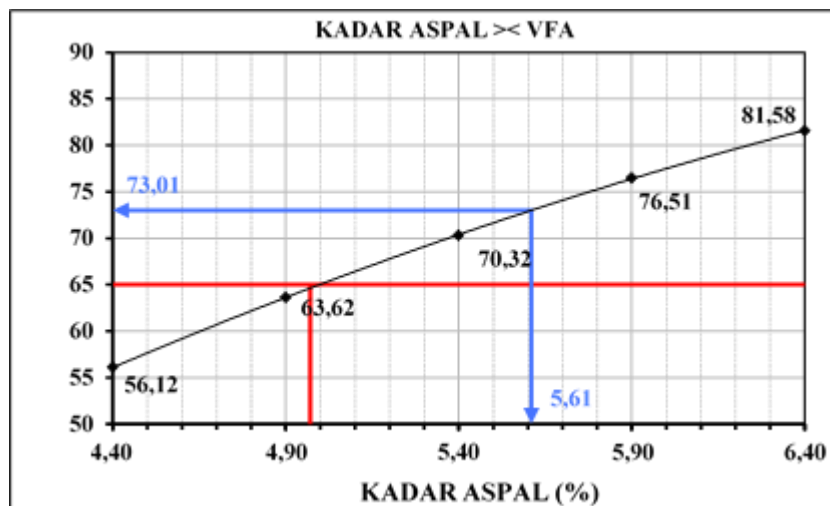
Dari grafik 4.26 hubungan kadar aspal dengan VIM (Voids in The Mix / Rongga udara didalam campuran) dengan Batasan min 3 dan maks 5.Dapat dilihat nilai VIM berada pada ranngge 6,98 % sampai dengan 3,02 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VIM pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 4,29. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VIM semakin menurun nilainya seiring meningkatnya kadar aspal.



Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VMA CampuranAC-WC RAP

Sumber : Hasil Penelitian

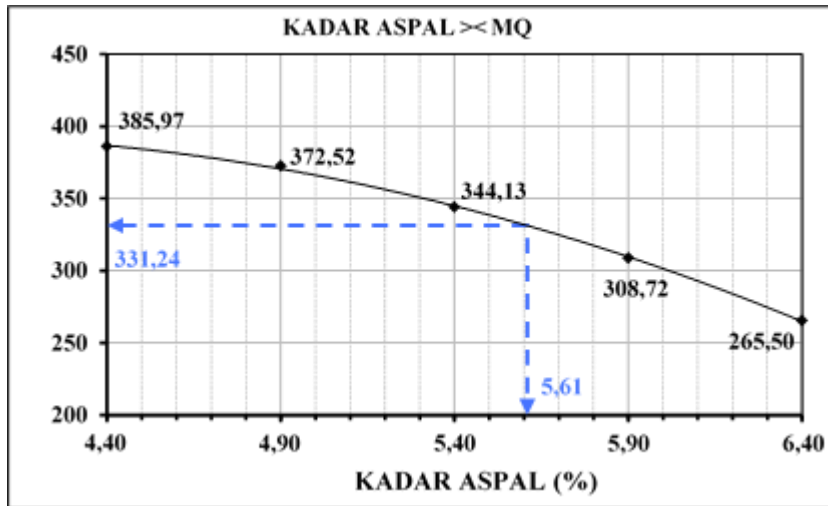
Dari grafik 4.27 hubungan kadar aspal dengan VMA dapat dilihat nilai VMA berada pada rangge 15,90 % sampai dengan 16,38 % pada kadaraspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VMA pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 15,92. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VMA mengalami peningkatan.,dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai VMA semakin meningkat.



Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFA Campuran AC-WC RAP

Sumber: Hasil Penelitian

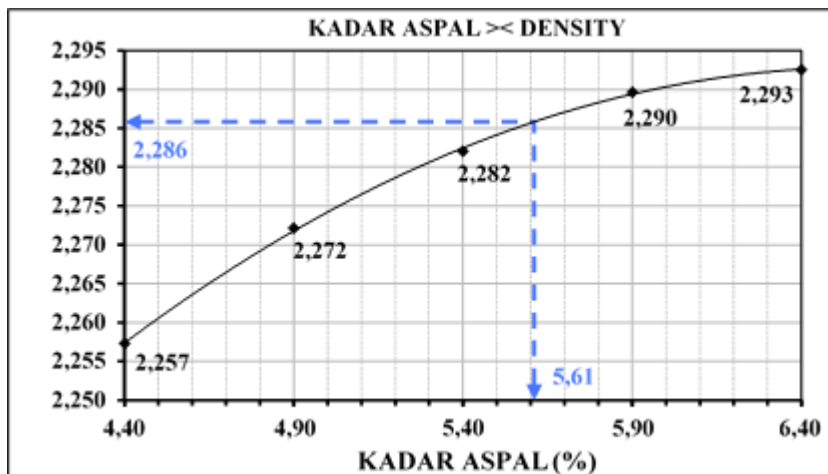
Dari grafik 4.28 hubungan kadar aspal dengan VFA dapat dilihat nilai VFA berada pada rangge 56,12 % sampai dengan 81,58 % pada kadaraspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VFA pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 73,01. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VFA mengalami peningkatan.,dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai VFA semakin meningkat.



Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan MQ (Marshall quotient) Campuran AC-WC RAP

Sumber:Hasil Penelitian

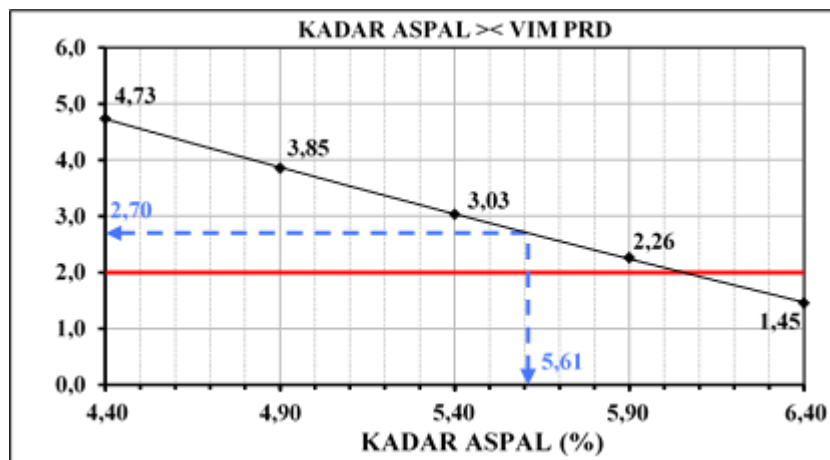
Dari grafik 4.29 hubungan kadar aspal dengan MQ dapat dilihat nilai MQ berada pada rangge 385,97 kg/mm sampai dengan 265,50 kg/mm pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai MQ pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 331,24. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai MQ mengalami penurunan.,dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ semakin menurun.



Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Density Campuran AC-WC RAP

Sumber:Hasil Penelitian

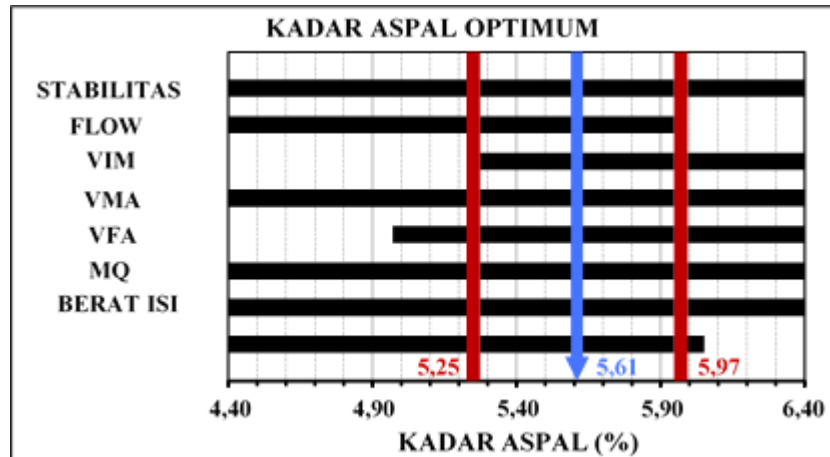
Dari grafik 4.30 hubungan kadar aspal dengan Density dapat dilihat nilai Density berada pada range 2,257 % sampai dengan 2,293 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai Density pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 2,286. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai Density mengalami peningkatan, dimana semakin tinggi kadar aspal maka nilai Density semakin meningkat.



Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM(PRD) Campuran AC-WC RAP

Sumber: Hasil Penelitian

Dari grafik 4.31 hubungan kadar aspal dengan VIM PRD. Dapat dilihat nilai VIM PRD berada pada range 4,73 % sampai dengan 1,45 % pada kadar aspal mulai dari 4,40 % sampai 6,40 %. Nilai VIM PRD pada kadar aspal optimum 5,61% dengan nilai 2,70. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VIM PRD semakin menurun nilainya seiring meningkatnya kadar aspal. Berdasarkan grafik parameter marshall diperoleh kadar aspal optimum sebagai berikut:



Gambar 4. 32 Diagram Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum terlihat pada grafik 4.32 yang mana dikelompokkan menjadi dua sisi dari perpotongan kadar aspal optimum yaitu sisi kiri dan sisi kanan. Sisi kiri menyatakan batas maksimum dan sisi kanan menyatakan batas minimum, sehingga dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$\begin{aligned} \frac{a+b}{2} &= \frac{\text{Batas maksimum sisi kiri} + \text{Batas Minimum sisi kanan}}{2} \\ &= \frac{5,25 + 5,97}{2} \\ \text{KAO} &= 5,61\% \end{aligned}$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,61%

4.13 Pengujian Marshall Test Kadar Aspal Optimum

Tabel 4. 65 Hasil Pengujian Test Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,50% 30 Menit dan 24 Jam Campuran Normal

Jenis Campuran : AC-WC MOD.						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,627						Aspal : Pertamina				Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,441						Penetrasi : 60/70				Luas Permukaan Ag. (X) : 5,47							
Suhu : 145 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Po) / ((100/T) - (Po/V)) : 2,640						B. jenis (V) : 1,069				Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,43							
Kadar aspal optimum (Po) : 5,55 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$\frac{E(100-A)}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S V}{S . U}$	$\frac{A-(100-A)O}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$
1	62,5	62,8	63,2	62,7	62,80	5,55	1177,6	680,2	1183,8	503,6	2,338		15,93	4,19	73,67	112	1536,69	3,62	424,50				
2	64,8	64,3	62,8	64,4	64,08		1180,2	681,3	1186,1	504,8	2,338		15,94	4,21	73,59	118	1573,70	3,34	471,17				
3	63,7	63,4	63,6	64,0	63,68		1175,4	678,6	1181	502,4	2,340		15,88	4,14	73,91	115	1547,20	3,78	409,31				
Rata - Rata Perendaman Marshall 30 Menit											2,339	2,441	15,92	4,18	73,72	115	1552,53	3,58	434,99	0,191	5,36	1,01	9,70
1	62,6	64,2	64,5	64,1	63,85	5,55	1176,1	679,3	1182,3	503,0	2,338		15,93	4,20	73,63	107	1434,04	3,75	382,41				
2	63,2	63,7	63,4	63,0	63,33		1178,6	681,1	1184,5	503,4	2,341		15,82	4,07	74,25	112	1518,60	4,05	374,96				
3	64,5	64,7	65,2	64,6	64,75		1179,3	681,5	1185,1	503,6	2,342		15,81	4,06	74,34	103	1353,79	3,88	348,92				
Rata - Rata Perendaman Marshall 24 Jam											2,340	2,441	15,85	4,11	74,07	107	1435,48	3,89	368,76	0,191	5,36	1,01	9,70
STABILITAS MARSHALL SISA PERENDAMAN 24 JAM = $\frac{1435,48}{1552,53}$ X 100 = 92,46 %																							

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 66 Hasil Pengujian Test Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,50% 30 Menit dan 24 Jam Campuran RAP

Jenis Campuran : AC-WC MOD. RAP						Berat jenis bulk agregat (S) : 2,566					Aspal : Asbuton Murni					Kalibrasi marshall (W) : 29,80							
Jumlah Tumbukan : 75						Gmm test (T) : 2,393					Penetrasi : PG 70					Luas Permukaan Ag. (X) : 5,68							
Suhu : 165 °C						Berat jenis efektif ag. (U) = (100-Po) / ((100/T) - (Po/V)) : 2,583					B. jenis (V) : 1,069					Partikel lolos sar. #200 (Y) : 5,99							
Kadar aspal optimum (Po) : 5,61 %																							
No. Benda uji	Tebal benda uji (mm)					Kadar Aspal	Berat benda uji (gram)			Volume benda uji (cc)	Density (gr/cc)	Bj. maks. camp.	% Rongga			Stabilitas		Flow	MQ	% Absorsi aspal	% Kadar aspal eff.	Rasio Part. lolos sar. #200	T. film
							kering udara	dalam air	s.s.d				V . M . A	V . I . M	V . F . A	Bacaan dial	Koreksi						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
	1	2	3	4	Rata - Rata		Lab. Test	Lab. Test	Lab. Test	D - C	$\frac{G}{J}$	$\frac{100-A}{U} + \frac{A}{V}$	$\frac{F(100-A)}{S}$	$\frac{100(G-F)}{G}$	$\frac{100(H-I)}{I}$	Lab. Test	K. W. A.Koreksi	Lab. Test	$\frac{L}{M}$	$\frac{100 U-S V}{S . U}$	$\frac{A-(100-A)Q}{100}$	$\frac{Y}{P}$	$\frac{A-O}{X V(100-A)}$
1	64,1	64,6	64,2	64,8	64,43	5,61	1178,7	671,5	1186,2	514,7	2,290		15,76	4,29	72,79	95	1257,39	3,84	327,44				
2	65,3	65,5	64,8	64,5	65,03		1181,3	674,3	1189,5	515,2	2,293		15,66	4,17	73,37	89	1162,95	3,47	335,14				
3	63,6	63,9	64,1	64,3	63,98		1175,1	669,9	1182,7	512,8	2,292		15,71	4,23	73,09	91	1216,27	3,70	328,72				
Rata - Rata Perendaman Marshall 30 Menit											2,292	2,393	15,71	4,23	73,08	92	1212,20	3,67	330,44	0,269	5,36	1,12	9,33
1	64,5	64,0	63,8	64,2	64,13	5,61	1180,6	673,5	1188,8	515,3	2,291		15,73	4,25	73,00	81	1079,08	4,00	269,77				
2	64,2	64,5	64,9	64,7	64,58		1176,3	670,1	1184,6	514,5	2,286		15,90	4,45	72,04	88	1160,98	3,95	293,92				
3	64,8	65,2	65,7	65,4	65,28		1180,9	673,3	1188,5	515,2	2,292		15,69	4,20	73,21	83	1078,82	3,88	278,05				
Rata - Rata Perendaman Marshall 24 Jam											2,290	2,393	15,77	4,30	72,75	84	1106,29	3,94	280,58	0,269	5,36	1,12	9,33
STABILITAS MARSHALL SISA PERENDAMAN 24 JAM = $\frac{1106,29}{1212,20}$ X 100 = 91,26 %																							

Sumber:Hasil Penelitian

4.14 Analisa Regresi dan Pembahasan

4.6.1 Analisa Regresi dan Pembahasan Campuran AC-WC Normal

Perhitungan ini digunakan sebagai pembanding dari persamaan dan koefisien determinan (R²) yang didapat dari program Microsoft Excel. Perhitungan yang digunakan adalah analisa regresi, dengan bentuk Persamaan.

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

Dengan persamaan perhitungan sebagai berikut :

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

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

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

Berikut menganalisa variasi kadar aspal pada data stabilitas untuk diuji dengan regresi :

Tabel 4. 67 Data Hasil Regresi Stabilitas Dengan Fungsi Non Linear Normal\

STABILITAS								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	1318,16	1737541,800	19,360	85,18	374,81	5799,897	25519,548
2	4,90	1482,92	2199058,660	24,010	117,65	576,48	7266,319	35604,965
3	5,40	1593,44	2539061,774	29,160	157,46	850,31	8604,594	46464,809
4	5,90	1535,28	2357090,071	34,810	205,38	1211,74	9058,162	53443,158
5	6,40	1403,54	1969921,825	40,960	262,14	1677,72	8982,650	57488,959
Total ($\sum$)	27,0	7333,345	10802674,1	148,3	827,8	4691,053	39711,623	218521,439

A	5,0	27,0	148,300	B	7333,345	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		39711,623		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		218521,44		32,75429	-12,3429	1,142857

X	- 5011,502	a	- 5011,50	JK(b/a)	267186,778	+	- 220767,04	=	46419,739
	2395,000	b	2395,00	JK(e)	47084,387				
	-217,627	c	-217,63	R2	0,99	=	98,6%		

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan:

X = Kadar Aspal

Y = Stabilitas

Dari tabel 4.66 didapatkan persamaan:

$$7333,345 = 5a + 27,0b + 148,3c$$

$$39711,623 = 27,0b + 148,3b + 827,82c$$

$$218521,44 = 148,3a + 827b + 4651,05c$$

Dari persamaan diatas didapat nilai a,b, dan c sebagai berikut:

$$a = -5011,502$$

$$b = 2395,000$$

$$c = -217,627$$

Maka persamaan adalah:

$$\hat{Y} = -5011,502 + 2395,000X + -217,627X^2$$

Mencari koefisien determinasi (R^2)

$$JK(b|a) = \left(b - \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c - \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right)$$

$$= \left(2395,000 - \left\{ 39711,623 - \frac{(148,3)(7333,345)}{5} \right\} \right) + \left(-217,627 - \left\{ 218521,439 - \frac{148,3(7333,345)}{5} \right\} \right)$$

$$= 46419,739$$

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

$$= 10802674,1 - \frac{(7333,345)^2}{5}$$

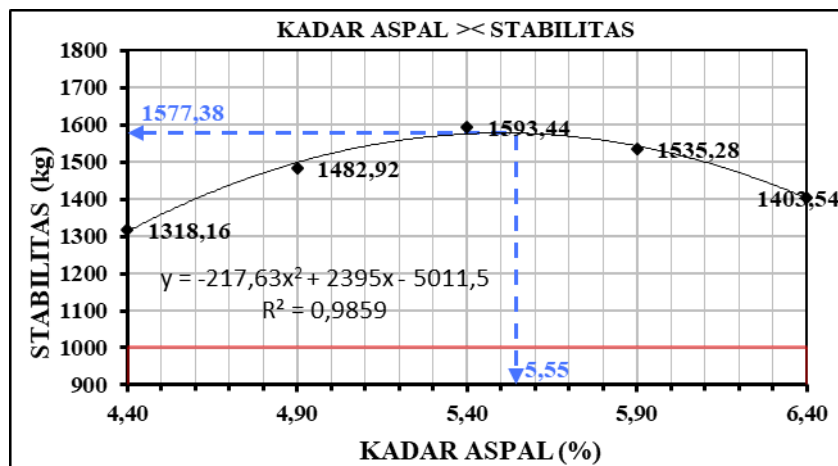
$$= 47084,387$$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{46419,739}{47084,387} \\
 &= 0,99 \%
 \end{aligned}$$

Dari rumus diatas dapat diketahui bila $x = 5,55\%$ (kadar aspal optimum)

$$\begin{aligned}
 \hat{Y} &= -5011,502 + 2395,000X + -217,627X^2 \\
 &= -5011,502 + 2395,000(5,55) + -217,627(5,55)^2 \\
 &= 1577,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai stabilitas = 1577,38 kg (memenuhi spesifikasi, dimana nilai stabilitas minimum 800 kg).



Gambar 4. 33 Grafik Nilai Stabilitas Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9859. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

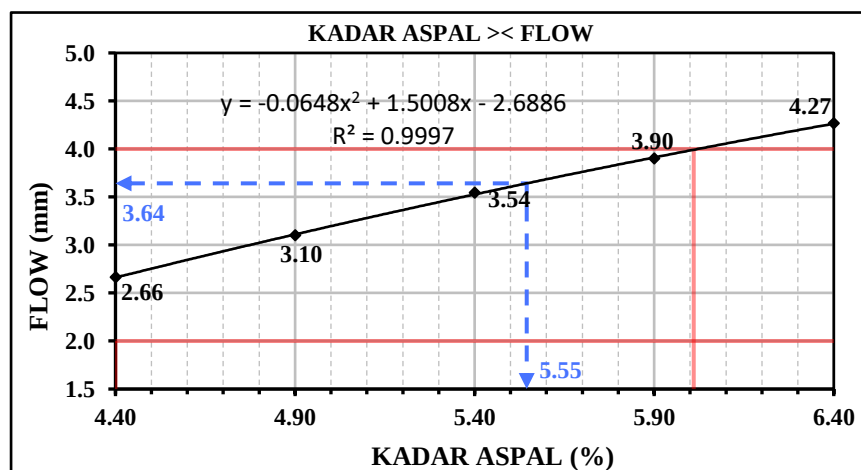
Tabel 4. 68 Data Hasil Regresi Kelelehan (Flow) Dengan Fungsi Non Linear Normal

FLOW								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	2,66	7,093	19,360	85,18	374,81	11,719	51,562
2	4,90	3,10	9,610	24,010	117,65	576,48	15,190	74,431
3	5,40	3,54	12,555	29,160	157,46	850,31	19,134	103,324
4	5,90	3,90	15,210	34,810	205,38	1211,74	23,010	135,759
5	6,40	4,27	18,204	40,960	262,14	1677,72	27,307	174,763
Total (Σ)	27,0	17,473	62,7	148,3	827,8	4691,053	96,359	539,838

A	5,0	27,0	148,300	B	17,473	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		96,359		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		539,84		32,75429	-12,3429	1,142857

X	-2,689	a	-2,69	JK(b/a)	3,007	+	-1,40	=	1,609
	1,501	b	1,501	JK(e)	1,610				
	-0,065	c	-0,065	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 34 Grafik Nilai Kelelehan (Flow) Pada Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi NonLinear Normal

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9997. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

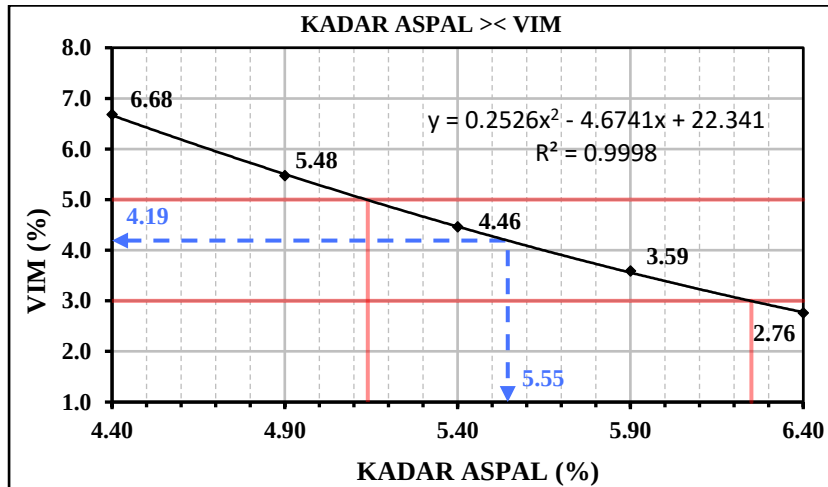
Tabel 4. 69 Data Hasil Regresi VIM (Voids in The Mix) Dengan Fungsi Non Linear Normal

VIM								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	6,68	44,623	19,360	85,18	374,81	29,392	129,325
2	4,90	5,48	29,983	24,010	117,65	576,48	26,831	131,470
3	5,40	4,46	19,921	29,160	157,46	850,31	24,102	130,150
4	5,90	3,59	12,890	34,810	205,38	1211,74	21,182	124,976
5	6,40	2,76	7,608	40,960	262,14	1677,72	17,653	112,982
Total (Σ)	27,0	22,968	115,0	148,3	827,8	4691,053	119,160	628,904

A	5,0	27,0	148,300	B	22,968	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		119,160		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		628,90		32,75429	-12,3429	1,142857

X	22,341	a	22,34	JK(b/a)	22,737	+	-13,22	=	9,521
	-4,674	b	-4,674	JK(e)	9,523				
	0,253	c	0,253	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 35 Grafik Nilai VIM (Voids in The Mix) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9998. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

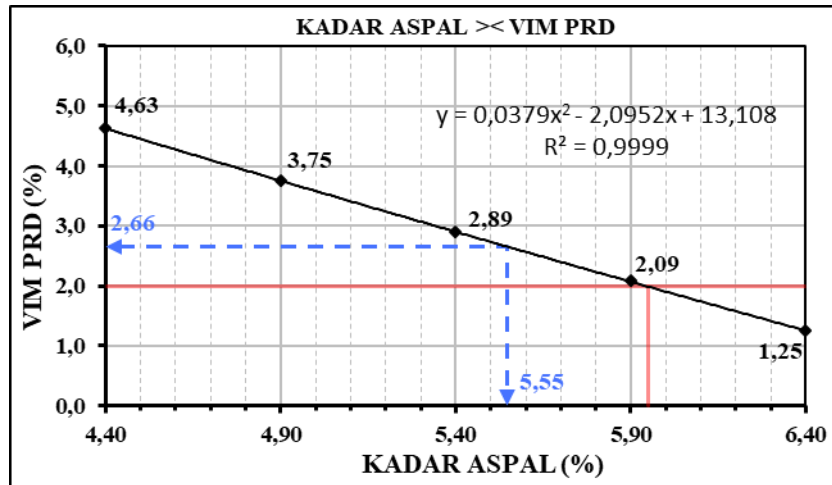
Tabel 4. 70 Data Hasil Regresi VIM PRD (Voids in The Mix) Dengan Fungsi Non Linear Normal

VIM PRD								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	4,63	21,412	19,360	85,18	374,81	20,360	89,585
2	4,90	3,75	14,064	24,010	117,65	576,48	18,376	90,043
3	5,40	2,89	8,348	29,160	157,46	850,31	15,602	84,253
4	5,90	2,09	4,349	34,810	205,38	1211,74	12,304	72,596
5	6,40	1,25	1,553	40,960	262,14	1677,72	7,976	51,048
Total ($\sum$)	27,0	14,599	49,7	148,3	827,8	4691,053	74,619	387,525

A	5,0	27,0	148,300	B	14,599	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		74,619		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		387,52		32,75429	-12,3429	1,142857

X	13,108	a	13,11	JK(b/a)	8,828	+	-1,73	=	7,102
	-2,095	b	-2,10	JK(e)	7,103				
	0,038	c	0,04	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 36 Grafik Nilai VIM PRD (Voids in The Mix) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

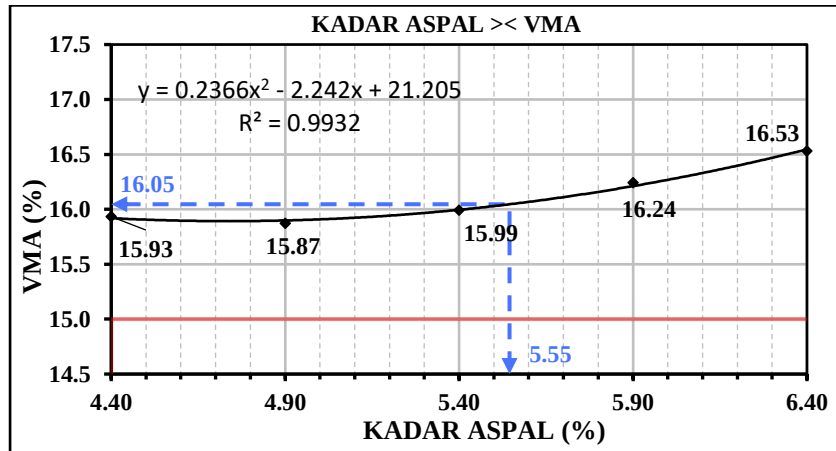
Tabel 4. 71 Data Hasil Regresi VMA (Percent of Violds in Mineral Aggregate) Fungsi Non Linear Normal

VMA								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	15,93	253,859	19,360	85,18	374,81	70,105	308,462
2	4,90	15,87	251,929	24,010	117,65	576,48	77,774	381,093
3	5,40	15,99	255,759	29,160	157,46	850,31	86,359	466,340
4	5,90	16,24	263,782	34,810	205,38	1211,74	95,824	565,362
5	6,40	16,53	273,250	40,960	262,14	1677,72	105,794	677,080
Total (Σ)	27,0	80,569	1298,6	148,3	827,8	4691,053	435,856	2398,338

A	5,0	27,0	148,300	B	80,569	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		435,856		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		2398,34		32,75429	-12,3429	1,142857

X	21,205	a	21,20	JK(b/a)	-1,753	+	2,05	=	0,293
	-2,242	b	-2,242	JK(e)	0,295				
	0,237	c	0,237	R2	0,99	=	99,3%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 37 Grafik Nilai VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9932 Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

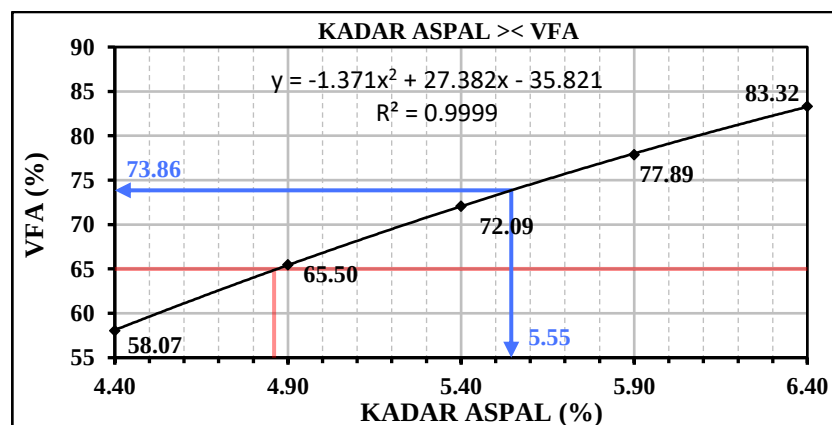
Tabel 4. 72 Data Hasil Regresi VFA (Percent Voids Filled With Asphalt) Dengan Fungsi Non Linear Normal

VFA								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	58,07	3372,694	19,360	85,18	374,81	255,530	1124,330
2	4,90	65,50	4290,538	24,010	117,65	576,48	320,961	1572,708
3	5,40	72,09	5197,182	29,160	157,46	850,31	389,294	2102,188
4	5,90	77,89	6067,592	34,810	205,38	1211,74	459,579	2711,516
5	6,40	83,32	6941,526	40,960	262,14	1677,72	533,221	3412,616
Total (Σ)	27,0	356,879	25869,5	148,3	827,8	4691,053	1958,585	10923,358

A	5,0	27,0	148,300	B	356,879	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		1958,585		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		10923,36		32,75429	-12,3429	1,142857

X	-35,821	a	-35,82	JK(b/a)	860,800	+	-463,84	=	396,964
	27,382	b	27,382	JK(e)	396,986				
	-1,371	c	-1,371	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 38 Grafik Nilai VFA (Percent Voids Filled With Asphalt) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

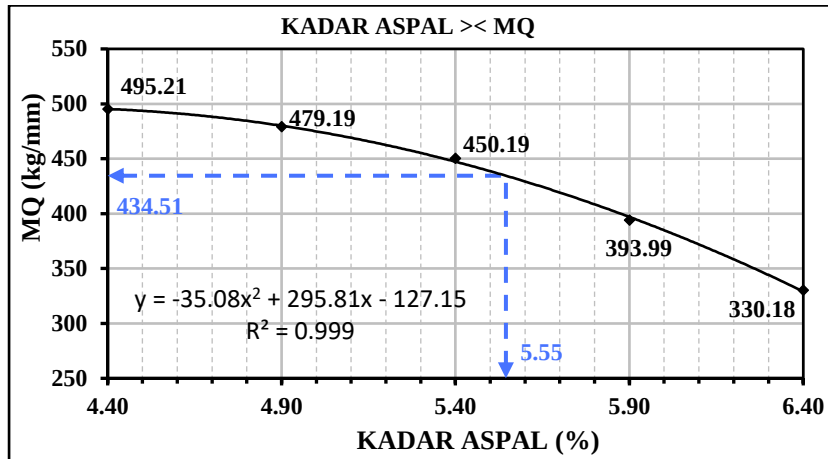
Tabel 4. 73 Data Hasil Regresi MQ (Marshall Quotient) Dengan Fungsi Non Linear Normal

MQ								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	495,21	245235,688	19,360	85,18	374,81	2178,936	9587,319
2	4,90	479,19	229626,884	24,010	117,65	576,48	2348,051	11505,448
3	5,40	450,19	202673,255	29,160	157,46	850,31	2431,039	13127,612
4	5,90	393,99	155226,003	34,810	205,38	1211,74	2324,525	13714,698
5	6,40	330,18	109018,910	40,960	262,14	1677,72	2113,153	13524,178
Total (Σ)	27,0	2148,767	941780,7	148,3	827,8	4691,053	11395,704	61459,255

A	5,0	27,0	148,300	B	2148,767	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		11395,704		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		61459,26		32,75429	-12,3429	1,142857

X	- 127,150	a	-127,15	JK(b/a)	- 61421,016	+	79742,89	=	18321,871
	295,811	b	295,811	JK(e)	18341,108				
	-35,080	c	-35,080	R2	1,00	=	99,9%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 39 Grafik Nilai MQ (Marshall Quotient) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

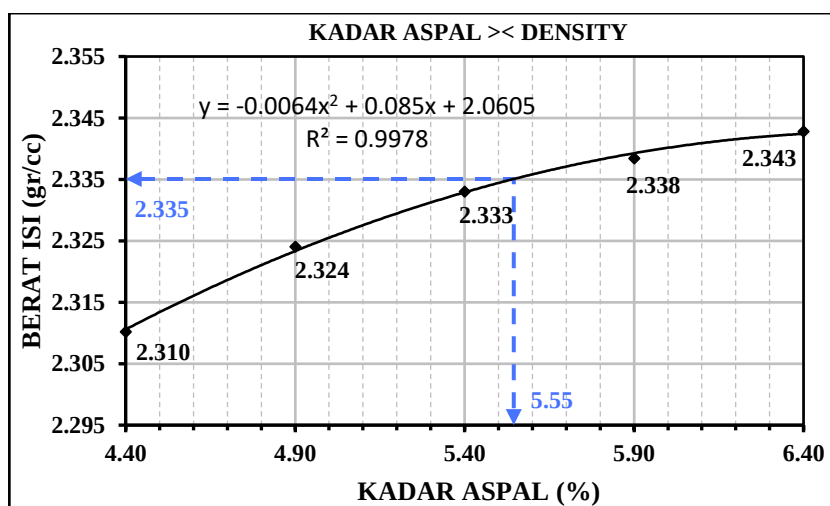
Tabel 4. 74 Data Hasil Regresi Density Dengan Fungsi Non Linear Normal

DENSITY								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	2,310	5,337	19,360	85,18	374,81	10,165	44,726
2	4,90	2,324	5,401	24,010	117,65	576,48	11,388	55,800
3	5,40	2,333	5,443	29,160	157,46	850,31	12,598	68,030
4	5,90	2,338	5,468	34,810	205,38	1211,74	13,797	81,401
5	6,40	2,343	5,489	40,960	262,14	1677,72	14,994	95,962
Total (Σ)	27,0	11,648	27,1	148,3	827,8	4691,053	62,942	345,918

A	5,0	27,0	148,300	B	11,648	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		62,942		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		345,92		32,75429	-12,3429	1,142857

X	2,060	a	2,06	JK(b/a)	0,003	+	0,00	=	0,001
	0,085	b	0,085	JK(e)	0,001				
	-0,006	c	-0,006	R2	1,00	=	99,8%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 40 Grafik Nilai Density Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear Normal

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9978. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

4.6.2 Analisa Regresi dan Pembahasan Campuran AC-WC RAP

Perhitungan ini digunakan sebagai pembandingan dari persamaan dan koefisien determinan (R²) yang didapat dari program Microsoft Excel. Perhitungan yang digunakan adalah analisa regresi, dengan bentuk Persamaan.

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

Dengan persamaan perhitungan sebagai berikut :

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

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

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

Berikut menganalisa variasi kadar aspal pada data stabilitas untuk diuji dengan regresi :

Tabel 4. 75 Data Hasil Regresi Stabilitas Dengan Fungsi Non Linear RAP

STABILITAS								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	1061,79	1127403,218	19,360	85,18	374,81	4671,887	20556,302
2	4,90	1180,86	1394438,276	24,010	117,65	576,48	5786,230	28352,529
3	5,40	1227,46	1506652,016	29,160	157,46	850,31	6628,271	35792,662
4	5,90	1212,32	1469722,230	34,810	205,38	1211,74	7152,694	42200,894
5	6,40	1143,17	1306844,637	40,960	262,14	1677,72	7316,308	46824,368
Total ($\sum$)	27,0	5825,607	6805060,4	148,3	827,8	4691,053	31555,390	173726,756

A	5,0	27,0	148,300	B	5825,607	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		31555,390		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		173726,76		32,75429	-12,3429	1,142857

X	-2632,608	a	-2632,61	JK(b/a)	135070,117	+	-117584,34	=	17485,780
	1390,906	b	1390,91	JK(e)	17520,008				
	-125,191	c	-125,19	R2	1,00	=	99,8%		

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan:

X = Kadar Aspal

Y = Stabilitas

Dari tabel 4.66 didapatkan persamaan:

$$5825,607 = 5a + 27,0b + 148,3c$$

$$31555,390 = 27,0b + 148,3b + 827,82c$$

$$173726,76 = 148,3a + 827b + 4691,5c$$

Dari persamaan diatas didapat nilai a,b, dan c sebagai berikut:

$$a = -2632,608$$

$$b = 1390,906$$

$$c = -125,191$$

Maka persamaan adalah:

$$\hat{Y} = -2632,608 + 1390,906X + -215,191X^2$$

Mencari koefisien determinasi (R^2)

Mencari koefisien determinasi (R^2)

$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left(b - \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c - \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\
 &= \left(1390,906 - \left\{ 31555,390 - \frac{(148,3)(5825,607)}{5} \right\} \right) + \left(-125,191 - \left\{ 173726,76 - \frac{148,3(5825,607)}{5} \right\} \right) \\
 &= 17520,008
 \end{aligned}$$

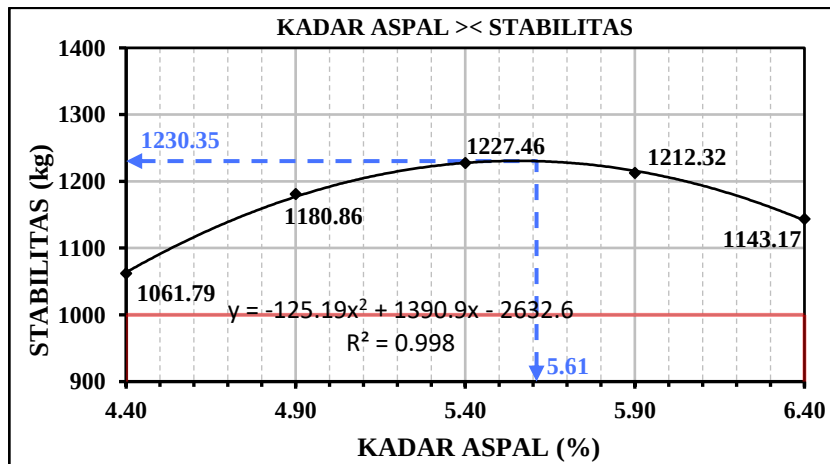
$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6805060,4 - \frac{(5825,607)^2}{5} \\
 &= 17520,008 \\
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{17485,780}{17520,008} \\
 &= 0,99 \%
 \end{aligned}$$

Dari rumus diatas dapat diketahui bila $x = 5,61\%$ (kadar aspal optimum)

$$\begin{aligned}
 \hat{Y} &= -2632,608 + 1390,906X - 125,191X^2 \\
 &= -2632,608 + 1390,906(5,61) - 125,191(5,61)^2 \\
 &= 1230,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai stabilitas = 1230,35 kg (memenuhi spesifikasi, dimana nilai stabilitas minimum 800 kg).



Gambar 4. 41 Grafik Nilai Stabilitas Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,998.

Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

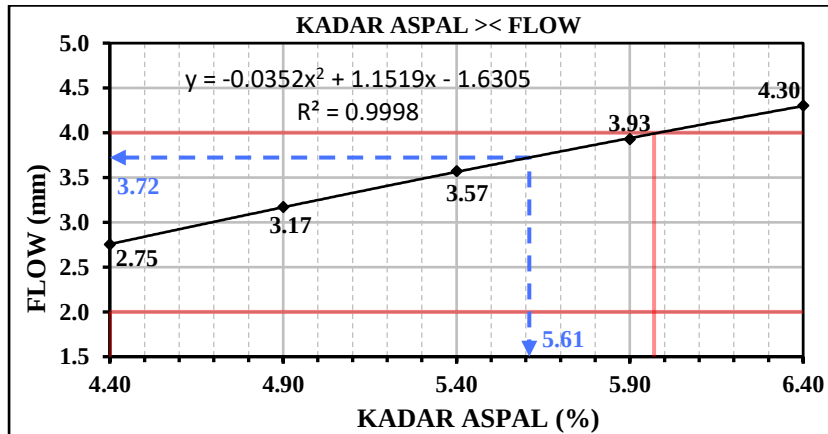
Tabel 4. 76 Data Hasil Regresi Kelelehan (Flow) Dengan Fungsi Non Linear RAP

FLOW								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	2,75	7,581	19,360	85,18	374,81	12,115	53,305
2	4,90	3,17	10,049	24,010	117,65	576,48	15,533	76,112
3	5,40	3,57	12,745	29,160	157,46	850,31	19,278	104,101
4	5,90	3,93	15,419	34,810	205,38	1211,74	23,167	136,687
5	6,40	4,30	18,519	40,960	262,14	1677,72	27,541	176,265
Total (Σ)	27,0	17,723	64,3	148,3	827,8	4691,053	97,634	546,469

A	5,0	27,0	148,300	B	17,723	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		97,634		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		546,47		32,75429	-12,3429	1,142857

X	-1,630	a	-1,63	JK(b/a)	2,221	+	-0,73	=	1,488
	1,152	b	1,152	JK(e)	1,489				
	-0,035	c	-0,035	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 42 Grafik Nilai Kelelehan (Flow) Pada Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9998. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

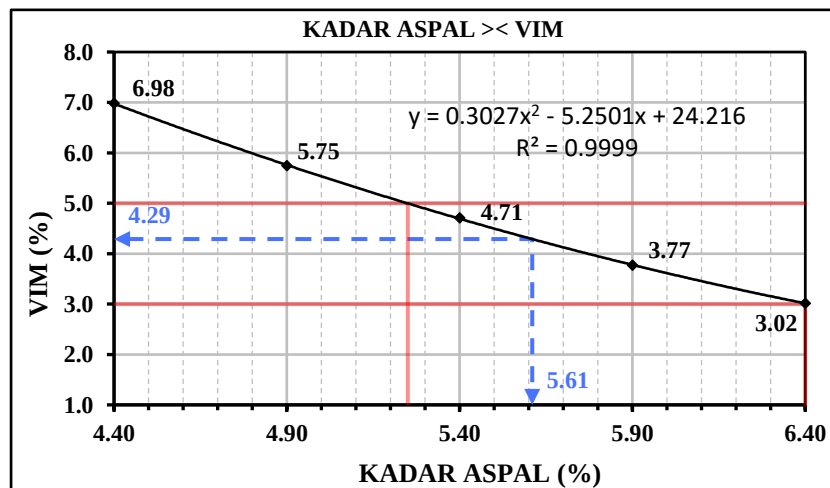
Tabel 4. 77 Data Hasil Regresi VIM (Voids in The Mix) Dengan Fungsi Non Linear RAP

VIM								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	6,98	48,716	19,360	85,18	374,81	30,711	135,127
2	4,90	5,75	33,010	24,010	117,65	576,48	28,153	137,947
3	5,40	4,71	22,186	29,160	157,46	850,31	25,435	137,348
4	5,90	3,77	14,192	34,810	205,38	1211,74	22,227	131,138
5	6,40	3,02	9,100	40,960	262,14	1677,72	19,306	123,558
Total (Σ)	27,0	24,219	127,2	148,3	827,8	4691,053	125,831	665,119

A	5,0	27,0	148,300	B	24,219	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		125,831		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		665,12		32,75429	-12,3429	1,142857

X	24,216	a	24,22	JK(b/a)	26,000	+	-16,11	=	9,890
	-5,250	b	-5,250	JK(e)	9,891				
	0,303	c	0,303	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 43 Grafik Nilai VIM (Voids in The Mix) Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

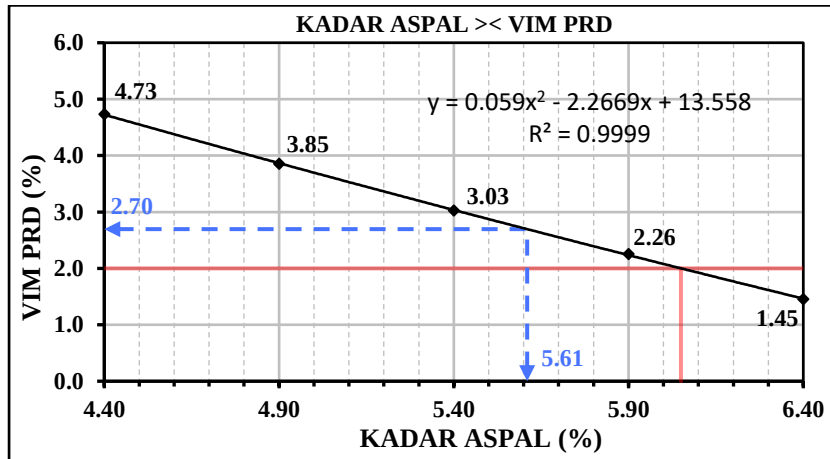
Tabel 4. 78 Data Hasil Regresi VIM PRD (Voids in The Mix) Dengan Fungsi Non Linear RAP

VIM PRD								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	4,73	22,391	19,360	85,18	374,81	20,820	91,610
2	4,90	3,85	14,851	24,010	117,65	576,48	18,883	92,528
3	5,40	3,03	9,169	29,160	157,46	850,31	16,352	88,300
4	5,90	2,26	5,094	34,810	205,38	1211,74	13,316	78,567
5	6,40	1,45	2,116	40,960	262,14	1677,72	9,310	59,586
Total (Σ)	27,0	15,326	53,6	148,3	827,8	4691,053	78,682	410,590

A	5,0	27,0	148,300	B	15,326	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		78,682		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		410,59		32,75429	-12,3429	1,142857

X	13,558	a	13,56	JK(b/a)	9,239	+	-2,59	=	6,647
	-2,267	b	-2,27	JK(e)	6,648				
	0,059	c	0,06	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 44 Grafik Nilai VIM PRD (Voids in The Mix) Pada Kadar Aspal Optimum 5,55% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

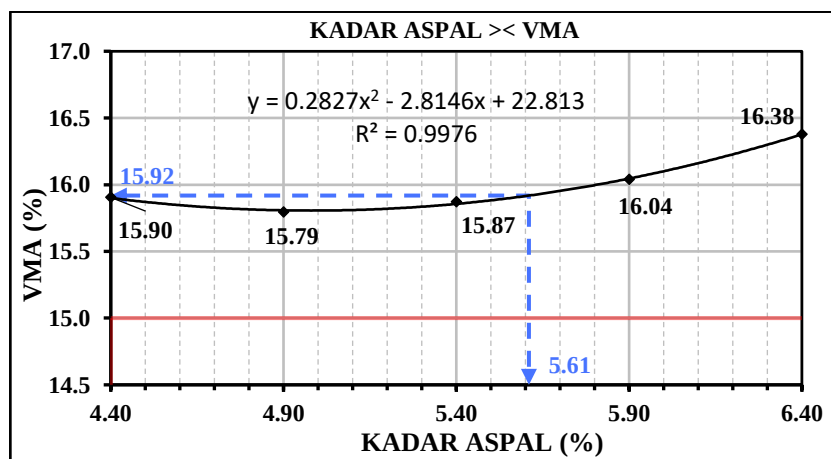
Tabel 4. 79 Data Hasil Regresi VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) Fungsi Non Linear RAP

VMA								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	15,90	252,963	19,360	85,18	374,81	69,981	307,917
2	4,90	15,79	249,447	24,010	117,65	576,48	77,390	379,212
3	5,40	15,87	251,911	29,160	157,46	850,31	85,707	462,819
4	5,90	16,04	257,238	34,810	205,38	1211,74	94,628	558,305
5	6,40	16,38	268,233	40,960	262,14	1677,72	104,818	670,835
Total (Σ)	27,0	79,987	1279,8	148,3	827,8	4691,053	432,524	2379,087

A	5,0	27,0	148,300	B	79,987	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		432,524		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		2379,09		32,75429	-12,3429	1,142857

X	22,813	a	22,81	JK(b/a)	-1,676	+	1,89	=	0,212
	-2,815	b	-2,815	JK(e)	0,212				
	0,283	c	0,283	R2	1,00	=	99,8%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 45 Grafik Nilai VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9976 Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

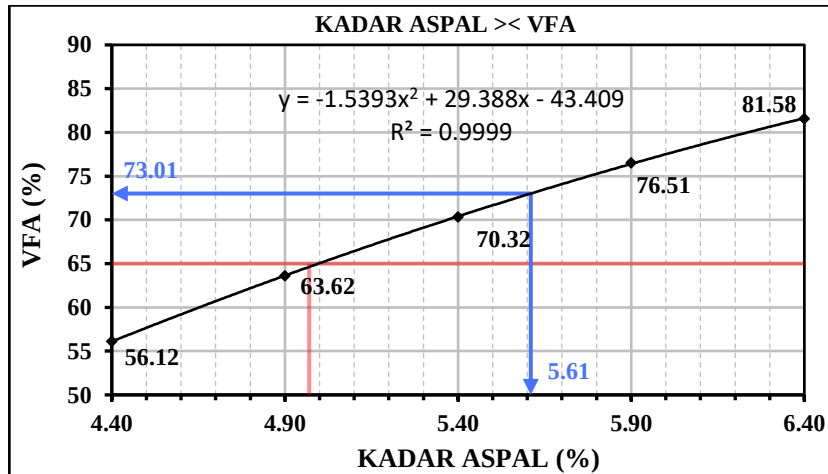
Tabel 4. 80 Data Hasil Regresi VFA (Percent Voids Filled With Asphalt) Dengan Fungsi Non Linear RAP

VFA								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	56,12	3149,050	19,360	85,18	374,81	246,912	1086,413
2	4,90	63,62	4048,101	24,010	117,65	576,48	311,761	1527,629
3	5,40	70,32	4945,492	29,160	157,46	850,31	379,751	2050,653
4	5,90	76,51	5854,057	34,810	205,38	1211,74	451,420	2663,376
5	6,40	81,58	6655,667	40,960	262,14	1677,72	522,127	3341,610
Total (Σ)	27,0	348,159	24652,4	148,3	827,8	4691,053	1911,970	10669,681

A	5,0	27,0	148,300	B	348,159	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		1911,970		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		10669,68		32,75429	-12,3429	1,142857

X	-43,409	a	-43,41	JK(b/a)	937,762	+	-528,40	=	409,358
	29,388	b	29,388	JK(e)	409,379				
	-1,539	c	-1,539	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 46 Grafik Nilai VFA (Percent Voids Filled With Asphalt) Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9999. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

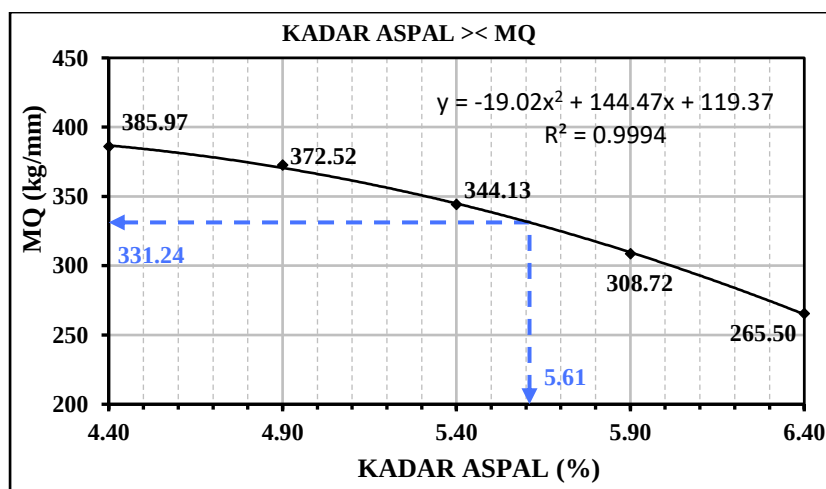
Tabel 4. 81 Data Hasil Regresi MQ (Marshall Quotient) Dengan Fungsi Non Linear RAP

MQ								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	385,97	148972,417	19,360	85,18	374,81	1698,266	7472,369
2	4,90	372,52	138770,942	24,010	117,65	576,48	1825,347	8944,198
3	5,40	344,13	118425,881	29,160	157,46	850,31	1858,305	10034,849
4	5,90	308,72	95310,035	34,810	205,38	1211,74	1821,467	10746,656
5	6,40	265,50	70488,725	40,960	262,14	1677,72	1699,182	10874,762
Total (Σ)	27,0	1676,840	571968,0	148,3	827,8	4691,053	8902,566	48072,834

A	5,0	27,0	148,300	B	1676,840	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		8902,566		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		48072,83		32,75429	-12,3429	1,142857

X	119,367	a	119,37	JK(b/a)	-	22013,120	+	31616,39	=	9603,266
	144,471	b	144,471	JK(e)	9609,423					
	-19,020	c	-19,020	R2	1,00	=	99,9%			

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 47 Grafik Nilai MQ (Marshall Quotient) Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber:Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9994. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

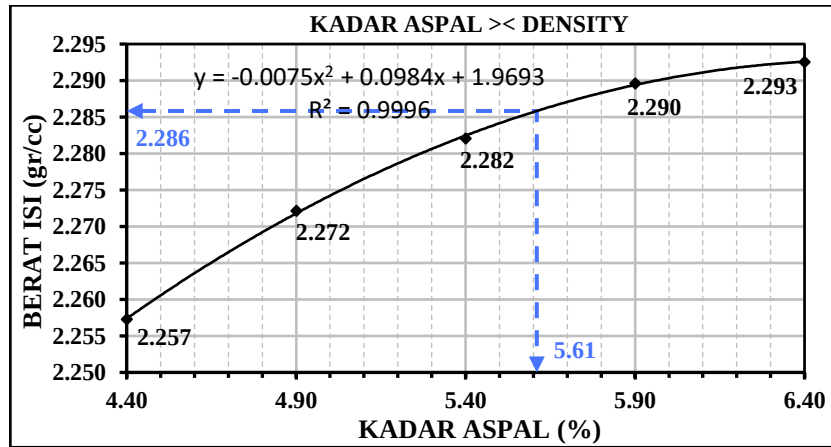
Tabel 4. 82 Data Hasil Regresi Density Dengan Fungsi Non Linear RAP

DENSITY								
No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	4,40	2,257	5,095	19,360	85,18	374,81	9,932	43,701
2	4,90	2,272	5,163	24,010	117,65	576,48	11,133	54,554
3	5,40	2,282	5,208	29,160	157,46	850,31	12,323	66,544
4	5,90	2,290	5,242	34,810	205,38	1211,74	13,509	79,701
5	6,40	2,293	5,256	40,960	262,14	1677,72	14,672	93,903
Total (Σ)	27,0	11,394	26,0	148,3	827,8	4691,053	61,570	338,404

A	5,0	27,0	148,300	B	11,394	A-1	950,6018	-355,906	32,75429
	27,0	148,300	827,82		61,570		-355,906	133,7029	-12,3429
	148,300	827,82	4691,05		338,40		32,75429	-12,3429	1,142857

X	1,969	a	1,97	JK(b/a)	0,004	+	0,00	=	0,001
	0,098	b	0,098	JK(e)	0,001				
	-0,007	c	-0,007	R2	1,00	=	100,0%		

Sumber:Hasil Penelitian



Gambar 4. 48 Grafik Nilai Density Pada Kadar Aspal Optimum 5,61% Dengan Menggunakan Analisa Regresi Fungsi Non Linear RAP

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa nilai (R^2) merupakan nilai sebagai pengukur seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi variabel terikat (Y) yaitu Marshall Quotient (MQ). nilai R^2 yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan analisa regresi fungsi non linear sebesar 0,9996. Sehingga dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa regresi fungsi non linear adalah perhitungan yang digunakan, karena nilai R^2 mendekati 1.

4.15 Hasil Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat, Karakteristik Marshall Dan kadar Aspal Optimum (KAO) Pada Agregat Normal Dan RAP

Tabel 4. 83 Rekapitulasi Rata-rata Presentase Analisa Saringan Agregat Normal dan RAP

Ukuran saringan	Agregat Normal			Agregat RAP		
	Rata-rata Proaentase Lolos			Rata-rata Proaentase Lolos		
	0-5	5-10	10-10	0-5	5-10	10-10
1 ½" (37,5 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	100,00	100,00	81,62	100,00	100,00	83,16
⅜" (9,5 mm)	100,00	97,71	42,17	100,00	98,93	45,97
No.4 (4,75 mm)	96,35	41,48	2,10	95,54	38,82	2,52
No.8 (2,36 mm)	71,48	5,99	1,07	74,31	5,56	0,53
No.16 (1,18 mm)	50,70	3,27	0,65	52,38	3,36	0,35
No.30 (0,6 mm)	33,24	1,87	0,47	35,38	2,16	0,34
No.50 (0,28 mm)	24,96	1,41	0,25	24,79	1,70	0,33
No.100 (0,15 mm)	17,60	1,09	0,25	16,52	1,33	0,30
No.200 (0,075 mm)	9,70	0,31	0,09	8,93	0,92	0,24
p a n						

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 84 Data Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Agregat Normal Perendaman 30 Menit dan 24 Jam

Karakteristik	Marshall Rendaman	Marshall Rendaman	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
Campuran	30 Menit (KAO) 5,55%	24 Jam (KAO) 5,55%		
Stabilitas(Kg)	1552,53	1435,48	≥ 800	Memenuhi
Flow(mm)	3,58	3,89	2 - 4	Memenuhi
VIM(%)	4,18	4,11	3 - 5	Memenuhi
VMA(%)	15,92	15,85	≥ 15	Memenuhi
MQ(Kg/mm)	434,99	368,76	-	-
VFA(%)	73,72	74,07	≥ 65	Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

Tabel 4. 85 Data Pengujian Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Agregat RAP Perendaman 30 Menit dan 24 Jam

Karakteristik	Marshall Rendaman	Marshall Rendaman	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
Campuran	30 Menit (KAO) 5,61%	24 Jam (KAO) 5,61%		
Stabilitas(Kg)	1212,20	1106,29	≥ 800	Memenuhi
Flow(mm)	3,67	3,94	2 - 4	Memenuhi
VIM(%)	4,23	4,3	3 - 5	Memenuhi
VMA(%)	15,71	15,77	≥ 15	Memenuhi
MQ(Kg/mm)	330,44	280,58	-	-
VFA(%)	73,08	72,75	≥ 65	Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

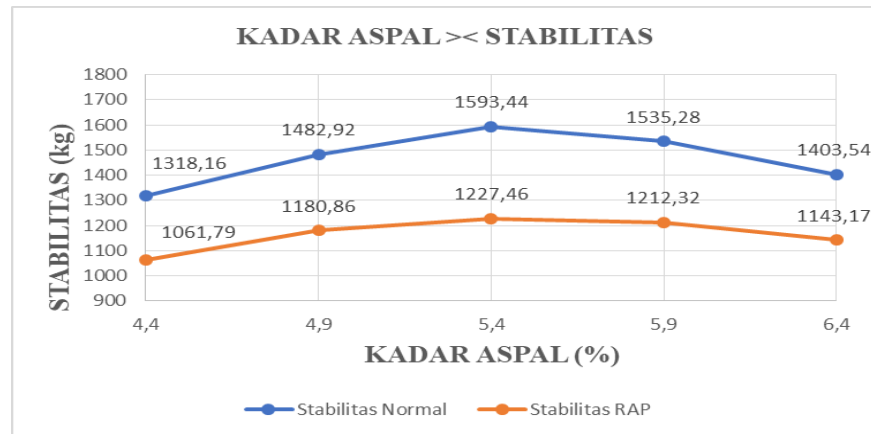
Tabel 4. 86 Rekapitulasi Data Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) Agregat RAP dan Agregat Normal pada Perendaman 30 Menit dan 24 Jam

Nilai Karakteristik Marshall Campuran	Marshall Rendaman 30 Menit (KAO) 5,61 %		Marshall Rendaman 24 jam (KAO) 5,55 %		Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
	Normal	RAP	Normal	RAP		
Stabilitas (Kg)	1552,53	1212,2	1435,48	1106,29	≥ 800	Memenuhi
Flow (mm)	3,58	3,67	3,89	3,94	2 - 4	Memenuhi
VIM (%)	4,18	4,23	4,11	4,3	3 - 5	Memenuhi
VMA (%)	15,92	15,71	15,85	15,77	≥ 15	Memenuhi
MQ (Kg/mm)	434,99	330,44	368,76	280,58		
VFA (%)	73,72	73,08	74,07	72,75	≥ 65	Memenuhi

Sumber:Hasil Penelitian

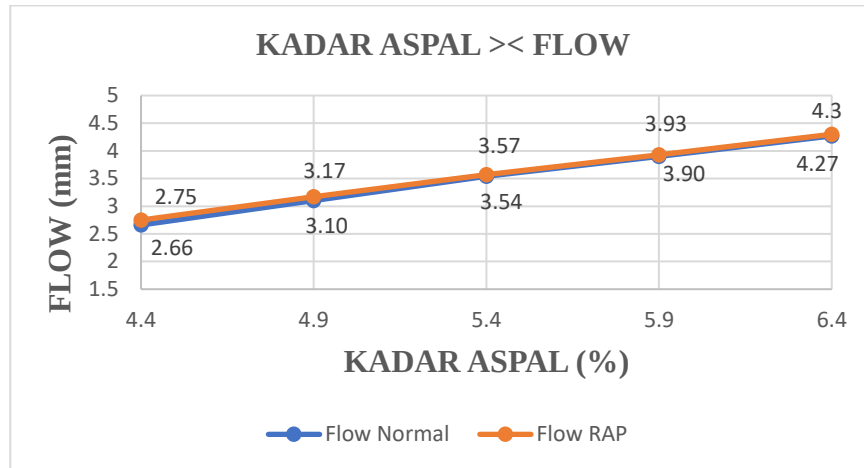
4.16 Pembahasan

1. Hasil pengujian karakteristik agregat RAP (*Recycled Asphalt Pavement*) dan agregat normal sangat penting dalam menentukan kualitas dan kelayakan penggunaannya dalam konstruksi. Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian karakteristik agregat pada tabel 4.84 didapat nilai rata-rata presentase lolos agregat ukuran 0-5 dan 5-10 pada agregat normal lebih besar presentase tertahan dibandingkan agregat RAP, sedangkan pada agregat 10-10 presentase tertahan pada agregat RAP lebih besar dibandingkan agregat normal.
2. Berdasarkan Tabel 4.87 didapatkan nilai Karakteristik marshall Normal lebih tinggi dibandingkan dengan nilai stabilitas agregat RAP.



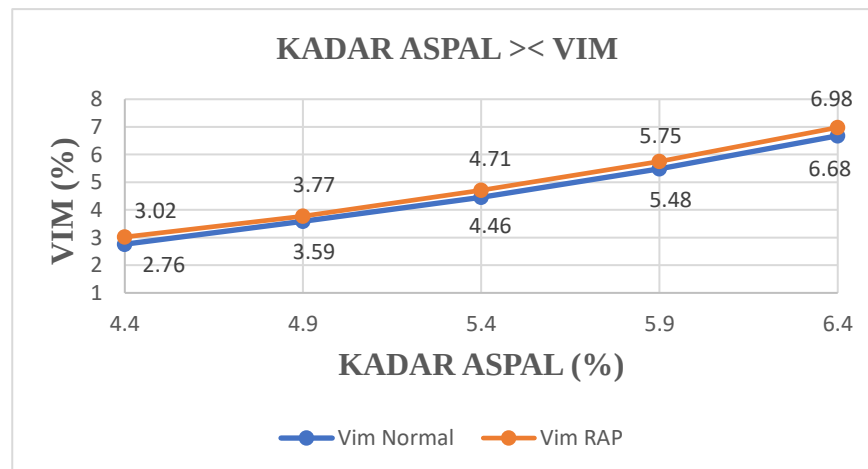
Gambar 4. 49 Grafik perbandingan nilai stabilitas Agregat Normal dan RAP

Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai stabilitas normal dan stabilitas RAP dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas campuran Normal lebih tinggi dari pada nilai stabilitas campuran RAP pada berbagai kadar aspal. Perbandingan nilai stabilitas Normal dan RAP sebesar 0,77% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan stabilitas RAP dengan nilai stabilitas Normal dikali seratus persen.



Gambar 4. 50 Grafik perbandingan nilai Flow Agregat Normal dan RAP

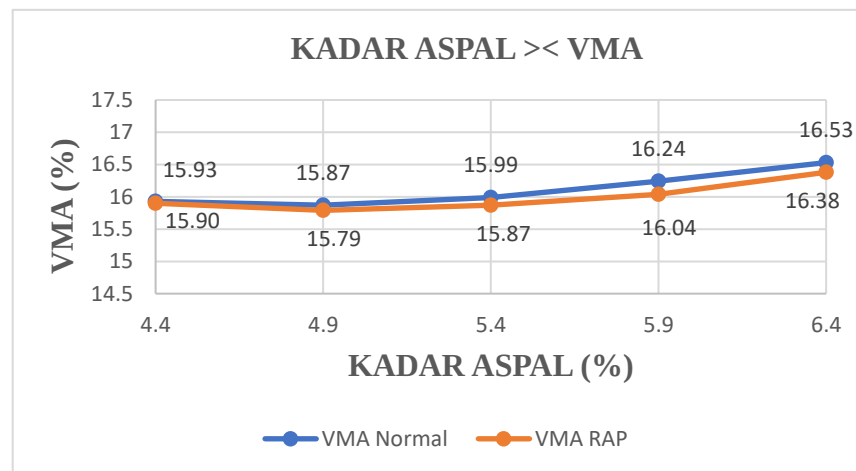
Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai Flow normal dan Flow RAP dapat disimpulkan bahwa nilai Flow campuran Normal lebih kecil daripada nilai Flow campuran RAP. Hal ini mungkin disebabkan karena pengaruh bitumen bekas yang lebih keras dan tekstur yang lebih kasar pada agregat RAP. Perbandingan nilai Flow Normal dan RAP sebesar 0,99% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan Flow RAP dengan nilai Flow Normal dikali seratus persen.



Gambar 4. 51 Grafik perbandingan nilai VIM Agregat Normal dan RAP

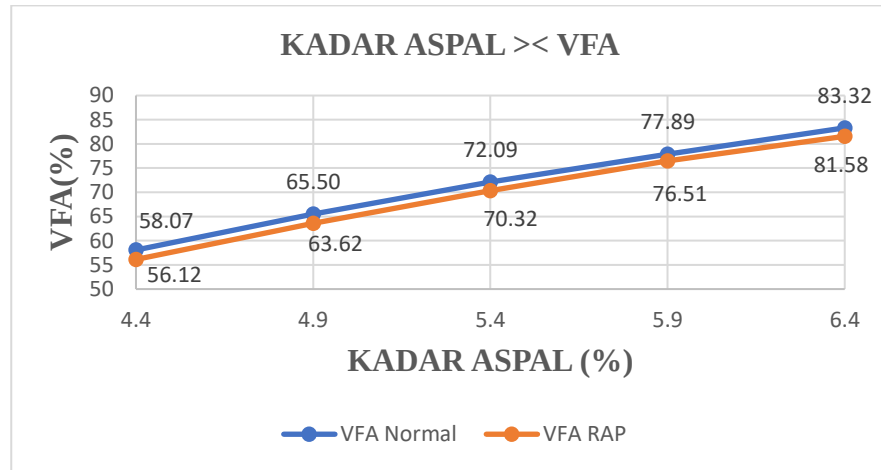
Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai VIM normal dan VIM RAP dapat

disimpulkan bahwa nilai VIM agregat RAP dan agregat normal bervariasi karena disebabkan pada berbagai faktor termasuk komposisi campuran dan metode pengujian. Perbandingan nilai VIM Normal dan RAP sebesar 0,95% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan VIM RAP dengan nilai VIM Normal dikali seratus persen.



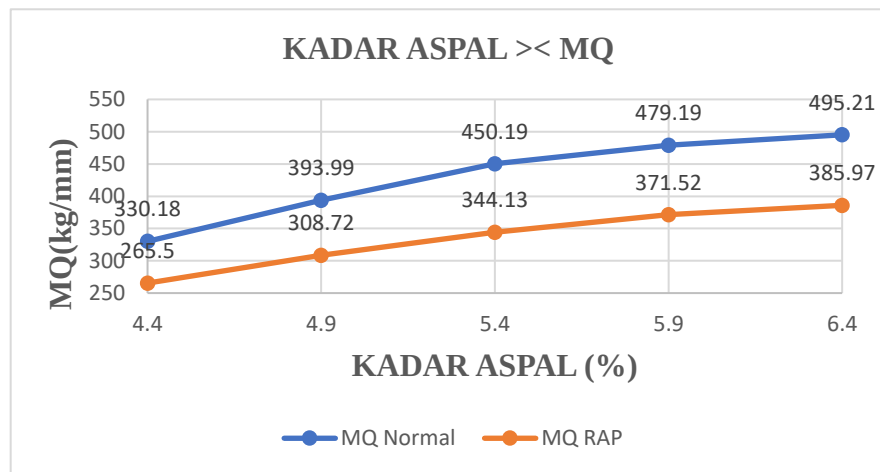
Gambar 4. 52 Grafik perbandingan nilai VMA Agregat Normal dan RAP

Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai VMA normal dan VMA RAP dapat disimpulkan bahwa nilai VMA agregat RAP lebih tinggi dibandingkan agregat normal karena perbedaan dalam bentuk dan tekstur agregat, kandungan bitumen bekas yang lebih keras dan kesulitan dalam mencapai kepadatan maksimum pada campuran dengan agregat RAP. Perbandingan nilai VMA Normal dan RAP sebesar 1,00% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan VMA RAP dengan nilai VMA Normal dikali seratus persen.



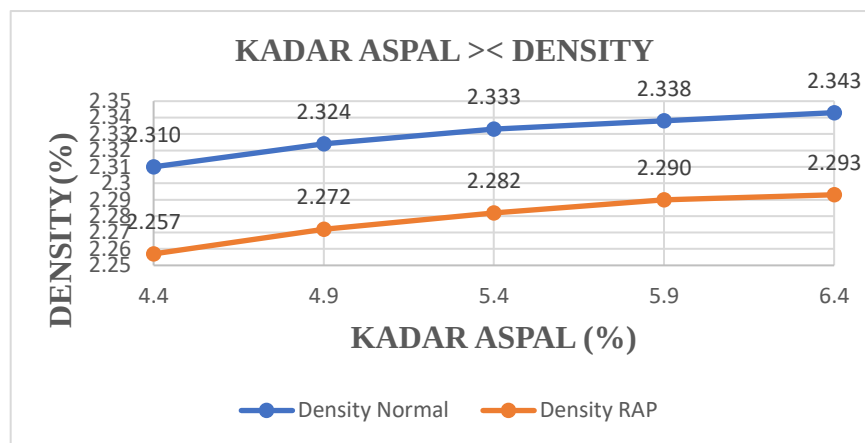
Gambar 4. 53 Grafik perbandingan nilai VFA Agregat Normal dan RAP

Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai VFA normal dan VFA RAP dapat disimpulkan bahwa nilai VFA agregat RAP lebih tinggi dibandingkan agregat normal disebabkan oleh kombinasi faktor faktor seperti kandungan aspal yang sudah ada dalam RAP, tekstur dan bentuk agregat yang lebih kasar, penyerapan aspal yang lebih tinggi, serta distribusi ukuran partiker yang lebih beragam. Perbandingan nilai VFA Normal dan RAP sebesar 0,98% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan VFA RAP dengan nilai VFA Normal dikali seratus persen.



Gambar 4. 54 Grafik perbandingan nilai MQ Agregat Normal dan RAP

Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai MQ normal dan MQ RAP dapat disimpulkan bahwa nilai MQ campuran Normal lebih tinggi daripada nilai MQ campuran RAP pada berbagai kadar aspal. Perbandingan nilai stabilitas Normal dan RAP sebesar 0,77% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan stabilitas RAP dengan nilai stabilitas Normal dikali seratus persen.



Gambar 4. 55 Grafik perbandingan nilai Density Agregat Normal dan RAP

Dari hasil analisis grafik perbedaan nilai Density normal dan Density RAP dapat disimpulkan bahwa nilai Density campuran Normal lebih tinggi daripada nilai Density campuran RAP pada berbagai kadar aspal. Perbandingan nilai Density Normal dan RAP sebesar 0,98% (diambil dari kadar aspal tengah). Hasil tersebut didapat dari perbandingan Density RAP dengan nilai Density Normal dikali seratus persen.

3. Berdasarkan Grafik 4.23 nilai kadar aspal optimum (KAO) pada agregat Normal 5,55% dan pada grafik 4.32 untuk agregat RAP didapat nilai (KAO) 5,61% menggunakan analisa regresi fungsi non linear didapat nilai karakteristik campuran beraspal yaitu VMA, VIM, VFA, stabilitas, flow dan marshall quotient. Maka dapat disimpulkan bahwa kinerja Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) dengan menggunakan material Agregat Normal dan Agregat RAP memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.