

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed asphalt pavement merupakan limbah bongkaran aspal yang telah diangkat dari lapisan perkerasan jalan. Dalam proses pendaurulang perkerasan jalan, *RAP* merupakan bahan utama yang akan dikembangkan menjadi bahan perkerasan jalan baru. Bahan *RAP* dapat dijadikan bahan baru dengan tanpa menambah maupun dengan menambah bahan lain seperti agregat halus, agregat kasar, maupun bahan ikat lainnya agar mendapat bahan perkerasan baru yang sesuai dengan yang diinginkan. *RAP* juga bias ditambah bahan adiktif yaitu aspal tipe AC (*Asphalt Contrete*) untuk menambah daya dukung *RAP* supaya dapat dipakai kembali sebagai lapisan perkerasan jalan.

RAP dibagi beberapa macam, yaitu fraksi kasar, medium, dan halus untuk mengurangi efek keberagaman material. gradasi *RAP* ditentukan berdasarkan *wash sieving* agar partikel halus lepas dari partikel kasar. Pada umumnya kandungan aspal *RAP* mempunyai penetrasi sangat rendah karena efek *ageing*, (Sunarjono,2009).

2.2 Recycling (Daur Ulang Perkerasan Jalan)

Limbah perkerasan aspal jalan merupakan sumber daya yang berharga yang dapat dimanfaatkan kembali. Limbah ini semakin banyak didaur ulang di Indonesia. Dikenal beberapa teknik daur ulang, yaitu pelaksanaan dilapangan (*in place*) dan di tempat (*in plant*).

- a. *In Place* adalah penggarukan, pembentukan dan pemadatan ditempat.
- b. *In Plant* adalah hasil garukan dibawa ke alat pencampur untuk diperbaiki propertisnya. Ketebelan lapis perkerasan yang dibutuhkan dapat disesuaikan. Berdasarkan cara pencampuran daur ulang dibagi menjadi dua yaitu :
- c. Daur ulang campuran dingin (*cold recycling*), misalnya *CTRB* (*Cement*

Treated Recycling Base), CTRSB (Cement Treated Recycling Sub Base),

campuran dengan pengikat aspal emulsi, campuran dengan pengikat aspal cair, *Foam Bitumen*.

- d. Daur ulang campuran panas (*hot recycling*), missal daur ulang bahan garukan yang dipanaskan kembali di AMP (*In Plant*), permukaan (*In Place*). (Balitbang).

2.3 Aspal

Aspal merupakan campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral yang berwarna coklat tua atau hitam, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Aspal pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai pengikat dan pengisi antar agregat dan sebagai pelindung dari air.

Berdasarkan cara memperoleh aspal dibedakan menjadi 2 yaitu aspal alam dan buatan. Aspal alam yang terdiri dari aspal gunung dan aspal danau, sedangkan aspal buatan yang merupakan hasil sampingan dari penyulingan minyak bumi dapat dibedakan menjadi, aspal keras, aspal cair, dan aspal emulsi.

Aspal yang akan digunakan harus memenuhi ketentuan yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 seperti pada table 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Ketentuan-ketentuan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Mertode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70
1	Penetrasi pada suhu 25° c (0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas 135° C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥48
4	Indek Penetrasi	-	≥-1,0
5	Daktilitas pada suhu 25°C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene(%)	AASTHO T44-03	≥99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥1,0
9	Stabilitas Penyimpana (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Untuk Spesifikasi agregat AC-WC berada di table berikut :

Ukuran Ayakan		Kumulatif Berat Lolos Terhadap Total Agregat (%)	
ASTM	(mm)	Batas Bawah	Batas Atas
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	90	100
3/8"	9,5	77	90
No. 4	4,75	53	69
No. 8	2,36	33	53
No. 16	1,18	21	40
No. 30	0,6	14	30
No. 50	0,3	9	22
No. 100	0,15	6	15
No. 200	0,075	4	9

2.4 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. (Sukirman, S, 2003)

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume.

Sifat agregat merupakan salah satu factor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Berikut penentu kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan, yaitu gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya kelekatan terhadap aspal.

Jenis agregat berdasarkan proses pengolahannya :

1. Agregat alam adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya.

2. Agregat melalui proses pengolahan adalah digunung-gunung atau dibukit-bukit dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih terbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
 - a. Agregat buatan merupakan mineral *filler* atau pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm) diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

2.5 Macam-macam Bahan Tambah

a. Polimer

Polimer merupakan senyawa yang besar yang terbentuk dari hasil penggabungan sejumlah (banyak) unit-unit molekul yang kecil. Unit molekul kecil pembentuk senyawa polimer terdiri dari banyak monomer. Sifat – sifat polimer :

1. Mudah diolah untuk berbagai macam produk pada suhu rendah
2. Ringan (rasio bobot/volume kecil)
3. Tahan korosi/tahan terhadap lingkungan yang agresif
4. Berguna untuk bahan komponen khusus karena sifatnya yang elastis dan plastis
5. Berat molekulnya besar sehingga kestabilan dimensinya tinggi

b. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat–silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI 1982). Semen portland merupakan bahan pengikat yang baik. Sifat–sifat semen portland :

1. Semakin halus butiran semen, semakin luas permukaannya sehinggalsemakin cepat pula proses hidrasinya.
2. Waktu ikatan adalah waktu yang dibutuhkan semen untuk mencapai keadaan kaku tahap pertama dan cukup kuat untuk menerima tekanan.

3. Panas hidrasi adalah kuatitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi.

c. Kapur

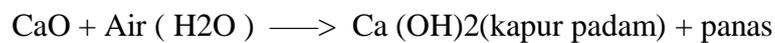
Kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi dan pertanian, antara lain untuk bahan bangunan, batu bangunan bahan penstabil jalan raya, pengapuran untuk pertanian dll. Bahan Kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium.

Beberapa jenis kapur antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperature diatas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *quick lime*



2. Kapur padam adalah hasil pepadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat



3. Kapur udara adalah kapur padam yang apabila diaduk dengan air dan bereaksi setelah beberapa waktu hanya dapat mengeras di udara karena pengikatan karbondioksida (CO_2).



4. Kapur hidrolis adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran dapat mengeras baik didalam air maupun didalam udara.

Kenapa kapur digunakan karna mempunyai nilai ekonomis karna mendapatkan nya mudah ,dan mempunyai senyawa yang mirip dengan semen sebagai pengikat yang bagus untuk pekerasan aspal.

Foam Bitument ialah aspal busa yang jarang digunakan di kondisi

jalan seperti di Indonesia karena memiliki kekurangan seperti :

1. Memiliki adhesi dan kohesi terhadap air, karna busa sangat susah untuk menyatu dengan air ,sehingga tidak memungkinkan untuk memakai *Foam Bitument*.
2. Kekurangan nya penelitian terhadap pemakaian *foam Bitument* sehingga tidak adanya orang ber investasi jangka Panjang terhadap analisi ini.

2.6 Kerusakan Jalan di Indonesia

Kerusakan jalan raya di Indonesia relatif sering terjadi baik jangka pendek maupun jangka lama. Tidak sedikit masyarakat yang sering mengeluhkan kerusakan jalan raya dengan menyalahkan pemerintah.

Hampir semua jalan menggunakan campuran agregat batu pecah dan aspal. Musuh utama aspal adalah air, karena air bias melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. Kerusakan yang umum terjadi di jalan-jalan kota adalah adanya air yang menggenangi permukaan jalan. Pada saat ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang lewat akan memberi beban yang akan merusak ikatan tersebut dan permukaan jalan pada akhirnya.

2.7 Penelitian Sejenisnya Sebelumnya

Pada penelitian terdahulu oleh Mustika (2009) dengan judul “ Observasi Karakteristik *Marshall* Pada *Asphalt Concrete* Campuran Panas Dengan *RAP*” didapatkan kesimpulan bahwa nilai *marshall quotient* untuk aspal *concrete* dengan campuran *RAP* 15%, 30%, 45% dengan kadar aspal 5% adalah 349,251 kg/mm, 5199,073 kg/mm, 614,333 kg/mm. Spesifikasi bahan material minimal 100 kg/mm dan maksimal 500 kg/mm, 614.333 kg/mm, spesifikasi bahan material minimal 100 kg/mm dan maksimal 500 kg/mm, maka kadar *RAP* 30%, 45% tidak memenuhi persyaratan bahan maka kadar *RAP* 30%, 45% tidak memenuhi persyaratan bahan material, maka *Asphalt Concrete* dengan campuran *RAP* tidak dapat digunakan sebagai lapis aus (*wearing course*) namun masih dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas (*base course*).

Menurut Pramudyo (2013) yang berjudul “Investigasi Karakteristik RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) Artifisial” dengan kesimpulan nilai keausan 29,26%, nilai kadar air optimum dengan modified proctor sebesar 1,2%. Nilai *CBR* Unsoaked 100% adalah 61,8 5, *CBR* 95% adalah 52%. Dan *CBR* 90% sebesar 46,1%. Untuk *CBR* Soaked didapatkan nilai *CBR* 100% sebesar 50,8%, *CBR* 95% adalah 45,7% dan 90% adalah 40,5%. Hasil karakteristik *RAP* artifisial hanya sebagai pembanding dari karakteristik *RAP* lapangan karena karakteristik *RAP* artifisial dapat dikontrol sifat-sifat penyusunnya.

Menurut Girry (2018) dengan judul “Karakteristik Daya Dukung Material *RAP* (*Reclaimed Asphalt Pavement*) Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan”. Kesimpulan penelitian adalah hasil uji gradasi material *RAP* yang diteliti lolos diameter 4,75mm sebesar 60%. Nilai abrasi 57%, ekstraksi rata-rata 4,55%. Hasil penelitian sifat mekanis *RAP* yaitu pemadatan dengan *Modified Compaction Test* didapat berat isi kering 2,88 gr/cm³ dan kadar air optimum 7,5%. Hasil uji *CBR* Unsoaked 37,06%. Dan hasil pemadatan *RAP* + agregat baru dengan *Modified Compaction Test* didapat berat isi kering 2,45 gr/cm³ dan kadar air optimum 4,9%. Hasil *CBR* Unsoaked 36,6%. *RAP* dapat digunakan untuk lapis pondasi bawah dengan bahan tambah agregat kasar dan filler sedangkan *RAP* tanpa bahan tambah juga bias digunakan untuk lapis pondasi bawah. Bisa ditarik

kesimpulan bahwa *RAP* tanpa bahan tambah lebih efektif dan efisien digunakan untuk lapis pondasi bawah karena tidak menambah biaya untuk pembelian bahan tambah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan melakukan beberapa percobaan-pecobaan untuk mendapatkan hasil dari penelitian yang diinginkan. Penelitian ini membutuhkan beberapa sampel untuk mendapatkan hasil

dengan beberapa percobaan. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa kegiatan antara lain pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pengambilan keputusan secara umum dari suatu percobaan yang dilakukan di Laboratorium.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.

3.3 Bahan Dan Material

Dalam penelitian ini menggunakan bahan dan material antara lain :

- a. RAP yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Muaro Kalaban sampai Kiliranjao.
- b. Kapur yang digunakan adalah kapur padam.

3.3.1 Uji Identitas RAP

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat karakteristik *RAP*. Beberapa tes yang dilakukan adalah :

a. Uji Kadar Aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung didalam *RAP* dengan metode ekstraksi. Ekstraksi juga digunakan untuk memisahkan antara aspal yang menempel pada agregat.

Ada 2 macam cara pengujian *RAP* yaitu:

b. Ekstraksi Cara Dingin

Metode ini tidak menggunakan cara pemanasan selama proses ekstraksi berlangsung, tujuannya untuk menghindari rusaknya senyawa yang dimaksud akibat proses pemanasan. Ekstraksi dingin antara lain:

- 1) Maserasi merupakan proses ekstraksi menggunakan pelarut diam atau dengan pengocokan pada suhu ruangan. Pada dasarnya metode ini dengan cara merendam sampel dengan sekali-kali dilakukan pengocokan. Pengocokan dapat dilakukan dengan alat *rotary shaker* dengan kecepatan sekitar 150 rpm. Umumnya perendaman dilakukan 24 jam dan selanjutnya pelarut diganti dengan pelarut baru. Namun dari beberapa penelitian

melakukan perendaman hingga 72 jam. Keuntungan cara ekstraksi dengan maserasi adalah cara pengerjaan dan peralatan yang sederhana. Namun metode ini juga memiliki kekurangan, yaitu cara pengerjaannya yang lama dan ekstraksi yang kurang sempurna. Perkolasi merupakan cara ekstraksi yang dilakukan dengan mengalirkan pelarut melalui bahan sehingga komponen dalam bahan tersebut tertarik kedalam pelarut. Kekuatan yang berperan pada perkolasi antara lain: kekentalan, daya larut, tegangan permukaan, difusi osmosis, adesi, daya kapiler dan gaya geseran (*frikasi*). Hasil perkolasi disebut perkolat. Perkolasi banyak digunakan untuk mengekstraksi komponen dari bahan tumbuhan. Pada proses perkolasi, terjadi partisi komponen yang diekstraksi antara bahan dan pelarut. Dengan pengaliran pelarut secara berulang-ulang, maka semakin banyak komponen yang tertarik. Kelemahan dari metode ini yaitu diperlukan banyak pelarut dan waktu yang lama, sedangkan komponen yang didapat relative tidak banyak. Keuntungannya adalah tidak memerlukan pemanasan sehingga teknik ini baik untuk substansi termolabil (yang tidak tahan terhadap panas).

3.3.1 Ekstraksi Cara Panas

Metode ini melibatkan panas dalam prosesnya. Dengan adanya panas secara otomatis akan mempercepat proses ekstraksi dibandingkan cara dingin. Metodenya antara lain:

Refluks merupakan ekstraksi dengan pelarut yang dilakukan pada titik didih pelarut tersebut selama waktu tertentu dan sejumlah pelarut tertentu dengan adanya pendinginan balik (*kondensor*). Umumnya dilakukan tiga kali sampai lima kali pengulangan proses pada residu pertama agar proses ekstraksinya sempurna.

d. Pemeriksaan Berat Jenis *RAP*

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dimaksudkan

untuk menentukan berat jenis *bulk*, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar.

e. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu mendesak turunsuatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada tinggi tertentu, sehingga akibat kecepatan pemanasan tertentu.



Gambar 3. 1 Uji Titik Lembek Aspal

3.3.2 Uji Fisik RAP

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik *RAP* tersebut, seperti:

a. Pemeriksaan Gradasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Agregat bergradasi baik menurut Bina Marga 2018 yaitu agregat yang ukuran butirannya, antara lain :

1. Agregat kasar yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran besar,

tertahan saringan No.4

2. Agregat halus yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran lebih halus yang lolos saringan No.4

Tabel 3. 1 Gradasi Agregat

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang ³		Gradasi Semi Senjang ²		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25								100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	77 - 90	66 - 82	52 - 71
4,75							53 - 69	46 - 64	35 - 54
2,36		75 - 100	50 - 72 ³	35 - 55 ³	50 - 62	32 - 44	33 - 53	30 - 49	23 - 41
1,18							21 - 40	18 - 38	13 - 30
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
0,300					15 - 35	5 - 35	9 - 22	7 - 20	6 - 15
0,150							6 - 15	5 - 13	4 - 10
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

b. Pemeriksaan Abrasi (Keausan)

Pemeriksaan abrasi dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula dalam persen.



Gambar 3. 2 Los Angeles dan Bola Baja

c. Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus. Adanya lumpur dapat mengakibatkan kembang susut yang besar dan mempengaruhi lekatan tanah agregat. Spesifikasi Bina Marga untuk *Sand Equivalent* agregat halus adalah lebih dari 50% (AASHTO T-176).

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai *Sand Equivalent*.

$$\text{Sand Equivalent (SE)} = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\%$$

3.3.3 Uji Pemadatan

Uji pemadatan pertama kali dikembangkan oleh R.R. Proctor tahun 1920-an dengan 4 variabe, yaitu usaha pemadatan, jenis tanah, kadar air, berat isi kering. Uji pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume pori (udara) yang ada didalam campuran *RAP* dan untuk mengetahui kepadatan dengan didapatkan nilai kepadatan maksimal dan kadar air optimum *RAP* dengan cara menumbuk benda uji dengan beberapa tumbukan yang telah ditentukan.

Uji kepadatan ada dua macam yaitu :

1. Uji *Standard Compaction Test*

Standard *proctor* telah distandarisasi dalam AASHTO T-99 dan ASTM D-

698. Test ini menggunakan 25 pukulan pemadat seberat 5,5 lbs yang dijatuhkan pada ketinggian 1 ft pada masing-masing lapisan material yang diletakkan pada cetakan tersebut berisi 3 lapis material.

2. Uji *Modified Compaction Test*

Uji Modified Compaction Test juga telah distandarisir dalam AASHTO T-180. Test ini menggunakan 25 pukulan pemadat seberat 10 lbs yang dijatuhkan pada ketinggian 18 in pada masing-masing lapisan material yang diletakkan pada cetakan tersebut berisi 5 lapis material.

Untuk prosedur *proctor test* ada 4 sub prosedur yang bias dipilih, yaitu :

- a. Metode A, menggunakan cetakan diameter 4 in dan material tanah harus lolos saringan No.4 (4,75mm).
- b. Metode B, menggunakan cetakan diameter 6 in dan material harus lolos saringan No.4 (4,75mm).
- c. Metode C, menggunakan cetakan diameter 4 in dan material tanah harus lolos saringan $\frac{3}{4}$ in (19mm).
- d. Metode D, menggunakan cetakan diameter 6 in dan material tanah harus lolos saringan $\frac{3}{4}$ in (19mm).

Dari pengujian tersebut didapatkan nilai γ_d maksimum (berat volume kering) dan W_{optimum} (kadar air optimum).

3.3.4 Uji CBR (California Bearing Ratio)

CBR pertama kali diperkenalkan oleh *California Division of Highways* pada tahun 1928. Orang yang mempopulerkan metode ini adalah O.J. Porter. Daya dukung material *RAP* dipengaruhi oleh kepadatan dan kadar air. Tingkat kepadatan dinyatakan dalam presentase berat volume kering *RAP* terhadap volume kering maksimum. Harga *CBR* adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai *CBR* sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), *CBR* dapat dibagi sesuai dengan

cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu *CBR lapangan (CBR in place atau field CBR)*, *CBR rendaman (undisturbed soaked CBR)* dan *CBR laboratorium*.

CBR lapangan digunakan untuk memperoleh nilai *CBR* asli dilapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umum digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi kadar air tinggi (musim penghujan).

CBR lapangan rendaman digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai *CBR* asli lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swell*) yang maksimum. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah didaerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, terletak pada daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau.

CBR laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu *CBR laboratorium rendaman (Soaked laboratory CBR)* dan *CBR laboratorium tanpa rendaman (unsoaked laboratory CBR)*. Penentuan nilai *CBR* dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Untuk *CBR laboratorium rendaman* dilakukan perendaman selama 4 hari (96 jam) kemudian baru dipenetrasi. Menurut Sukirman (2003) untuk lapis pondasi atas mempunyai nilai *CBR* minimal 50% dan untuk lapis pondasi bawah mempunyai nilai *CBR* minimal 20%. Sedangkan menurut Bina Marga 2018 untuk lapis pondasi atas mempunyai nilai *CBR* minimal 90% dan untuk lapis pondasi bawah mempunyai nilai *CBR* minimal 60%.

3.4 Peralatan Penelitian

Dalam menunjang keberhasilan penelitian ini perlu memerlukan beberapa alat yang berada di lingkup Laboratorium Bahan Perkerasan Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Mesin *Los Angeles*

Alat yang digunakan untuk test abrasi adalah mesin *Los Angeles* seperti gambar

3.4



Gambar 3. 3 Los Angeles

2. Mesin *CBR* (*California Bearing Ratio*)

Mesin *CBR* yang digunakan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung *RAP* yang akan di uji. Gambar dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3. 4 Mesin CBR

3. *Rammer*

Rammer digunakan untuk menunjang berjalannya penelitian yang digunakan sebagai alat penumbuk pemadatan. Dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 5 Rammer

4. *Mold*

Mold adalah cetakan yang digunakan untuk pengujian pemadatan *RAP*. *Mold* dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3. 6 Mold

5. Saringan standar

Saringan digunakan untuk uji analisa saringan maupun uji pemadatan dan *CBR* dengan syarat lolos saringan yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3. 7 Saringan

6. Timbangan

Timbangan sangat berguna dalam berlangsungnya penelitian. Dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3. 8 Timbangan

7. Oven

Oven dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui berat kering oven. Dapat dilihat pada gambar 3.10



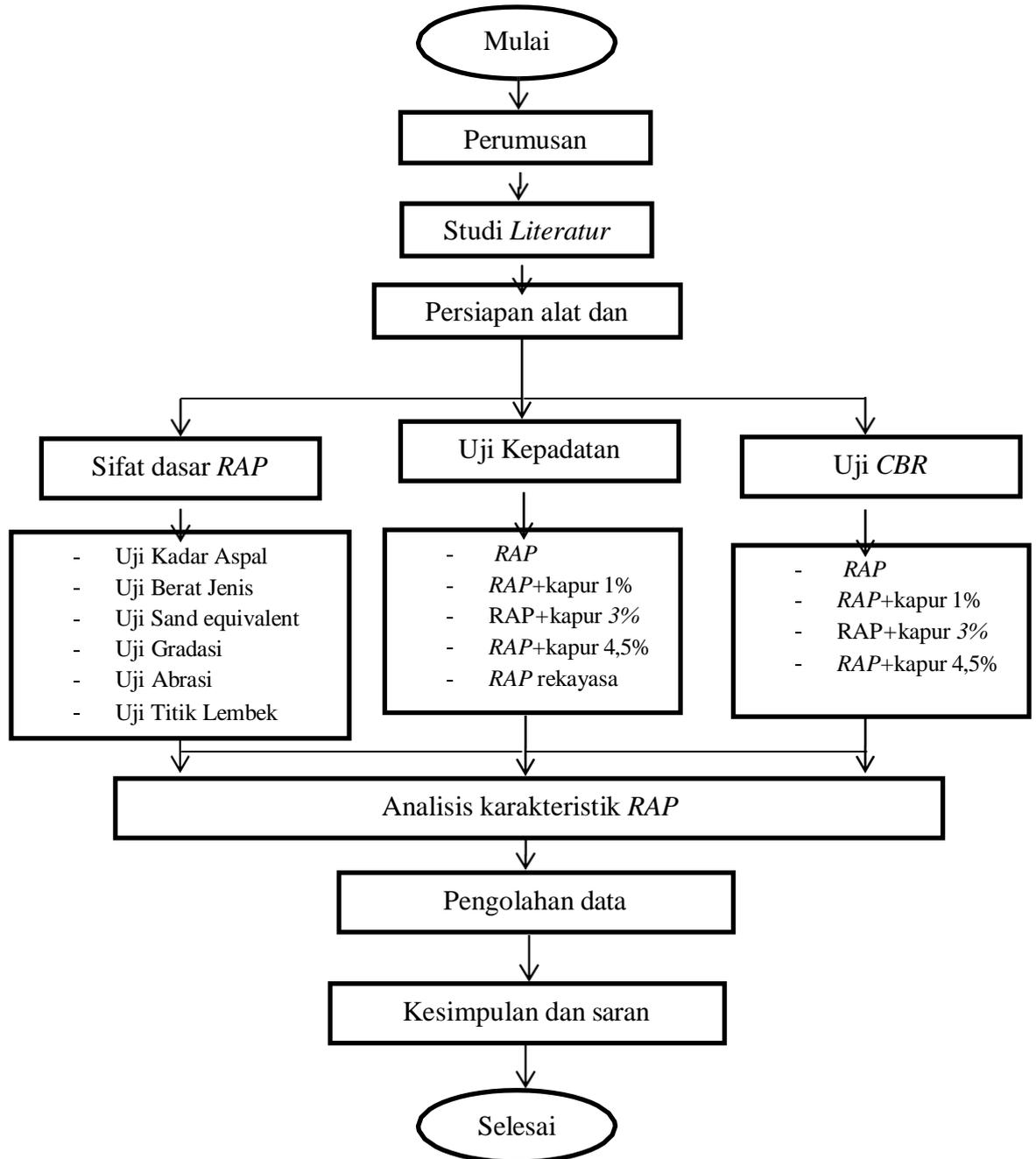
Gambar 3. 9 Oven

8. *Picnometer*



Gambar 3. 10 Picnometer

3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 11 Bagan Alir Penelitian

3.6 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian untuk memperjelas proses penelitian. Adapun tahapan penelitian tersebut antara lain :

- Tahap I : Perumusan masalah, studi *literature*, persiapan alat dan bahan.
- Tahap II : Pemeriksaan karakteristik/sifat dasar *RAP* meliputi warna, kadar air,
sand equivalent dan gradasi saringan.
- Tahap III : Pemeriksaan mutu aspal *RAP* meliputi ekstraksi, penetrasi, titik Lembek dan berat jenis..
- Tahap IV : Pemeriksaan mutu agregat *RAP* meliputi tes abrasi, berat jenis, penyerapan agregat dan analisis saringan,.
- Tahap V : Pengujian kepadatan benda uji dengan uji *modified proctor* dan pengujian dengan menggunakan mesin *CBR (California Bearing Ratio)*.
- Tahap VI : Analisis dan pembahasan
- Tahap VII : Kesimpulan dan saran.

3.7 Rencana Benda Uji

Benda uji tanpa bahan tambah kapur dan menggunakan bahan tambah kapur dengan variasi 1,5%, 3%, 4,5%.

Tabel 3. 2 Variasi Benda Uji

No. Benda Uji	Variasi Bahan Tambah	Jumlah Benda Uji
1	Tanpa Kapur	3
2	1,5%	3
3	3%	3
4	4,5%	3
Total Benda Uji		12

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Sifat Dasar *RAP*, Agregat *RAP* dan Aspal *RAP*

4.1.1 Pemeriksaan Sifat Dasar *RAP*

Pada penelitian ini didapatkan hasil uji sifat dasar *RAP* yaitu sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Warna *RAP*

Berdasarkan uji warna yang dilakukan secara visual, dan pada saat keadaan *RAP* kering udara. *RAP* yang berasal dari Muaro Kalaban – Kiliranjao tersebut berwarna **coklat keabu-abuan**. Dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Warna *RAP*

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan *RAP*

Pemeriksaan berat jenis dan Penyerapan *RAP* dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis *bulk* , berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan agregat *RAP*.

Hasil Uji berat jenis dapat dilihat pada tabel V.1 dan perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis RAP

Keterangan	Hasil			Satuan
	<i>RAP</i> kasar	<i>RAP</i> medium	<i>RAP</i> halus	
	(10-20 mm)	(5-10 mm)	(<4,5 mm)	
Berat jenis <i>bulk</i>	2.06	2.12	1.78	gr
Berat jenis SSD	2.09	2.14	1.83	gr
Berat jenis semu	2.13	2.17	1.88	gr/cc
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	1.72	1.01	3.09	%

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pemeriksaan berat jenis *RAP* pada tabel 4.1 diketahui *RAP* halus dengan gradasi >4,5mm yang paling besar penyerapannya. Berat jenis semu yang memiliki nilai terbesar yaitu berat jenis semu *RAP* medium. Begitu pula dengan berat jenis SSD dan berat jenis *bulk* bahwa *RAP* medium dengan gradasi antara 5-10mm lebih besar dari pada *RAP* kasar maupun *RAP* halus.

3. Pemeriksaan Kadar Aspal

Pemeriksaan ekstraksi dimaksudkan untuk mengetahui kadar aspal yang berada pada *RAP*. Pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk mengetahui persentase kandungan aspal yang hilang, karena larutan dalam cairan bensin dan melekat pada kertas *filter*. Hasil dari pemeriksaan ekstraksi ini didapatkan kadar bitumen 4,16 %. Karena aspal yang diuji berasal dari *RAP*, maka dari itu nilai ekstraksi sangatlah rendah. Hal ini dikarenakan kadar aspal telah hilang akibat adanya pengaruh kikisan dari air hujan, suhu maupun cuaca. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

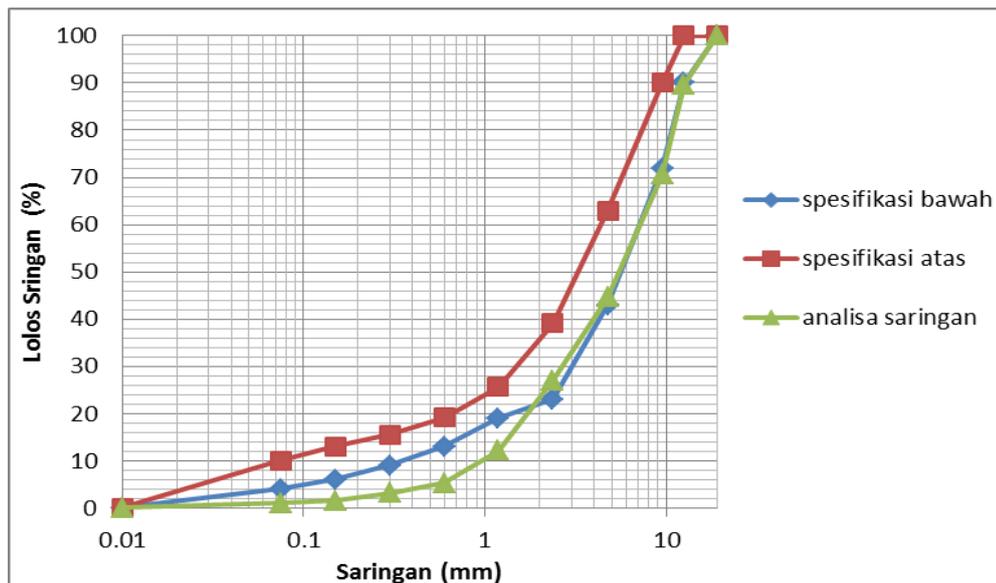
4.2 Pemeriksaan Gradasi RAP

4.2.1 Analisa Gradasi RAP Rekayasa 1

Tabel 4. 2 Analisa Gradasi RAP

Ø Ayakan	Lolos F1	Lolos F2	Lolos F3	CA %	MA %	FA %	Jumlah	Medium spec	Spec	Ket
¾	100.00	100	100	32.3	24.9	42.80	100.00	100	100	masuk
½	68.53	99.1	100	22.14	24.68	42.80	89.61	95	90 – 100	tidak masuk
3/8	14.47	92.80	100	4.67	23.11	42.80	70.58	81	72 – 90	tidak masuk
4	3.40	3.00	99.8	1.10	0.75	42.71	44.56	53	43 – 63	masuk
8	2.73	1.70	60.00	0.88	0.42	25.68	26.99	31.05	23 – 39.1	masuk
16	2.27	1.40	26.00	0.73	0.35	11.13	12.21	22.3	19 – 25.6	tidak masuk
30	1.93	1.10	10.40	0.62	0.27	4.45	5.35	16.05	13 – 19.1	tidak masuk
50	1.67	0.90	5.60	0.54	0.22	2.40	3.16	12.25	9 – 15.5	tidak masuk
100	1.20	0.60	2.40	0.39	0.15	1.03	1.56	9.5	6 – 13	tidak masuk
200	1.07	0.50	1.40	0.34	0.12	0.60	1.07	7	4 – 10	tidak masuk
Pan	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0	masuk

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 2 Grafik Analisa Saringan RAP

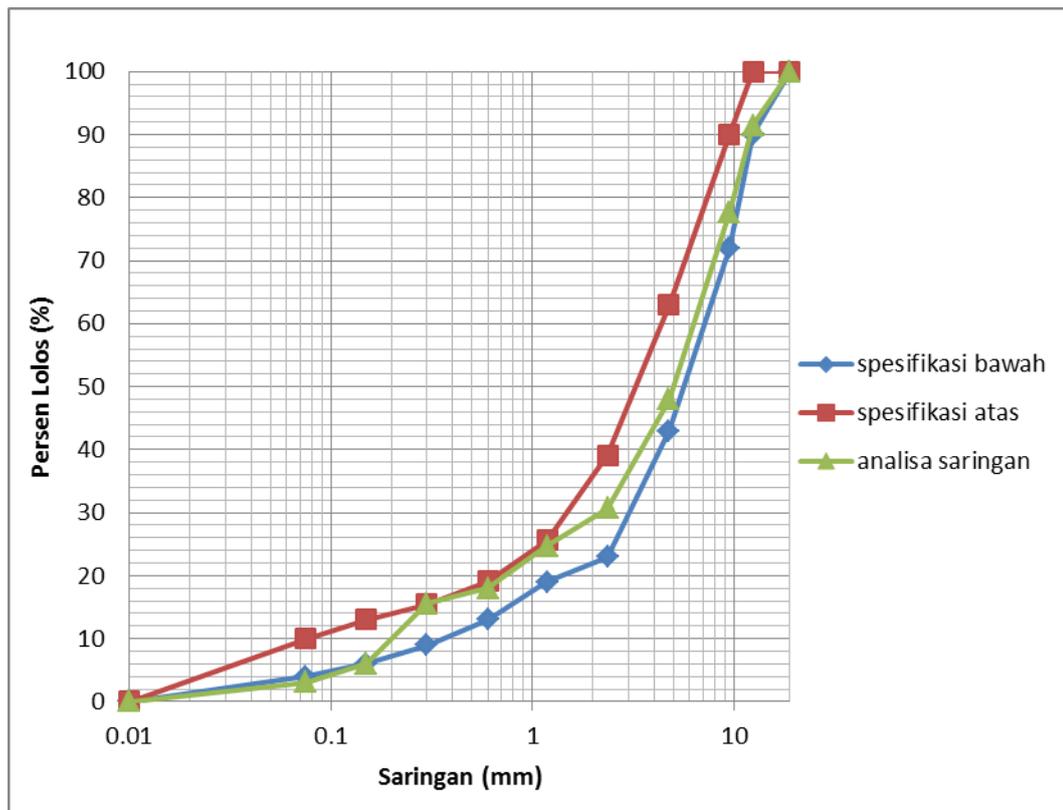
Dari gambar 4.2 dan tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa analisa saringan *RAP* yang telah diuji dengan menggunakan spesifikasi AC tidak menunjukkan sama sekali bahwa gradasi tersebut adalah gradasi dengan spesifikasi AC. Dapat dibaca dari gambar 4.2 bahwa alur analisa saringan yang telah diuji hanya beberapa nomor saringan saja yang masuk batas atas maupun batas bawah spesifikasi. Hal ini dimungkinkan karena aspal *RAP* yang masih menempel pada agregat *RAP*.

4.2.2 Pemeriksaan Analisa Saringan *RAP* Rekayasa 2

Tabel 4. 3 Analisa Saringan *RAP* 2

Ø Ayakan	Lolos F1	Lolos F2	Lolos F3	CA %	MA %	FA %	Jumlah	Medium Spec	Spec	Ket
3/4	100	100	100	33	22.4	44.60	100.00	100	100	masuk
1/2	74.00	100	100	24.42	22.40	44.60	91.42	95	90 - 100	masuk
3/8	35.60	95.10	100	11.75	21.30	44.60	77.65	81	72 - 90	masuk
4	13.27	4.30	95.4	4.38	0.96	42.55	47.89	53	43 - 63	masuk
8	7.33	1.20	62.80	2.42	0.27	28.01	30.70	31.05	23 - 39.1	masuk
16	3.47	1.10	52.20	1.14	0.25	23.28	24.67	22.3	19 - 25.6	masuk
30	1.73	1.00	38.60	0.57	0.22	17.22	18.01	16.05	13 - 19.1	masuk
50	1.00	0.90	33.60	0.33	0.20	14.99	15.52	12.25	9 - 15.5	masuk
100	0.93	0.70	12.40	0.31	0.16	5.53	6.00	9.5	6 - 13	masuk
200	0.87	0.50	6.00	0.29	0.11	2.68	3.07	7	4 - 10	tidak masuk
Pan	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	0	masuk

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 3 Grafik Analisa RAP 2

Dengan merekayasa gradasi pada *RAP* yang berasal dari Muaro Kalaban - Kiliranjao pada tabel 4.3 dan gambar 4.3 mengalami perubahan yang cukup signifikan yaitu alur grafik gradasi lebih sempurna pada spesifikasi AC, meskipun untuk gradasi halus nya di lolos saringan No.200 tidak memasuki spesifikasi. Karena yang diuji adalah *RAP* yang sudah direkayasa dengan membagi butiran menjadi tiga bagian, yaitu <5mm, antara 5-10mm, dan 10-20mm, tidak menjadikan hasil pengujian 100% dapat masuk dalam spesifikasi yang telah diatur pada Binamarga 2018. Hal ini dimungkinkan karena *filler* yang ada telah menempel pada agregat *RAP* sehingga waktu di analisa saringan kembali *fillernya* sangatlah sedikit yang didapatkan. Sedangkan bagaimana cara untuk mengetahui besar persentase *filler* yang menempel pada agregat *RAP* tentunya sangat bervariasi. Sehingga peneliti merekomendasikan untuk dilakukannya penelitian lanjutan.

Dengan kadar aspal sebesar 4,16% dan gradasi *RAP* baik rekayasa 1 maupun rekayasa 2 menunjukkan bahwa kemungkinan gradasi tersebut

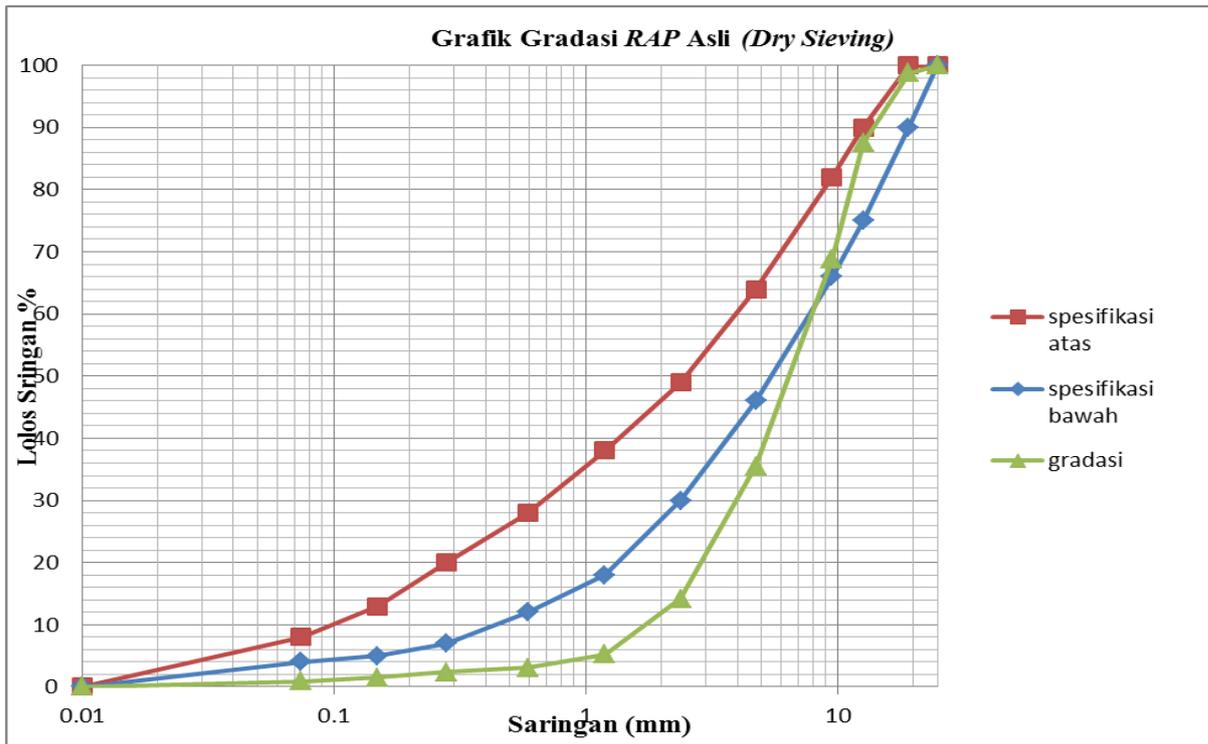
merupakan gradasi berspesifikasi AC. Karena jika diamati, kadar aspal yang lebih sedikit dengan ukuran butiran tertutup (baik).

4.2.3 Pemeriksaan Analisa Saringan *RAP* Asli (max 19mm)

Tabel 4. 4 Analisa Saringan *RAP* Asli (max 19mm)

Ø Ayakan		Berat Tertahan (gram)	Berat F1 + Cawan (gram)	Berat Tertinggal (gram)	Jumlah Berat Tertinggal (gram)	Persen Jumlah Tertinggal (%)	Persen Lolos (%)
mm	inch						
25	1	435	435	0	0	0.00	100.00
19.1	¾	471	496	25	25	1.25	98.75
12.7	½	556	781	225	250	12.50	87.50
9.52	3/8	397	771	374	624	31.20	68.80
4.76	No. 4	426	1092	666	1290	64.50	35.50
2.38	No. 8	420	847	427	1717	85.85	14.15
1.19	No. 16	419	597	178	1895	94.75	5.25
0.59	No. 30	407	451	44	1939	96.95	3.05
0.279	No. 50	305	319	14	1953	97.65	2.35
0.149	No. 100	390	407	17	1970	98.50	1.50
0.074	No. 200	288	300	12	1982	99.10	0.90
0.010	Pan	405	423	18	2000	100.00	0.00

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 4 Grafik Analisa Saringan RAP Asli (max 19mm)

Berdasarkan data yang diperoleh dari analisa saringan *RAP* Asli, dengan menggunakan spesifikasi AC-WC tidak menunjukkan bahwa *RAP* tersebut merupakan spesifikasi AC-WC. Hal ini dikarenakan data atau lolos saringan tidak masuk baik spesifikasi atas maupun spesifikasi bawah.

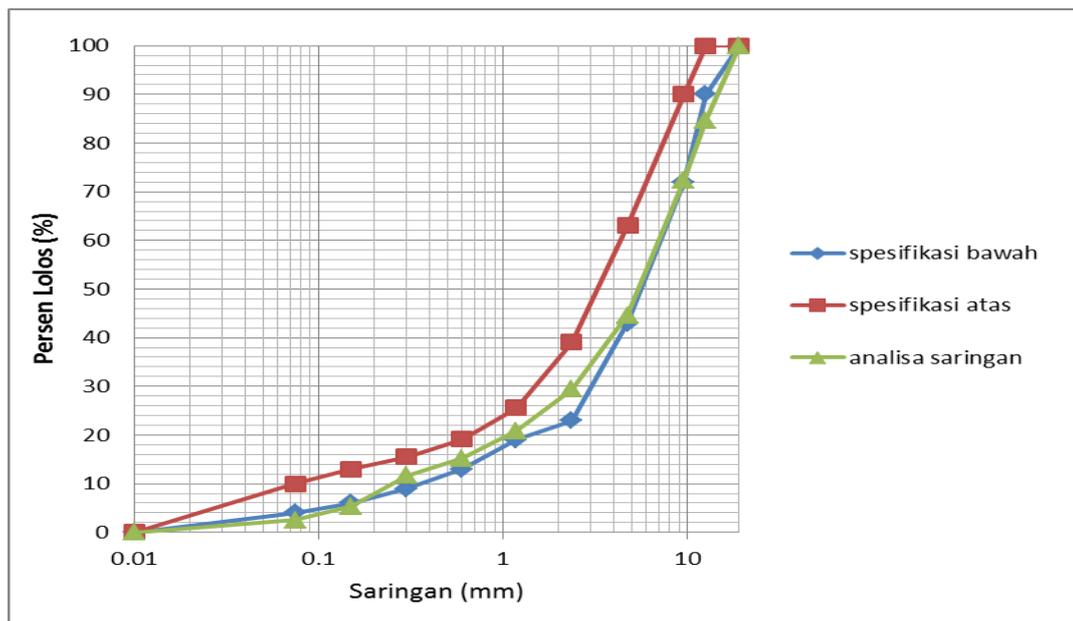
4.2.4 Pemeriksaan Sifat Dasar Agregat *RAP* ReKayasa 3

Tabel 4. 5 Analisa Saringan Agregat *RAP* ReKayasa 3

Ø Ayakan	Lolos F1	Lolos F2	Lolos F3	CA %	MA %	FA %	Jumlah	Medium Spec	Spec	Ket
¾	100	100	100	33	22.4	44.60	100	100	100	masuk
½	62.33	100	100	20.57	22.40	44.60	87.57	95	90 – 100	tidak masuk
3/8	30.60	95.10	100	10.10	21.30	44.60	76.00	81	72 – 90	masuk
4	9.27	4.30	95.4	3.06	0.96	42.55	46.57	53	43 – 63	masuk
8	4.07	1.20	62.80	1.34	0.27	28.01	29.62	31.05	23 – 39.1	masuk
16	2.53	1.10	52.20	0.84	0.25	23.28	24.36	22.3	19 – 25.6	masuk

30	1.80	1.00	38.60	0.59	0.22	17.22	18.03	16.05	13 – 19.1	masuk
50	1.40	0.90	33.60	0.46	0.20	14.99	15.65	12.25	9 – 15.5	masuk
100	1.07	0.70	12.40	0.35	0.16	5.53	6.04	9.5	6 – 13	masuk
200	0.80	0.50	6.00	0.26	0.11	2.68	3.05	7	4 – 10	tidak masuk
Pan	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	0	masuk

(Sumber : Hasil Penelitian)

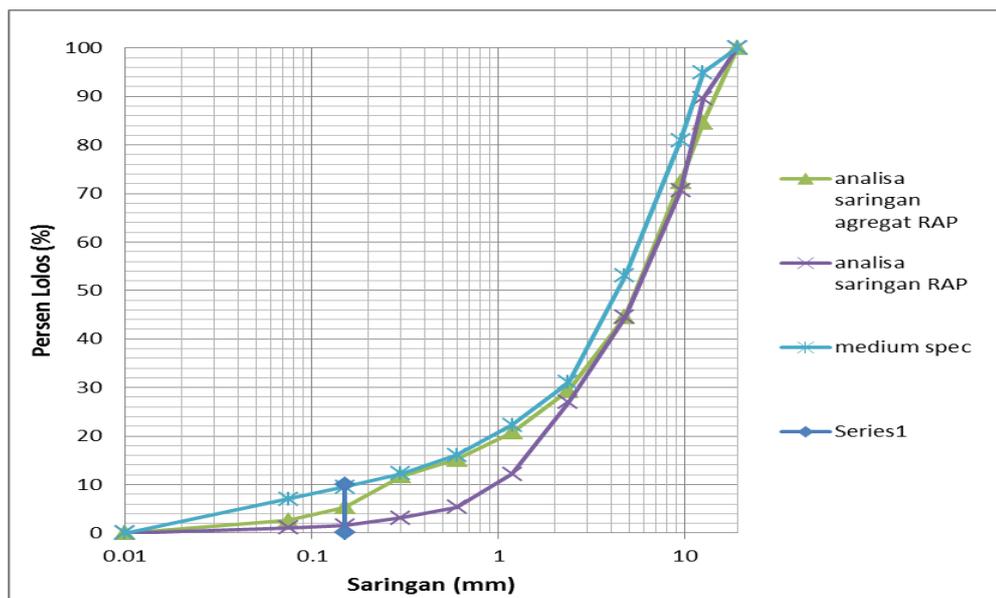


Gambar 4. 5 Grafik Analisa Saringan Agregat RAP Rekayasa 3

Dari hasil uji analisa saringan agregat *RAP* yang ditampilkan pada gambar 4.5 dan tabel 4.5, meskipun lolos saringan ½” dan lolos saringan No.200 tidak memasuki spesifikasi AC, namun besar kemungkinan gradasi yang terlihat pada gambar 4.5 yang didapat dari tabel 4.5 adalah bergradasi AC. Hal ini ditandai dengan alur garis grafik analisa saringan agregat *RAP* yang dapat memasuki batas bawah.spesifikasi AC.

4.3 Penyimpangan gradasi RAP Rekayasa 1 dan agregat RAP dan Rekayasa 3

Penyimpangan gradasi *RAP* dan agregat *RAP* dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar penyimpang terhadap spesifikasi AC.



Gambar 4. 6 Grafik Penyimpangan Gradasi RAP Rekayasa 1 dan Agregat RAP Rekayasa

Penyimpangan yang paling besar terjadi pada saringan No.100. Penyimpangan gradasi *RAP* didapatkan 1,56 % sedangkan penyimpangan pada agregat *RAP* didapat sebesar 5,3 %. Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan terbesar terdapat pada agregat *RAP* sebesar 5,3%, ini disebabkan karena agregat *RAP* sudah tidak tercampur dengan aspal, dan juga adanya reaksi dari agregat setelah terkena bensin saat proses ekstrasi agregat yang kemudian mengakibatkan terjadinya kerapuhan pada butiran kasar dan menjadi butiran halus saat proses analisa saringan. Dengan grafik yang menunjukkan bahwa *RAP* lebih menyimpang dari batas spesifikasi hal ini menandakan bahwa *RAP* mempunyai gradasi yang lebih kasar bila dibandingkan dengan gradasi agregat *RAP*.

4.4 Pemeriksaan Abrasi

Pemeriksaan abrasi atau keausan agregat dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan agregat. Dalam pemeriksaan agregat *RAP* ini digunakan tipe B yaitu agregat *RAP* yang lolos saringan 3/8 tertahan saringan 1/2 seberat 2500 gram dan yang lolos saringan 1/2 tertahan saringan no.4 seberat 2500 gram. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel V.5. dan ditampilkan pada lampiran.

Tabel 4. 6 Pemeriksaan Keausan Agregat RAP

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	<i>RAP</i> Ekstraksi (I)	<i>RAP</i> Ekstraksi (II)
76,2 (3'')	63,5 (2 ½'')		
63,5 (2 ½'')	50,8 (2'')		
50,8 (2'')	36,1 (1 ½'')		
36,1 (1 ½'')	25,4 (1'')		
25,4 (1'')	19,1 (¾'')		
19,1 (¾'')	12,7 (½'')	2500 gr	2500 gr
12,7 (½'')	9,52 (⅜'')	2500 gr	2500 gr
9,52 (⅜'')	6,35 (¼'')		
6,35 (¼'')	4,75 (No.4)		
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
Jumlah Berat		5000 gr	5000 gr
Berat Tertahan Saringan No.12		3720 gr	3755 gr
Percobaan Tipe B			

$$\text{Keausan (I)} = (5000-3720/5000) \times 100\% = 25,60 \%$$

$$\text{Keausan (II)} = (5000-3755/5000) \times 100\% = 24,90 \%$$

$$\text{Keausan Rata-rata} = (25,60 \% + 24,90 \%)/2 = 25,25 \%$$

Pada bahan ini yang diuji adalah agregat *RAP*, yaitu agregat hasil ekstraksi. Didapatkan hasil uji keausan agregat dengan nilai rata-rata 25,25 %. Hal ini bias dikatakan baik karena nilai keausan agregat *RAP* kurang dari 30%. Namun akan lebih baik lagi nilai abasinya dengan menggunakan agregat baru, karena kemungkinan nilai keausannya akan lebih rendah jika dibandingkan dengan agregat

4.4.1 Pemeriksaan Sand Equivalent

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kebersihan kandungan lumpur pada agregat halus dan pasir. Pada pengujian ini benda uji yang digunakan adalah agregat halus dari *RAP* yang telah diekstraksi terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan *sand equivalent* yaitu sebesar 92,93 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa benda uji mempunyai tingkat kebersihan kadar lumpur yang baik, karena semakin besar nilai *sand equivalent* maka semakin bagus agregat halus yang telah digunakan. Karena diketahui bahwa kandungan lumpur pada *RAP* sedikit yaitu hanya sebesar 7,07 % saja. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.4.2 Pemeriksaan Sifat Dasar Aspal *RAP*

2)Pemeriksaan Titik Lembek

Tabel 4. 7Hasil Pemeriksaan Titik Lembek

Jenis Pengujian	Titik lembek °C
Titik Lembek Aspal <i>RAP</i>	38.5 °C
Titik Lembek Aspal <i>RAP</i> +kapur 1.5%	47°C

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada pemeriksaan titik lembek dalam penelitian ini menggunakan variasi pengujian, yaitu titik lembek aspal *RAP* dan titik lembek aspal *RAP* + kapur 1,5%. Hasil pengujian titik lembek aspal *RAP* didapat nilai lebih rendah dari pada titik lembek aspal *RAP* yang telah ditambah kapur

sebanyak 1,5% dari berat aspal, jadi dengan adanya penambahan kapur tersebut yang menyebabkan nilai titik lembek lebih tinggi. Karena pada dasarnya kapur dapat mengeras apabila telah bereaksi dengan aspal, hal ini dikarenakan minyak dari aspal akan cenderung terserap oleh kapur

sehingga komposisi dari aspal akan berubah menjadi lebih keras. Dan dengan nilai titik lembek tanpa kapur sebesar 38,5°C hal ini dapat dikatakan bahwa aspal *RAP* memiliki sensitifitas lebih tinggi terhadap suhu. Perhitungan lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Pemeriksaan titik lembek aspal penetrasi 60-80 berada di suhu 50-70 °C

Yang bisa dilihat pada hasil yang telah diteliti oleh peneliti.

4.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal *RAP*

Berat jenis aspal pada pengujian ini didapatkan nilai sebesar 1,01. Hal ini dapat dikatakan bahwa aspal *RAP* tidak begitu buruk meskipun nilainya sangat rendah. Karena pada batas spesifikasi yaitu 1-1,05 berat jenis aspal *RAP* tersebut masih masuk.

4.4.4 Pemeriksaan Kepadatan

1. Pemeriksaan Kepadatan *RAP*

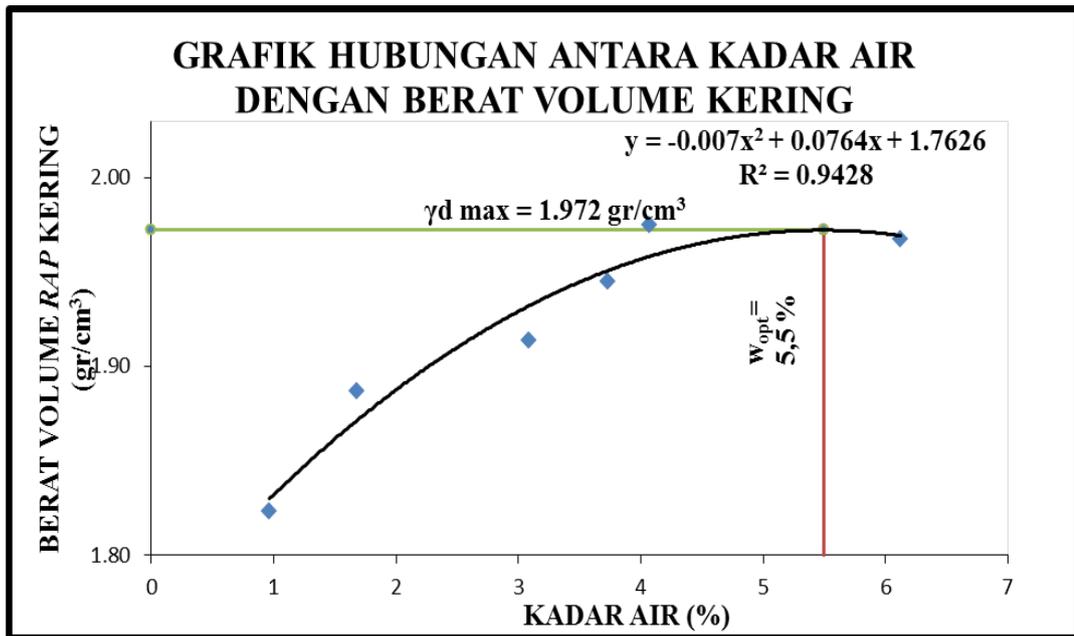
Pemeriksaan kepadatan *RAP* tanpa bahan tambah kapur pada penelitian ini dilakukan dengan tiga jenis *RAP* yaitu *RAP* yang telah direkayasa, *RAP* yang tidak direkayasa dan *RAP* Asli. Hasil uji kepadatan *RAP* tanpa rekayasa dan *RAP* yang telah direkayasa dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Kepadatan *RAP* Asli dan *RAP* Rekayasa Tanpa Bahan Tambah Kapur

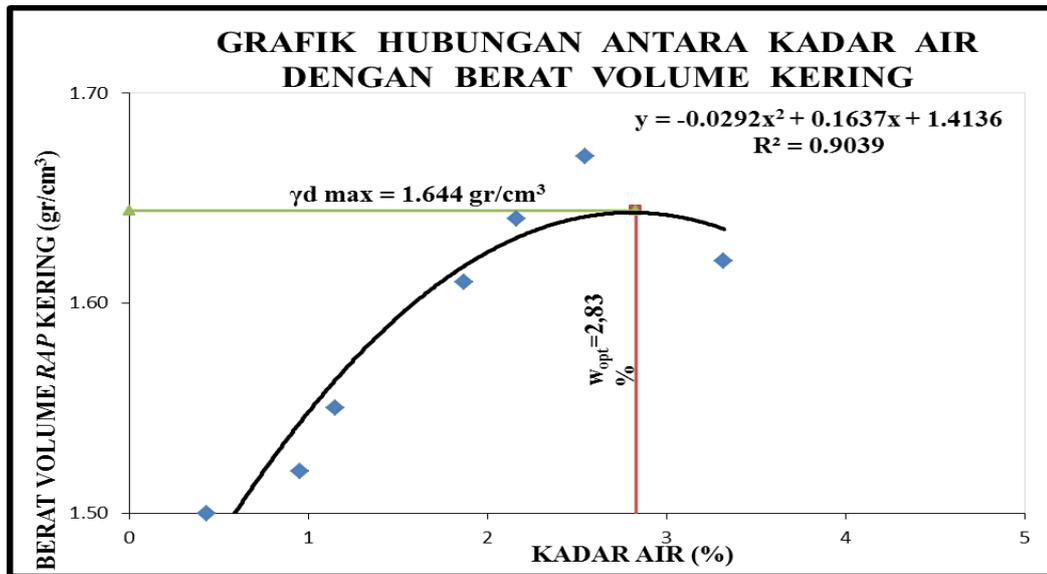
Variasi Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
<i>RAP</i> Asli Tanpa Bahan Tambah Kapur Dengan Metode <i>Modified Proctor</i> (max 19mm)	1972 gr/cm ³	5,5 %
<i>RAP</i> Yang Tidak Direkayasa Tanpa Bahan Tambah Kapur Dengan Metode <i>Modified Proctor</i> (4,75mm)	1,644 gr/cm ³	2,83 %
<i>RAP</i> Rekayasa Tanpa Bahan Tambah Kapur		

Dengan Metode <i>Modified Proctor</i>	1,993 gr/cm ³	4,5 %
<i>RAP</i> Rekayasa Tanpa Bahan Tambah Kapur Dengan Metode <i>Standart Proctor</i>	1,680 gr/cm ³	4,8 %

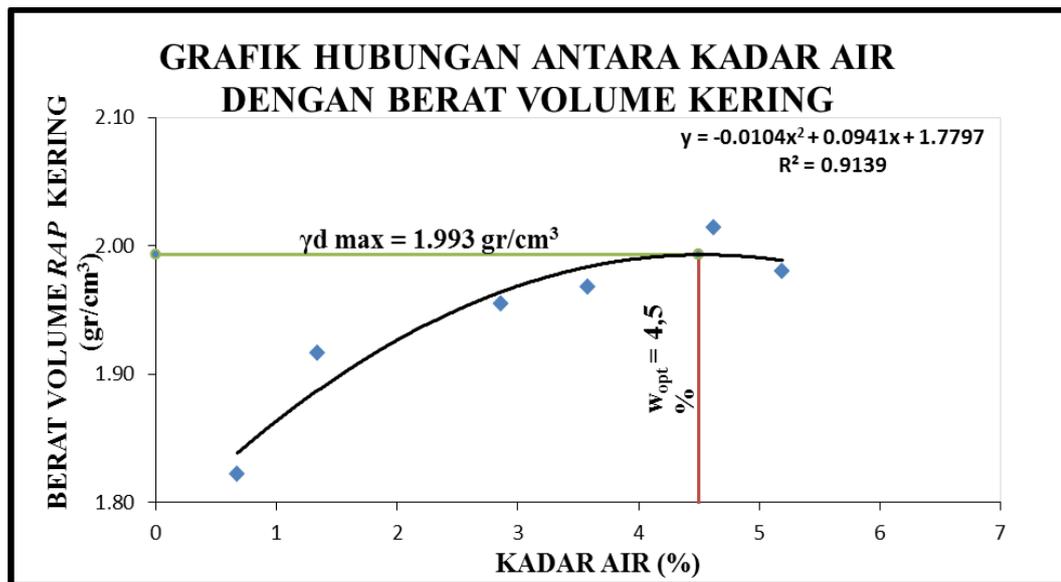
(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 7 Grafik Kepadatan RAP Asli Tanpa Bahan Tambah Kapur



Gambar 4. 8 Grafik Kepadatan RAP Tanpa Rekayasa Tanpa Bahan Tambah Kapur



Gambar 4. 9 Grafik Kepadatan RAP ReKayasa Dengan Metode Modified Proctor

Pemadatan yang dilakukan didapatkan nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Karena nilai kepadatan yang dihasilkan dari kepadatan *RAP* rekayasa tanpa bahan tambah kapur dengan menggunakan metode *Standart Proctor* adalah hasil dari kadar air optimum yang diperoleh dari *RAP* rekayasa tanpa bahan tambah kapur dengan metode *Modified Proctor*, maka grafik pada *RAP* rekayasa tanpa bahan tambah kapur dengan menggunakan metode *Standart Proctor* tidak dapat dibuat. Kurva pada grafik yang digunakan adalah *polynomial* dengan *R-squared* mencapai 0,9 adalah nilai terbesar yang didapatkan dibandingkan dengan menggunakan *trendline* yang lain. Dapat disimpulkan bahwa *RAP* yang telah direkayasa dengan menggunakan metode *Modified Proctor* memiliki nilai kepadatan maksimum yang lebih besar dari pada *RAP* yang tidak direkayasa baik itu *RAP* Asli (max 19mm) maupun *RAP* Asli (4,75mm). Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya komposisi fraksi halus yang lebih banyak, sehingga rongga antar agregat yang tercipta lebih kecil, namun untuk penyerapan airnya semakin besar karena agregat halus lebih banyak menyerap air dibandingkan dengan agregat kasar. Hal inilah yang menyebabkan adanya perbedaan yang cukup besar antara *RAP* yang telah direkayasa dengan *RAP* yang

tidak direkayasa. Maka dari itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan dalam melakukan pemeriksaan *RAP* direkayasa terlebih dahulu dengan memisahkan gradasi menjadi tiga fraksi, yaitu antara 10-20 mm, antara 5-10 mm dan <5 mm.

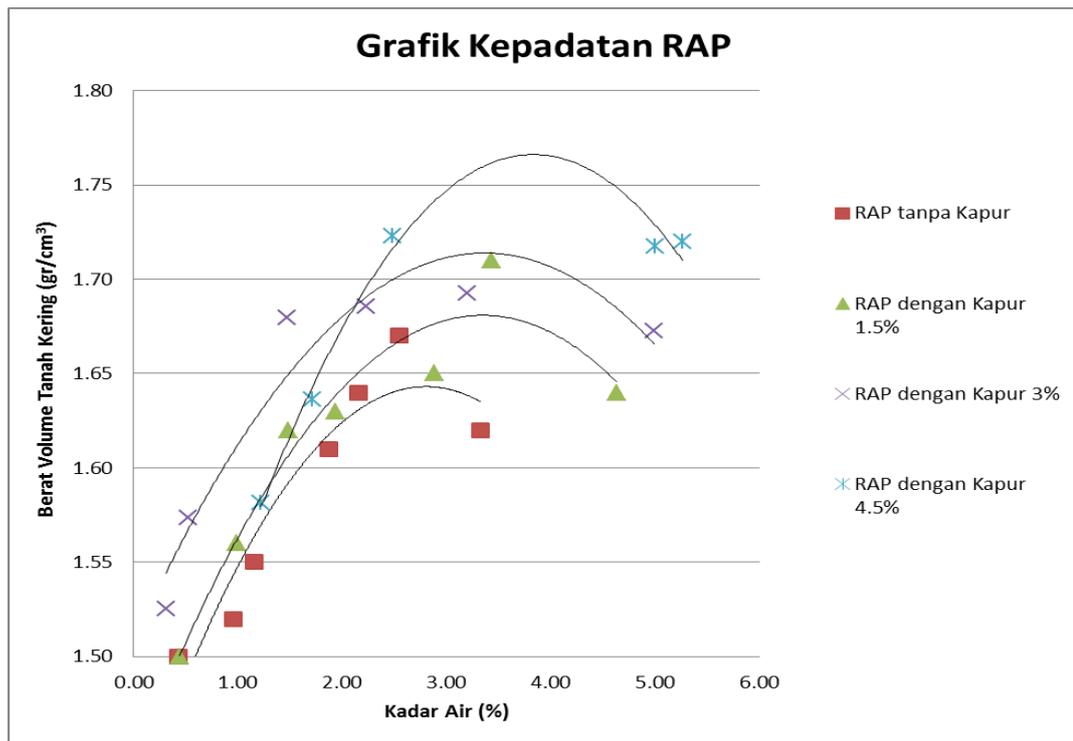
Merekayasa gradasi *RAP* dengan ukuran butiran yang sama, yaitu > 5mm, antara 5-10mm dan < 20mm tidak menjadikan hasil yang diperoleh juga sama. Hal ini dibuktikannya dengan pemadatan metode *Modified Proctor* memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan metode *Standart Proctor*. Dan perbandingan dari kedua metode tersebut ialah metode *Standart Proctor* 84,30 % nya dari metode *Modified Proctor*. Maka dari itu, metode *Modified Proctor* akan lebih baik digunakan karena memiliki nilai kepadatan yang paling besar.

2. Pemeriksaan Kepadatan *RAP* Asli (max 4,75mm) Dengan Bahan Tambah Kapur

Tabel 4. 9 Variasi Kepadatan *RAP* dengan Bahan Tambah Kapur

Variasi Kepadatan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
<i>RAP</i> + Kapur 0%	1,644 gr/cm ³	2,83 %
<i>RAP</i> + Kapur 1,5%	1,640 gr/cm ³	3,30 %
<i>RAP</i> + Kapur 3%	1,715 gr/cm ³	3,48 %
<i>RAP</i> + Kapur 4,5%	1,766 gr/cm ³	3,85 %

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 10 Grafik Variasi Kepadatan RAP Asli (4,75mm) + Kapur

Variasi penambahan bahan tambah kapur sebagai bahan pengisi ternyata berpengaruh terhadap kenaikan nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Hal ini disebabkan kapur yang mengisi rongga pori RAP, yang pada kondisi RAP, rongga pori tersebut terisi oleh air dan udara. Akibat adanya kapur dalam rongga pori RAP ini, persentase air yang terkandung dalam RAP semakin bertambah. Karena pada dasarnya kapur yang bersifat menyerap air sehingga terjadi peningkatan pada berat volume kering dan kadar air optimumnya. Untuk itu, diperlukan pembagian butiran gradasi untuk merekayasa RAP agar hasil pemadatan lebih maksimal.

4.4.5 Pemeriksaan CBR (California Bearing Ratio)

1. Pemeriksaan CBR RAP

Pemeriksaan CBR RAP dimaksudkan untuk mengetahui besar nilai CBR RAP yang telah dilakukan. Hasil CBR RAP *Unsoaked* (Tanpa Perendaman) dapat dilihat pada tabel 4.9 dan CBR RAP *Soaked* (Dengan Perendaman) dapat

dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Nilai CBR RAP Unsoaked

Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
10 Pukulan	5.6
35 Pukulan	12
65 Pukulan	16

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4. 11 Nilai CBR RAP Soaked

Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
10 Pukulan	3.96
35 Pukulan	12.73
65 Pukulan	20.44

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil seperti pada tabel 4.10 dan 4.11 dapat disimpulkan nilai *CBR* dengan perendaman mengalami kenaikan dibandingkan dengan *CBR* tanpa perendaman. Hal ini dikarenakan karena *RAP* yang telah dipadatkan dengan metode pemadatan *modified proctor* masih mempunyai pori-pori meskipun sudah dipadatkan dalam *mold*. Nilai *CBR* yang dipakai adalah yang terbesar, baik itu pada penetrasi 0,1” maupun 0,2”.

4.5 Pengaruh Rekayasa *RAP* dan Bahan Tambah Kapur Terhadap *CBR*

4.5.1 Pengaruh Rekayasa *RAP* dan Bahan Tambah Kapur Terhadap *CBR* Unsoaked

Tabel 4. 12 Variasi *CBR* Unsoaked Dengan Bahan Tambah Kapur

Variasi <i>CBR</i> Unsoaked	Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
<i>RAP</i> Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	10 Pukulan	5.33
<i>RAP</i> Tanpa Bahan Tambah		5.62
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 1,5 %		5.47
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 3 %		8.98
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 4,5%		13.11

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4. 13 Variasi *CBR* Unsoaked Dengan Bahan Tambah Kapur

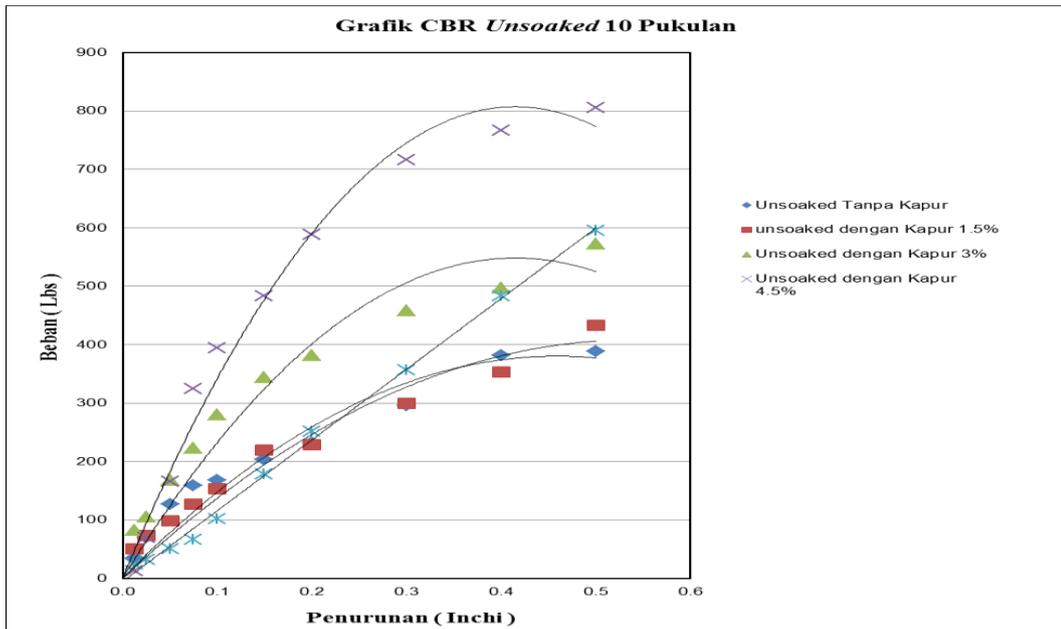
Variasi <i>CBR</i> Unsoaked	Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
<i>RAP</i> Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	35 Pukulan	14.56
<i>RAP</i> Tanpa Bahan Tambah		12,00
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 1,5 %		12.02
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 3 %		10.82
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 4,5%		10.87

(Sumber : Hasil Penelitian)

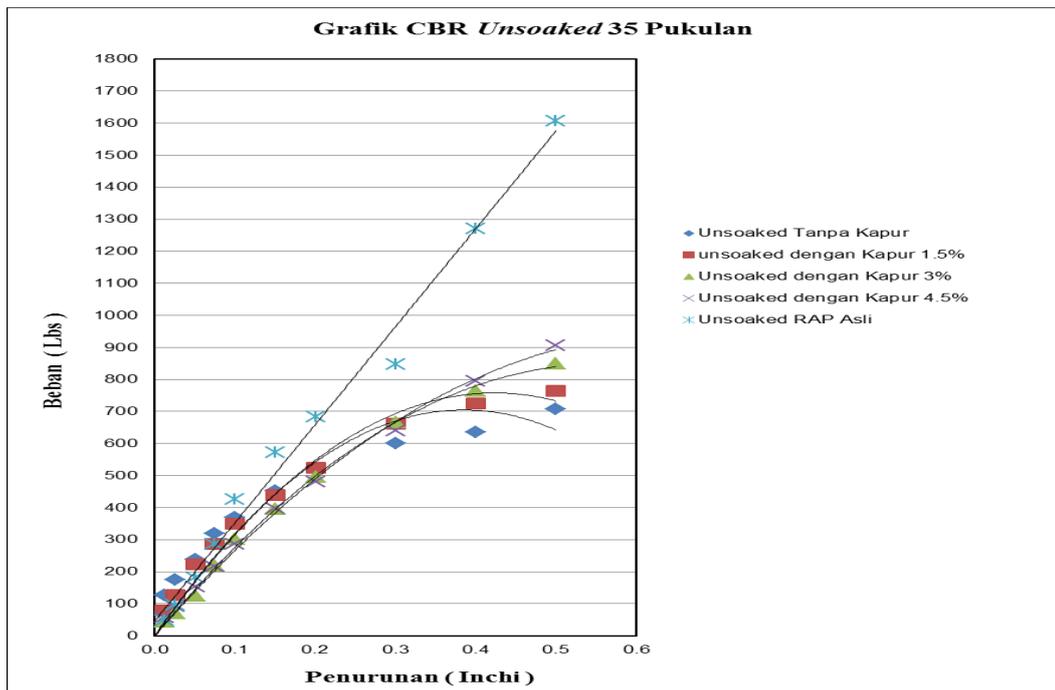
Tabel 4. 14 Variasi *CBR* Unsoaked Dengan Bahan Tambah Kapur

Variasi <i>CBR</i> Unsoaked	Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
<i>RAP</i> Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	65 Pukulan	37.78
<i>RAP</i> Tanpa Bahan Tambah		16,00
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 1,5 %		15.89
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 3 %		6.67
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 4,5%		31.11

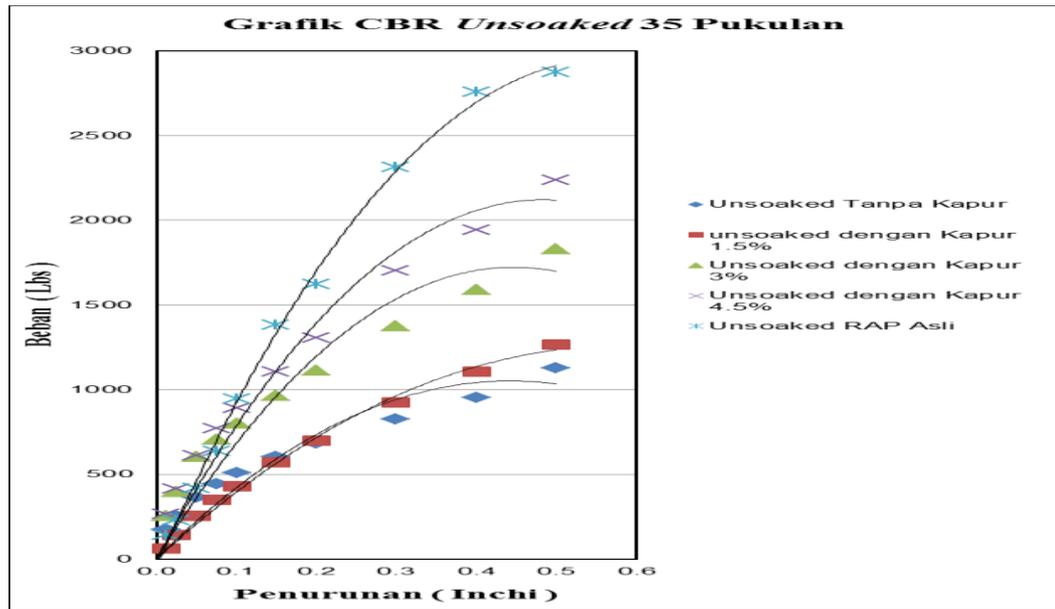
(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 11 Grafik CBR Unsoaked 10 Pukulan



Gambar 4. 12 Grafik CBR Unsoaked 35 Pukulan



Gambar 4. 13 Grafik CBR Unsoaked 65 Pukulan

Tabel 4. 15 Variasi CBR Soaked Dengan Bahan Tambah Kapur

Variasi CBR Soaked	Jumlah Pukulan	Nilai CBR
RAP Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	10 Pukulan	5.33
RAP Tanpa Bahan Tambah		3.96
RAP Dengan BT Kapur 1,5 %		9.93
RAP Dengan BT Kapur 3 %		16.56
RAP Dengan BT Kapur 4,5%		19.56

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4. 16 Variasi CBR Soaked Dengan Bahan Tambah Kapur

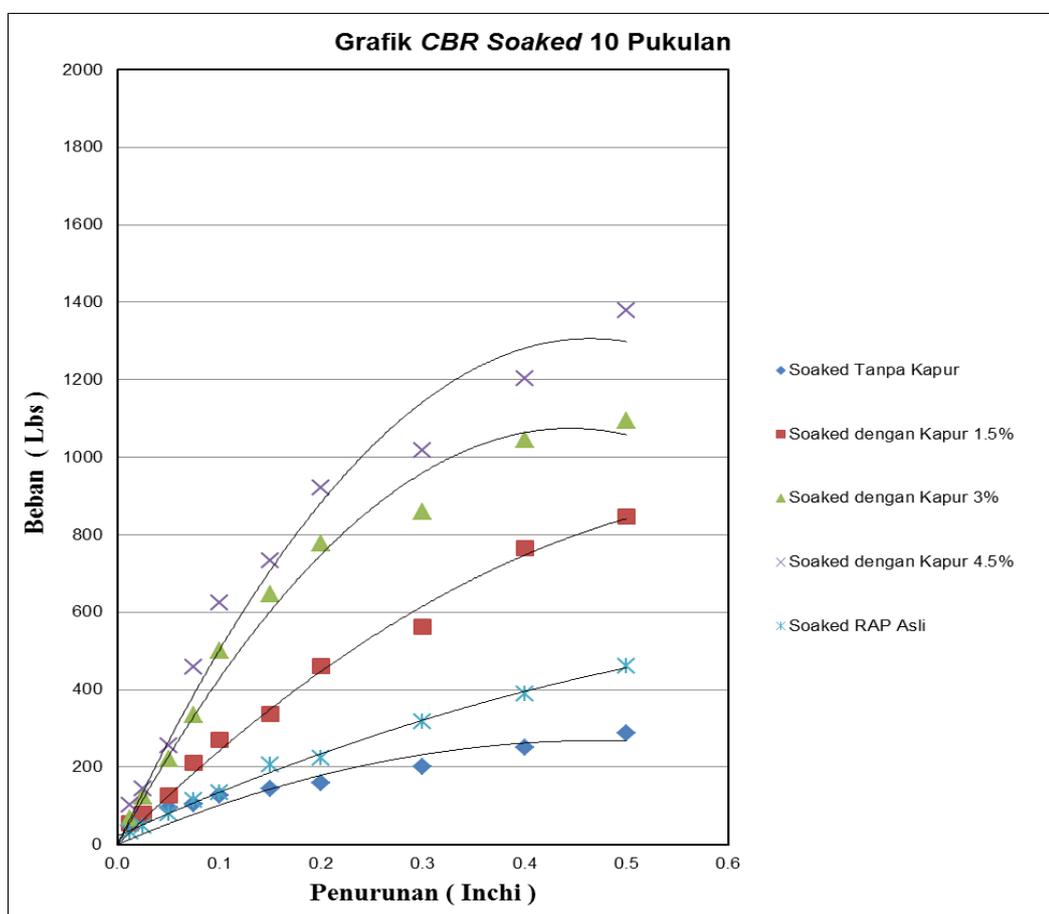
Variasi CBR Soaked	Jumlah Pukulan	Nilai CBR
RAP Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	35 Pukulan	22.89
RAP Tanpa Bahan Tambah		12.73
RAP Dengan BT Kapur 1,5 %		20.60
RAP Dengan BT Kapur 3 %		25.04
RAP Dengan BT Kapur 4,5%		32.22

(Sumber : Hasil Penelitian)

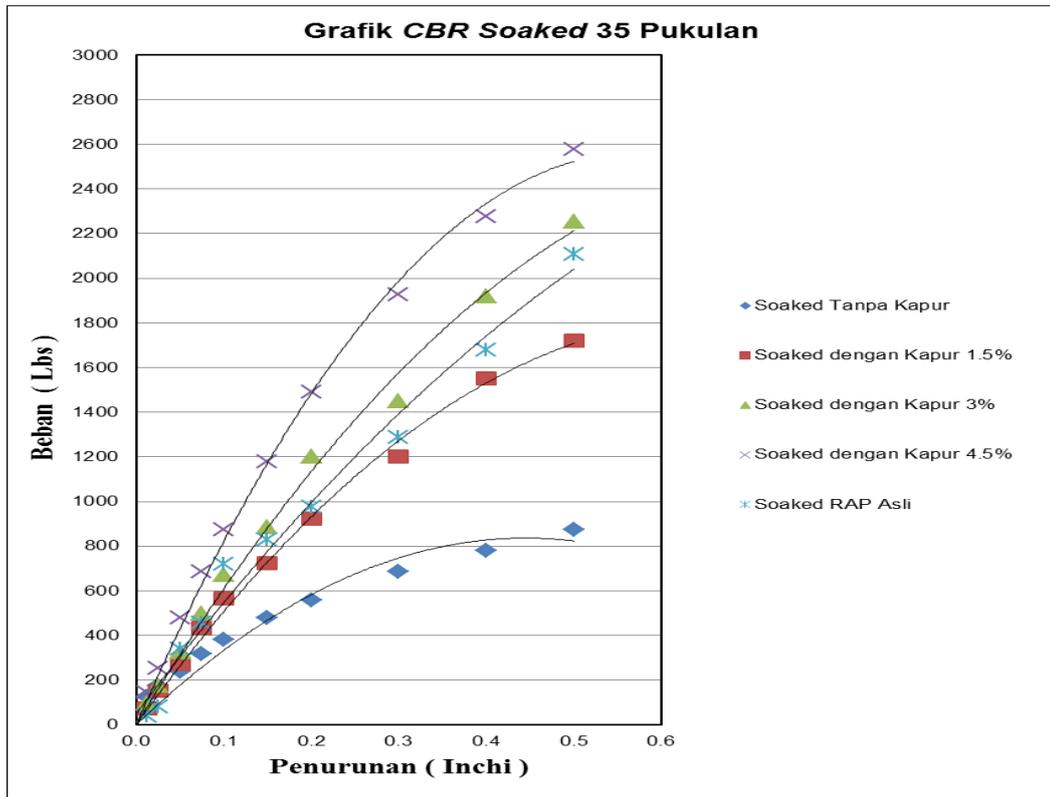
Tabel 4. 17 Variasi CBR Soaked Dengan Bahan Tambah Kapur

Variasi <i>CBR Soaked</i>	Jumlah Pukulan	Nilai <i>CBR</i>
<i>RAP</i> Asli (max 19mm) Tanpa Bahan Tambah	65 Pukulan	50.67
<i>RAP</i> Tanpa Bahan Tambah		20.44
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 1,5 %		22.67
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 3 %		25.69
<i>RAP</i> Dengan BT Kapur 4,5%		45.11

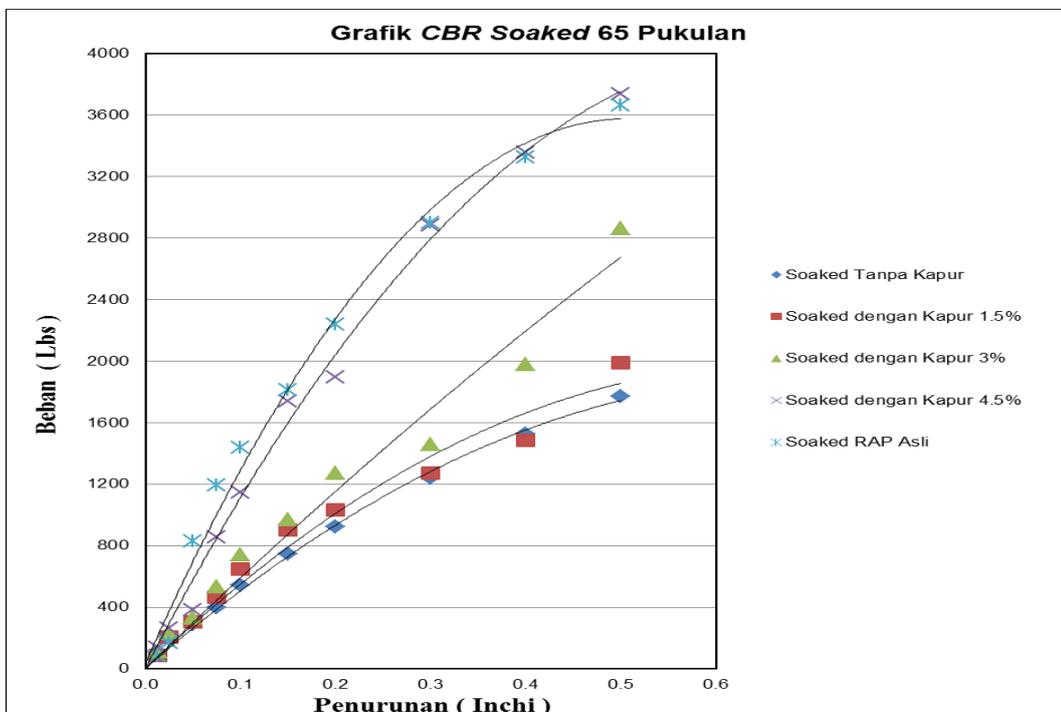
(Sumber : Hasil Penelitian)



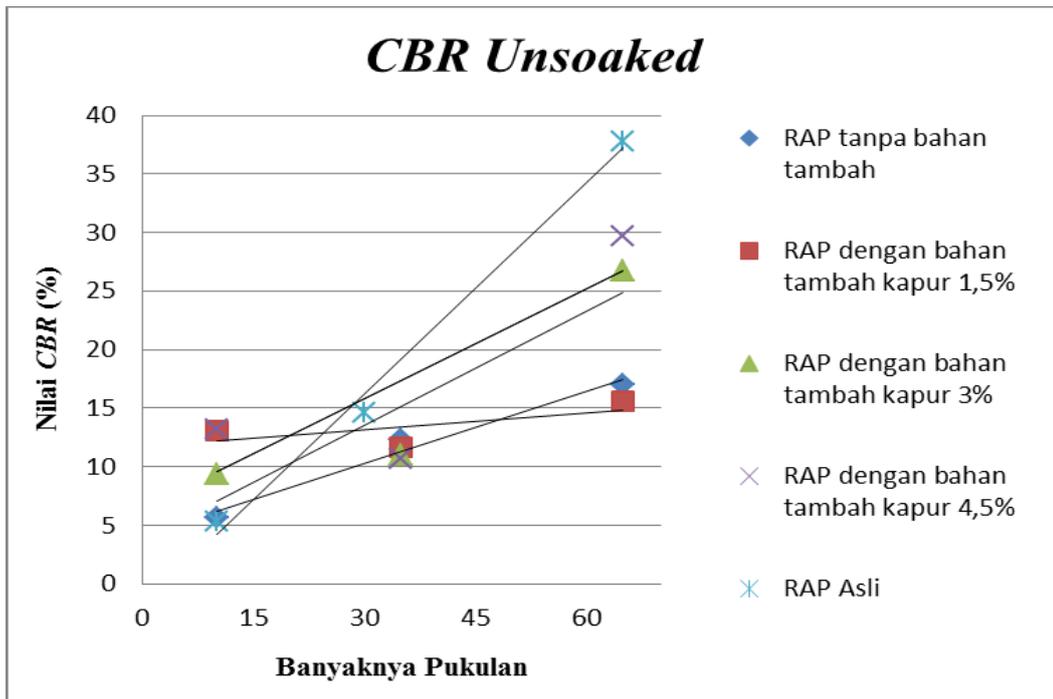
Gambar 4. 14 Grafik CBR Soaked 10 Pukulan



Gambar 4. 15 Grafik Variasi CBR Soaked 35 Pukulan



Gambar 4. 16 Grafik CBR Soaked 65 Pukulan



Gambar 4. 17 Grafik Variasi CBR Unsoaked

65 Pukulan Pemeriksaan test *CBR* dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan perendaman dan tanpa perendaman. *CBR* dengan perendaman diujikan selama 4 hari dengan memeriksa perkembangan bacaan *CBR* setiap harinya sesuai dengan waktu pertama kalinya benda uji direndam. Berdasarkan data yang didapat dari pengujian test *CBR* laboratorium Universitas Bung Hatta nilai *CBR* yang diperoleh semakin banyak pukulan semakin besar nilai *CBR*. Baik itu *CBR soaked* maupun *Unsoaked*. Pada penelitian ini, *CBR Soaked* mengalami kenaikan yang cukup banyak dibandingkan *CBR Unsoaked*. Bahkan hasil dari *CBR* rendaman tersebut jauh lebih besar dari pada yang tidak direndam. Perendaman dilakukan selama 4 hari dan dilakukan pembacaan setiap harinya. Dengan adanya kapur sebagai pengisi yang dapat mesntabilkan *RAP*, bahan tambah ini telah berguna dengan dibuktikannya pada test *CBR* tersebut. Semakin banyak kapur yang ditambahkan, maka semakin besar pula hasil yang didapatkan.