

Kajian Tingkat Degradasi Pada Pelaksanaan Konstruksi Jalan Beraspal

Atri Ranindita¹⁾

Sasana Putra²⁾

I Wayan Diana³⁾

Abstract

One causes of construction failure on flexible pavement is changed composition of the aggregate gradation in asphalt mixture of the plan due to mechanical or non-mechanical process. Aggregates can occur degradation, ie gradation changes due to aggregate breakage of grains. Aggregate degradation can be caused by both mechanical and chemical processes. The decrease in quality occurring in the asphalt mixture is thought to be due to the aggregate gradation change in the asphalt mixture. To find this out, a study on the degradation level of flexible pavement construction is conducted, from Asphalt Mixing Plant to overlay location. Used mixture are Asphalt Concrete-Wearing Course produced by PT. Manggung Polah Raya for location on Sultan Agung Street, Bandar Lampung, Lampung and PT. Rindang Tigasatu Pratama for location on Teuku Cik Ditiro Street, Bandar Lampung, Lampung. Test of samples performed are extraction test and sieves analysis test. From the research result, it is founded that there is degradation during transport of asphalt mixture from Asphalt Mixing Plant to the location. Average degradation percent of location I, location II and location III PT. Manggung Polah Raya and PT. Rindang Tigasatu Pratama is %CA decreased by 5.17%, %FA increased by 3.67% and %filler increased 1.50%. Factors affecting degradation are due to work execution, specific gravity of aggregate and time of transport.

Keywords: Road Pavement, Asphalt Concrete, Degradation.

Abstrak

Salah satu penyebab kegagalan konstruksi pada perkerasan jalan aspal adalah berubahnya komposisi pada gradasi campuran aspal dari rencana akibat proses mekanis atau non mekanis. Agregat dapat mengalami degradasi yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Degradasi agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis maupun kimiawi. Penurunan kualitas yang terjadi pada campuran aspal diduga diakibatkan oleh berubahnya gradasi agregat pada campuran aspal. Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan kajian tentang tingkat degradasi pada pelaksanaan konstruksi jalan beraspal dari Asphalt Mixing Plant sampai lokasi penghamparan. Campuran yang digunakan adalah tipe campuran laston lapisan aus atau Asphalt Concrete-Wearing Course produksi Asphalt Mixing Plant PT. Manggung Polah Raya untuk lokasi pekerjaan di Jalan Sultan Agung, Bandar Lampung, Lampung dan PT. Rindang Tigasatu Pratama untuk lokasi pekerjaan Jalan Teuku Cik Ditiro, Bandar Lampung, Lampung. Pengujian sampel yang dilakukan adalah uji ekstraksi dan uji analisa saringan. Dari hasil penelitian didapat bahwa terjadi degradasi selama pengangkutan campuran aspal dari Asphalt Mixing Plant menuju lokasi penghamparan. Rata-rata persen degradasi lokasi I, lokasi II dan lokasi III PT. Manggung Polah Raya dan PT. Rindang Tigasatu Pratama adalah %CA berkurang sebesar 5,17%, %FA bertambah sebesar 3,67% dan %filler bertambah 1,50%. Faktor yang mempengaruhi degradasi diantaranya akibat pelaksanaan pekerjaan, berat jenis agregat dan waktu tempuh.

Kata Kunci: Perkerasan Jalan, Laston, Degradasi.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: atriranindita@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: sasana69@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. Surel: iwayandn@gmail.com

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Agregat sangat berperan penting dalam pembentukan lapisan perkerasan, dimana kualitas perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh agregat. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan jenis campuran aspal.

Salah satu penyebab kegagalan konstruksi pada perkerasan jalan aspal adalah berubahnya komposisi dari gradasi campuran aspal sesuai ketentuan. Agregat dapat mengalami degradasi yaitu perubahan gradasi, salah satunya akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis maupun kimiawi. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut (Sukirman, 2016).

Penurunan kualitas yang terjadi pada campuran aspal diduga diakibatkan oleh berubahnya gradasi agregat pada campuran aspal. Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan kajian tentang tingkat degradasi pada pelaksanaan konstruksi jalan beraspal.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa besar tingkat degradasi campuran aspal yang terjadi saat campuran aspal dibawa dari *Asphalt Mixing Plant* menuju lokasi proyek dengan membandingkan *Job Mix Formula* yang didapat dari *Asphalt Mixing Plant* dan hasil dari uji yang dilakukan di Laboratorium.

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat atau persentase degradasi agregat campuran aspal yang terjadi selama proses pelaksanaan konstruksi jalan aspal.
2. Menganalisis tingkat degradasi terhadap spesifikasi teknis.
3. Menganalisis usaha untuk meminimalisir tingkat degradasi agar tetap dalam rentang spesifikasi.

D. Batasan Masalah

1. Bahan yang akan diuji adalah campuran aspal yang baru saja dibuat di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) yang siap diangkut menuju lokasi proyek dan campuran aspal yang akan dihampar pada lokasi proyek.
2. Tipe campuran yang digunakan adalah laston lapisan aus atau *Asphalt Concrete-Wearing Coarse*.
3. Pengujian yang dilakukan adalah ekstraksi sentrifugal dan analisa saringan.
4. Data yang dibandingkan adalah hasil JMF (*Job Mix Formula*) dengan hasil produksi AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dan campuran aspal di lokasi penghamparan yang siap untuk dihampar.

E. Manfaat Penelitian

Dapat memberikan informasi tentang tingkat degradasi campuran aspal yang terjadi selama proses pelaksanaan konstruksi jalan aspal dan diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan tentang pentingnya pengaruh kualitas perkerasan terhadap perubahan degradasi agregat campuran aspal panas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lapis Aspal Beton

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan (Sukirman, 2016).

B. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat yang sesuai dengan ukurannya. Gradasi sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Dengan melakukan pengujian analisis saringan, dapat diperoleh ukuran butir agregat.

C. Degradasi Agregat

Perubahan ukuran butiran dan susunan campuran agregat akibat proses mekanis atau non mekanis disebut degradasi. Efek yang ditimbulkan akibat degradasi diantaranya yaitu berkurangnya sifat saling mengunci antar butiran agregat dan perubahan persen atau proporsi fraksi kasar, halus, dan *filler* pada campuran aspal.

D. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang dapat melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut. Pada kajian ini dilakukan ekstraksi dengan cara sentrifugal.

E. Uji Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)

Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui uji analisa saringan menggunakan satu set saringan yang terdiri dari ayakan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2 inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 dan No. 200.

F. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dijadikan acuan atau literatur untuk penyusunan skripsi yang berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. Soehardi, Wiyono dan Wanim (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan kadar aspal, kadar pori dan *filler* sebelum dan sesudah ekstraksi, pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) sesuai dengan spesifikasi 2010 revisi 2.
2. Kuity dan Das (2014) melakukan penelitian tentang gradasi campuran aspal yang sudah dipadatkan dilihat menggunakan metode pencitraan (*imaging technique*).
3. Muis dan Nasution (2014) menggunakan metode sentrifugal dan refluks untuk pemeriksaan kadar aspal pada campuran *hotmix*.

4. Karisma (2014) melakukan studi terhadap dua metode pengujian ekstraksi yaitu refluks dan sentrifugal dan membandingkan hasil ekstraksi aspal antara dua metode tersebut.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *Asphalt Mixing Plant*, lokasi proyek dan Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. Sampel diperoleh dari 2 *Asphalt Mixing Plant* dan 2 lokasi pekerjaan yang berbeda, diantaranya:

1. PT. Manggung Polah Raya
Lokasi Pekerjaan: Jalan Sultan Agung, Bandar Lampung, Lampung.
2. PT. Rindang Tigasatu Pratama
Lokasi Pekerjaan: Jalan Teuku Cik Ditiro, Bandar Lampung, Lampung.

B. Bahan

Bahan berupa laston lapisan aus atau *Asphalt Concrete-Wearing Coarse*.

C. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Alat Uji Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)
Satu set saringan (*Sieve Analysis*), timbangan dengan ketelitian 0,1 kg dan baskom.
2. Alat Ekstraksi
Alat ekstraksi sentrifus yang dilengkapi cawan dengan kecepatan putaran bervariasi hingga 3600 rpm

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan
Studi pustaka, persiapan bahan material dan persiapan alat yang digunakan.
2. Proses Pengambilan Sampel
Sampel berupa campuran aspal panas yang telah ditumbuk 75x2 di lokasi sebanyak 24 sampel. Sampel diambil 4 titik di setiap lokasi, yaitu pada *Asphalt Mixing Plant* dan 3 titik pengambilan pada lokasi penghamparan yaitu setiap 200 meter per titik. Pada setiap titik diambil 3 sampel pada 2 pekerjaan di lokasi dan *Asphalt Mixing Plant* yang berbeda.
3. Pengujian ekstraksi menggunakan alat *centrifuge extractor* dan uji analisis saringan (*Sieve Analysis Test*)
4. Metode Perhitungan
 - a. Menghitung kadar aspal, digunakan rumus:

$$B = \frac{(W1 - W2) - (W3 + W4)}{W1 - W2} \times 100\% \quad (1)$$

- B = Kadar aspal (%)
W1 = Berat contoh (gram)
W2 = Berat air dalam contoh (gram)
W3 = Berat agregat dalam contoh (gram)
W4 = Berat mineral dalam larutan beraspal (dihitung dari berat mineral)

- b. Menghitung persentase berat agregat yang tertahan pada ayakan

$$\%Berat Agregat = \frac{Berat Agregat Tertahan Ayakan}{Berat Total Agregat} \times 100\% \quad (2)$$

- c. Menghitung persentase lolos dari ayakan

$$\%Lolos = 100\% - \%Berat Agregat \quad (3)$$

5. Metode Analisa

Digunakan metode analisa perbandingan atau komparasi. Data yang dibandingkan adalah sampel ekstraksi dengan data *Job Mix Formula* dan sampel *Asphalt Mixing Plant* dengan sampel lokasi proyek.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Tingkat Degradasi

Dari hasil ekstraksi dan uji analisa saringan, dilakukan rata – rata fraksi kasar, halus dan *filler* pada sampel AMP dan lokasi PT. Manggung Polah Raya dan PT. Rindang Tigasatu Pratama. Perubahan antara data yang diperoleh dari JMF dengan gradasi sampel AMP didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Perubahan Gradasi JMF dan Sampel AMP.

AMP	%CA	%FA	% <i>filler</i>
PT. Manggung Polah Raya	8,18	-8,18	0,00
PT. Rindang Tigasatu Pratama	4,21	-2,48	-1,73
Rata - Rata	6,19	-5,33	-0,86

Nilai negatif menunjukkan terjadinya pengurangan proporsi agregat dan nilai positif menunjukkan terjadinya penambahan proporsi agregat. Faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan gradasi pada unit *Asphalt Mixing Plant*, antara lain:

1. Pada tempat penyimpanan/penimbunan bahan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler yang tidak memenuhi persyaratan.
2. Terjadi kesalahan pada unit *Cold Bin Asphalt Mixing Plant* terutama pada bukaan pintunya.

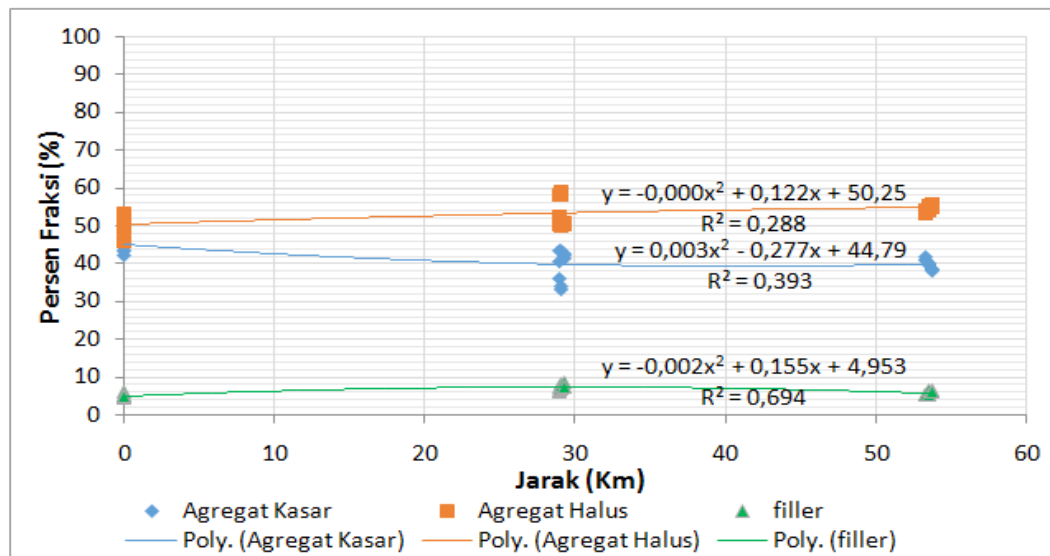
3. Tidak dilakukan percobaan pencampuran di unit *Asphalt Mixing Plant*, sehingga gradasi campuran sampel AMP berbeda dengan gradasi *Job Mix Formula* yang direncanakan.
4. Tidak dilakukan kalibrasi hasil formula rancangan campuran ke *Asphalt Mixing Plant* yang digunakan.
5. Agregat yang digunakan merupakan campuran dari agregat yang diperoleh dari tempat yang berbeda.
6. Kurangnya *quality control* saat pencampuran di unit *Asphalt Mixing Plant* dan selama proses pelaksanaan pekerjaan.

Pada saat pengangkutan campuran aspal dari *Asphalt Mixing Plant* menuju lokasi pekerjaan telah terjadi degradasi pada fraksi kasar, halus, dan filler. Perubahan yang terjadi ditabelkan dan didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Perubahan Gradasi Sampel AMP dan Sampel Lokasi.

AMP	Lokasi I			Lokasi II			Lokasi III		
	%CA	%FA	%filler	%CA	%FA	%filler	%CA	%FA	%filler
PT. Manggung Polah Raya	-6,72	5,37	1,35	-9,89	7,47	2,43	-4,66	2,19	2,48
PT. Rindang Tigasatu Pratama	-1,78	1,42	0,37	-3,32	2,48	0,84	-4,62	3,12	1,50
Rata - Rata	-4,25	3,39	0,86	-6,61	4,97	1,64	-4,64	2,65	1,99

Rata-rata perubahan gradasi dari Lokasi I, Lokasi II dan Lokasi III adalah *CA%* berkurang sebesar 5,17%, *FA%* bertambah sebesar 3,67% dan *filler* bertambah 1,50%. Dari hasil yang diperoleh, semua sampel menunjukkan bahwa *%CA* mengalami pengurangan, *%FA* dan *%filler* mengalami penambahan. Faktor lain yang menyebabkan degradasi agregat adalah jarak tempuh dari *Asphalt Mixing Plant* menuju lokasi penghamparan. Berikut grafik hubungan antara jarak tempuh dan degradasi agregat.



Gambar 1. Hubungan Antara Jarak dan Degradasi Agregat.

Dari grafik didapat model regresi polinomial yang diuraikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Polinomial Hubungan Antara Jarak dan Degradasi Agregat.

Fraksi	y	R ²
Agregat Kasar	$0,003x^2 - 0,277x + 44,79$	0,393
Agregat Halus	$-0,000x^2 + 0,122x + 50,25$	0,288
Filler	$-0,002x^2 + 0,155x + 4,953$	0,694

R² atau *R squared* disebut koefisien determinasi, yaitu pengaruh yang diberikan variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y). Pada grafik, x adalah jarak tempuh dan y adalah persen degradasi agregat. Dari hasil yang diperoleh, nilai R² *filler* lebih besar dibandingkan dengan agregat kasar dan agregat halus yaitu sebesar 0,694 yang diartikan x berpengaruh pada y sebesar 69,4%. Sedangkan sisanya yaitu 100% - 69,4% = 30,6% dipengaruhi oleh variabel lain di luar model regresi, begitupun dengan nilai R² agregat kasar dan agregat halus. Karena nilai R² *filler* lebih besar dibandingkan nilai R² agregat kasar dan agregat halus, maka persen *filler* lebih rentan untuk berubah. Hipotesa yang menyebabkan terjadinya perubahan gradasi pada sampel yang diperoleh dari lokasi penghamparan, antara lain:

1. Pada saat proses pengangkutan campuran aspal menuju lokasi penghamparan mengalami segregasi.
2. Selama proses pengangkutan juga terjadi degradasi, karena berat dan lamanya campuran yang dibawa dapat menyebabkan degradasi pada agregat.

3. Perubahan gradasi pada sampel lokasi disebabkan oleh degradasi agregat. Agregat menjadi semakin halus akibat pelaksanaan pekerjaan mulai dari proses keluarnya campuran aspal dari *dump truck* ke *asphalt finisher*.
4. Pengambilan sampel yang tidak mewakili keseluruhan campuran aspal dapat mempengaruhi hasil gradasi agregat.

Salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi agregat adalah berat jenis agregat. Berikut data berat jenis agregat yang diperoleh:

Tabel 4. Berat Jenis Agregat PT. Manggung Polah Raya.

	<i>Hot Bin I (max size 4,75 mm)</i>	<i>Hot Bin II (max size 12,5 mm)</i>	<i>Hot Bin III (max size 19 mm)</i>
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,552	2,570	2,589
<i>SSD Basic Specific Gravity</i>	2,61	2,608	2,623

Sumber: *Job Mix Formula PT. Manggung Polah Raya*

Tabel 5. Berat Jenis Agregat PT. Rindang Tigasatu Pratama.

	<i>Hot Bin I (max size 4,75 mm)</i>	<i>Hot Bin II (max size 9,5 mm)</i>	<i>Hot Bin III (max size 12,5 mm)</i>	<i>Hot Bin IV (max size 19 mm)</i>
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,528	2,634	2,620	2,604
<i>SSD Basic Specific Gravity</i>	2,551	2,673	2,658	2,628

Sumber: *Job Mix Formula PT. Rindang Tigasatu Pratama*

Berat jenis agregat kasar pada *hot bin III* dan *hot bin IV* PT. Rindang Tigasatu Pratama lebih besar dibandingkan dengan berat jenis agregat kasar pada *hot bin II* dan *hot bin III* PT. Manggung Polah Raya. Semakin besar berat jenis agregat maka agregat semakin kuat untuk mempertahankan bentuknya yang mana menjadikan tingkat degradasi pada sampel PT. Rindang Tigasatu Pratama lebih kecil dibandingkan dengan tingkat degradasi sampel PT. Manggung Polah Raya. *Asphalt Mixing Plant* PT. Manggung Polah Raya menggunakan 3 *Hot Bin* sedangkan *Asphalt Mixing Plant* PT. Rindang Tigasatu Pratama menggunakan 4 *Hot Bin*, hal ini dapat mempengaruhi campuran gradasi agregat. Pada tabel 1 dan tabel 2, perubahan gradasi sampel PT. Manggung Polah Raya lebih besar dibandingkan dengan PT. Rindang Tigasatu Pratama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Degradasi yang terjadi pada *Asphalt Mixing Plant* dan sampel lokasi PT. Manggung Polah Raya didapat %CA sampel lokasi I berkurang 6,72%, %FA bertambah 5,37% dan %filler bertambah 1,35%. Sampel lokasi II %CA berkurang 9,89%, %FA bertambah 7,47% dan %filler bertambah 2,43%. Sampel lokasi III %CA berkurang 4,66%, %FA bertambah 2,19% dan %filler bertambah 2,48%.

2. Degradasi yang terjadi pada *Asphalt Mixing Plant* dan sampel lokasi PT. Rindang Tigasatu Pratama didapat %CA sampel lokasi I berkurang 1,78%, %FA bertambah 1,42% dan %filler bertambah 0,37%. Sampel lokasi II %CA berkurang 3,32%, %FA bertambah 2,48% dan %filler bertambah 0,84%. Sampel lokasi III %CA berkurang 4,62%, %FA bertambah 3,12% dan %filler bertambah 1,50%.
3. Rata-rata perubahan gradasi pada lokasi I, lokasi II dan lokasi III PT. Manggung Polah Raya dan PT. Rindang Tigasatu Pratama adalah %CA berkurang sebesar 5,17%, %FA bertambah sebesar 3,67% dan %filler bertambah 1,50%. Sampel *Asphalt Mixing Plant*, lokasi I, lokasi II dan lokasi III mengalami perubahan proporsi agregat tetapi masih berada di dalam batas atas dan batas bawah spesifikasi.
4. Dari sampel PT. Manggung Polah Raya dan PT. Rindang Tigasatu Pratama didapat tingkat degradasi terbesar pada sampel PT. Manggung Polah Raya. Berat jenis agregat kasar pada sampel PT. Manggung Polah Raya lebih kecil dibandingkan sampel PT. Rindang Tigasatu Pratama dan hanya digunakan 3 *Hot Bin* pada PT. Manggung Polah Raya.

B. Saran

1. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut tentang kajian tingkat degradasi menggunakan data benda uji *core drill* yang diambil di lapangan dan perlu dikaji tingkat degradasi agregat terhadap indeks kepipihan dan kelonjongan dari agregat juga disarankan untuk penelitian selanjutnya agar sampel *Asphalt Mixing Plant* tidak perlu ditumbuk.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan jarak yang lebih bervariasi agar data lebih akurat.
3. Diharapkan adanya *quality control* pada tempat penyimpanan (*stock pile*) agar fraksi-fraksi agregat tidak saling tercampur seperti memberikan papan pemisah yang cukup kuat, panjang dan tinggi, jika perlu diberi atap agar agregat terlindungi dari perubahan cuaca.
4. Sebelum dilaksanakan pekerjaan jalan beraspal, perlu adanya kalibrasi hasil formula campuran ke *Asphalt Mixing Plant* yang digunakan dan percobaan pencampuran di unit *Asphalt Mixing Plant* dan melakukan percobaan pemadatan di lapangan, sehingga gradasi campuran tidak jauh menyimpang dengan gradasi *Job Mix Formula* yang direncanakan.
5. Diharapkan dapat meminimalisir kesalahan (*human error*) semua tenaga pekerja mulai dari tenaga mekanik, operator alat dan tenaga pembantunya. Semua *Asphalt Mixing Plant* diwajibkan memenuhi syarat operasional.

DAFTAR PUSTAKA

Karisma, Candra, 2014, *Evaluasi Hasil Pengujian Ekstraksi Menggunakan Metode Sentrifugal Dan Refluk Pada Campuran AC-WC*, Jurnal ilmiah teknik sipil Universitas Jember.

Kuity, Ambika dan Das, Animesh, 2014, *Study On Aggregate Size Distribution In Asphalt Mix Using Images Obtained By Different Imaging Techniques*, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur.

Muis, Zulkarnain A. dan Nasution, Samruddin, 2014, *Studi Perbandingan Pemeriksaan Kadar Aspal Dengan Menggunakan Sentrifuge Dan Refluks Ekstraktor*, Jurnal ilmiah teknik sipil Universitas Sumatera Utara.

Soehardi, Fitridawati, Wiyono, Sugeng dan Wanim, Arhan, 2015, *Kajian Perbandingan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Campuran AC-WC Gradasi Kasar Dengan Cairan Ekstraksi Menggunakan Bensin*, Jurnal ilmiah teknik sipil Universitas Lancang Kuning.

Sukirman, Silvia, 2016, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta: Granit.