

PERBANDINGAN ORIENTASI AGREGAT CAMPURAN ASPAL YANG DIPADATKAN MENGGUNAKAN ALAT PEMADAT RODA GILAS (APRG) DAN MARSHALL HAMMER

Ade Suprayitno¹, Sri Sunarjono², Muslich Hartadi Sutanto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Email: ssunarjono@gmail.com

Abstrak

Pemadat yang baik adalah apabila alat tersebut mampu mendistribusikan beban secara merata. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari orientasi agregat dan distribusi void campuran yang dipadatkan menggunakan alat APRG (Alat Pemadat Roda Gilas) dan Marshall Hammer. Pada penelitian orientasi agregat benda uji dipotong secara vertikal dan horizontal untuk melihat pergerakan agregat. Pengamatan orientasi agregat dibantu dengan menggunakan indikator batu sintesis yang diletakan pada campuran aspal. Pada penelitian distribusi void, benda uji dibiarkan dalam keadaan utuh dan atau dipotong menjadi tiga bagian. Jumlah lintasan 45 kali menggunakan APRG menghasilkan kepadatan yang ekuivalen dengan 2x75 tumbukan menggunakan Marshall hammer. Pada benda uji yang dipotong secara horizontal dan vertical, pergerakan agregat pada alat pemadat APRG lebih signifikan dibandingkan menggunakan Marshall Hammer. Pergerakan agregat pada Marshall hammer diketahui cenderung ke arah samping. Namun demikian berdasarkan pengamatan distribusi void campuran, benda uji Marshall hammer diketahui lebih padat dan distribusi voidnya lebih homogen bila dibandingkan dengan benda uji APRG.

Kata kunci : Orientasi agregat, distribusi void, alat pemadat, roda gilass, Marshall hammer.

Pendahuluan

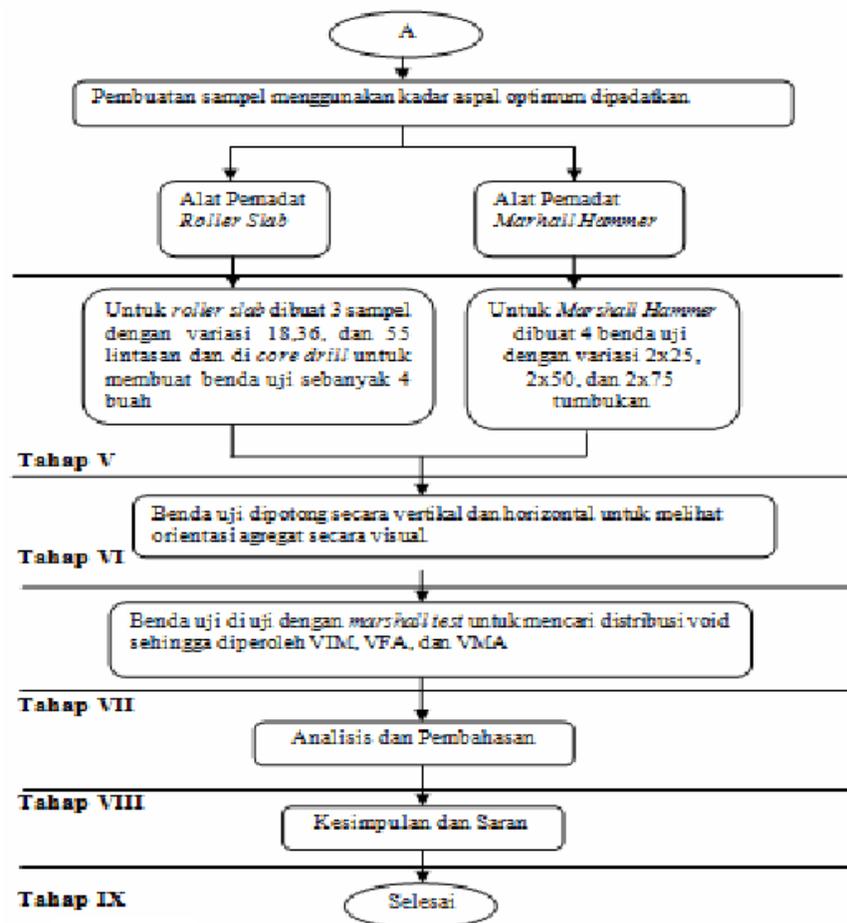
Aspek pemadatan dalam pekerjaan konstruksi jalan sangat penting karena sangat berpengaruh penting terhadap produk yang dihasilkan. Suatu alat pemadat dapat dikatakan baik apabila alat tersebut dapat mendistribusikan beban secara merata baik dengan memberikan beban secara digilas maupun secara vertikal. Hal ini dapat dilihat dari campuran aspal yang dipadatkan dapat menghasilkan distribusi void dan orientasi agregat secara baik. Pada kenyataan di lapangan proses pemadatan campuran aspal khususnya pemadatan beton aspal (*Asphalt Concrete*) dengan menggunakan alat *tandem roller* dan *pneumatic tire roller* dengan cara digilas dengan tingkat daya kekang (*Constraint*) yang kecil, lain halnya dengan *Marshall Hammer* yang bekerja secara vertikal dan memiliki daya kekang (*Constraint*) yang besar. Dalam usahanya untuk mendapatkan hasil yang mendekati di lapangan, belum lama ini tim laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta membuat alat baru yang bernama Alat Pemadat Roda Gilas (APRG). Alat ini mempunyai sistem pemadatan yang hampir sama dengan *tandem roller* dan *pneumatic tire roller* yaitu dengan memberikan beban gilass pada saat pemadatan.

Terkait masalah pemadatan, orientasi agregat dan distribusi void hasil pemadatan APRG perlu diketahui, dan dibandingkan dengan hasil pemadatan Marshall hammer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih detail dan lebih lanjut tentang orientasi agregat dan distribusi void yang dipadatkan menggunakan alat pemadat roda gilass dan Marshall Hammer. Adapun benda uji yang dipadatkan menggunakan Marshall Hammer akan dipotong secara Horizontal dan vertikal, begitupula dengan benda uji yang dipadatkan menggunakan Alat Pemadat Roda Gilas yang sebelumnya dilakukan proses pengambilan sampel dengan cara *Core Drill*. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui secara visual benda uji untuk melihat pergerakan orientasi agregat.

Scarpas & Al-Qadi (2007) meneliti distribusi void pada campuran HMA yang dipadatkan dengan empat alat pemadat yaitu Marshall hammer (35, 50, dan 75 pukulan), *Kneading Compactor* (2,7 dan 3,4 Mpa tekanan pemadatan), *gyratory Superpave* (1,25 ° sudut rotasi), *Gyratory* yang sudah dimodifikasi (1,25 °, dan 6,0 ° sudut rotasi). Hasil dari studi ini adalah sebagai berikut: (1) Nilai *air void*, *VM* dan luas rata-rata (distribusi) yang lebih tinggi terletak pada bagian tengah spesimen HMA dibandingkan dengan bagian yang dekat dengan permukaan. Hal ini berlaku untuk semua kasus tanpa mengabaikan metode pemadatan dan gradasi agregat yang digunakan dalam menyusun HMA specimen; (2) Metode Pemadatan laboratorium yang terbaik mensimulasikan pemadatan yang dilakukan di lapangan. Hal itu dipengaruhi oleh gradasi agregat dan parameter yang dievaluasi (besarnya nilai *Air Void*, distribusi void, besarnya *VMA*, dan nilai *VMA* rata-rata).

Tashman et al (2002), Shashidar (1999), Masad et al (1999, 2004), Yue et al (1995) menyelidiki orientasi agregat menggunakan teknologi analisis citra yang relatif baru. Dengan menggunakan kamera digital (QImaging Evolution MP kamera 12 bit digital) dan software ProPlus. Hasil dari studi ini adalah sebagai berikut : (1) Spesimen yang dipadatkan menggunakan *gyratory* dan *vibrator* menunjukkan orientasi partikel melingkar. Ini diperkirakan penyebab utamanya oleh efek kekangan dari *mold*. Spesimen yang dipadatkan oleh *slab* menunjukkan orientasi partikel yang lebih kecil; (2) Agregat yang diamati pada potongan vertikal dari sampel yang dipadatkan dengan *gyratory*, *vibrator*, dan *slab* menunjukkan orientasi condong arah horizontal. Aplikasi dari pemberian getaran pada spesimen yang dipadatkan oleh *slab* meningkatkan derajat partikel arah horizontal pada bidang tegak; (3) Pemadatan *gyratory* (dan mungkin pemadatan *vibrator*) membuat spesimen mempunyai rongga udara yang lebih besar pada bagian pinggir dan rongga udara yang lebih rendah pada bagian tengah. Bagian tengah dari pemotongan mungkin mempunyai ketahanan yang lebih besar terhadap deformasi karena agregat lebih rapat. Sementara itu, Manfred et al (2007) melakukan penelitian untuk mempelajari pergerakan material dan perubahan struktural dalam spesimen selama pemadatan yang menggunakan *X-ray Computer Tomography* dan pin baja. Penggunaan pin baja pada penelitian tersebut karena pin baja dapat dengan mudah dideteksi oleh peralatan tomografi dan memiliki density yang lebih tinggi dengan demikian dapat menyerap lebih banyak radiasi, yaitu dengan cara menempatkan pin baja di penampang karakteristik dari spesimen Marshall sebelum pemadatan.

Metode Penelitian



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian Orientasi Agregat dan Distribusi Void

Pembahasan

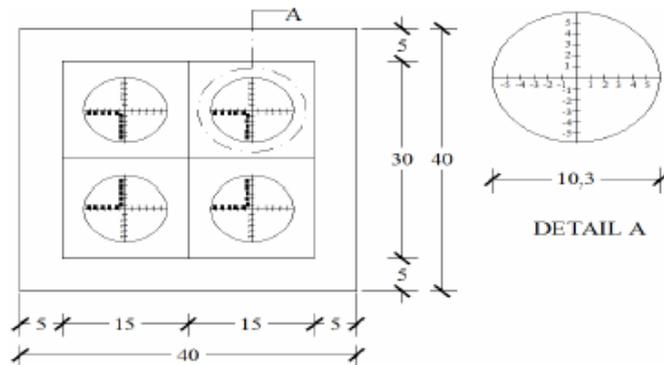
Trial kepadatan

Trial kepadatan dilaboratorium, bertujuan untuk mengetahui ekuivalen antara kepadatan *Marshall Hammer* dan Alat Pemadat Roda Gilas (APRS). Penelitian ini menggunakan kepadatan *Marshall Hammer* dengan jumlah tumbukan 2 x 75 didapatkan kepadatan (*density*) sebesar 2,19 gr/cm³. Nilai kepadatan ini digunakan untuk mengekuivalensikan kepadatan Alat Pemadat Roda Gilas (APRG). Pada Alat Pemadat Roda Gilas melakukan *trial* dengan beban 502 kg dengan variasi lintasan 55, 45, dan 36 diperoleh hasil yang sesuai dengan kepadatan *Marshall*

Hammer yaitu dengan menggunakan 45 lintasan. Lintasan tersebut dibagi menjadi 15,30, dan 45. Hal tersebut digunakan untuk penelitian orientasi agregat dan distribusi.

Prosedur pembacaan kaca koordinat untuk orientasi agregat.

Prosedur analisa menggunakan sarana kaca koordinat ini bertujuan untuk mempermudah dalam mengamati proses pergerakan agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan, baik menggunakan alat pemadat *Marshall Hammer* maupun Alat Pemadat Roda Gilas. Selain menggunakan kaca koordinat, proses analisa ini juga dibantu dengan menggunakan temperatur suhu digital. Hal ini dikarenakan temperatur suhu digital memiliki pointer suhu, yang mana pointer tersebut digunakan untuk mempresisikan batu sintesis ketika diletakkan pada campuran aspal yang belum dipadatkan.



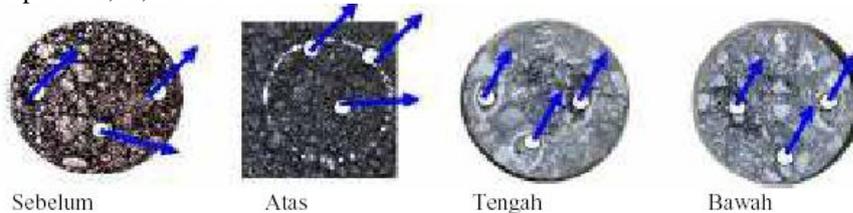
Gambar. 3 Desain kaca koordinat

Analisis orientasi agregat.

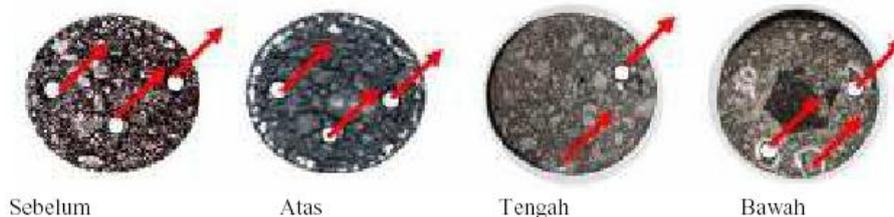
Pada proses observasi orientasi agregat, benda uji dipadatkan menggunakan alat pemadat dilaboratorium, akan dipotong melalui 2 sisi, yaitu pemotongan secara horizontal dan vertikal. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam pengamatan perubahan posisi batu sintesis akibat proses pemadatan. Pemotongan benda uji secara vertikal dilakukan searah dengan gerakan alat pemadat. Untuk mengetahui pergerakan batu, digunakan titik koordinat (x,y,z) yang berfungsi untuk mempermudah proses pembacaan.

1. Alat Pemadat Roda Gilas (APRG)

a. Orientasi Agregat pada 15,30, dan 45 lintasan.



Gambar 4. Posisi batu sintesis pada pemadatan APRS sesudah 15 lintasan

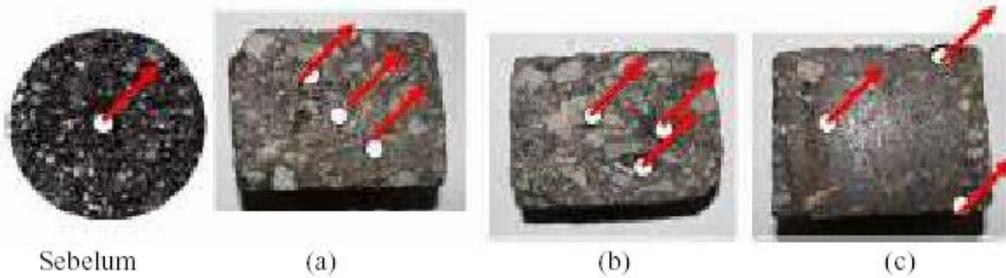


Gambar 5. Posisi batu sintesis pada pemadatan APRS sesudah 30 lintasan



Gambar 6. Posisi batu sintesis pada pemadatan APRS sesudah 45 lintasan.

b. Orientasi Agregat pada 30 lintasan potongan vertikal.



Gambar 7. Posisi batu sintesis pada benda uji potongan vertikal dengan pemadatan APRS, (kiri) sebelum, (kanan) sesudah 15(a), 30(b), dan 45 (c) lintasan.

Tabel 5 Orientasi agregat pada pengamatan secara horizontal

Lintasan	Potongan Horizontal dan koordinat								
	Atas			Tengah			Bawah		
	Batu 1	Batu 2	Batu 3	Batu 1	Batu 2	Batu3	Batu 1	Batu2	Batu3
Awal	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)
15	(0,5; 0,5)	(2 ; 7)	(-3;7)	(-1;-3,5)	(-3,5;1)	(2 ; 1)	(0;-3,5)	(-2,5;0)	(2,5;0)
30	(-1 ; -2)	(4 ; 0)	(-4 ; 1)	(-2 ; -4)	(-4; -2)		(-0,5;-3,5)	(-1,5;-3,5)	(3,5;1)
45	(0,5;-0,5)	(3,5;3)	(-4,5;2)	(-1;-2,5)	-	(4;0,5)	(-1,5 ; -3)	-	(4 ; 2)

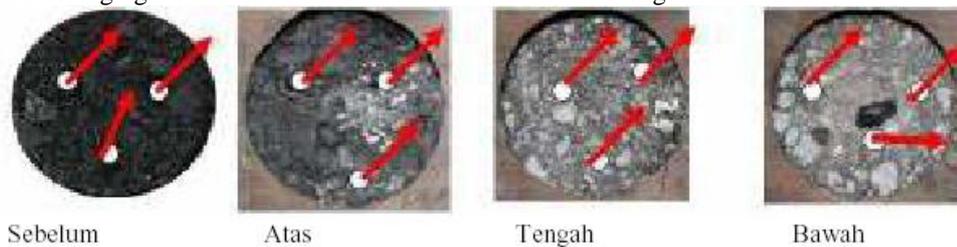
Catatan: Kolomkosong menandakan posisi batu sintesis hilang karena melewati batas titik koordinat yang sudah ditentukan.

Tabel 6. Orientasi agregat pada pengamatan secara vertikal

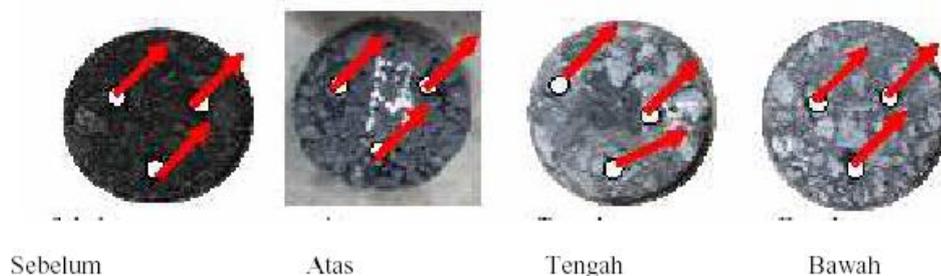
Lintasan	Potongan secara vertikal dan koordinat		
	Atas	Tengah	Bawah
Awal	(0 ; 7,5)	(0 ; 5)	(0 ; 2,5)
15	(-2,5 ; 5)	(0 ; 3,2)	(1,5 ; 1,3).
30	(-2,5 ; 5)	(2 ; 3,2)	(1 ; 1,8).
45	(3 ; 7)	(-3 ; 4,7)	(3 ; 0).

2. Alat Pemadat *Marshall Hammer*

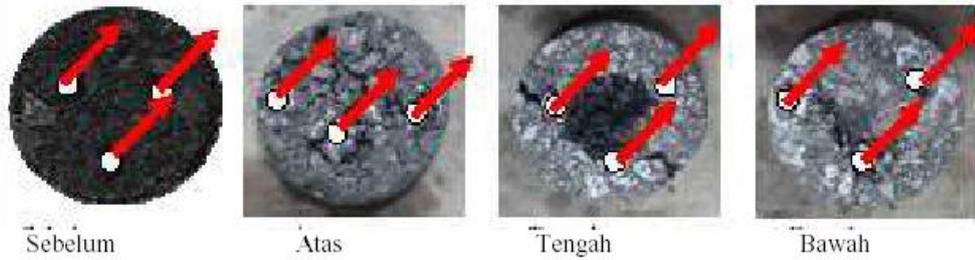
a. Orientasi Agregat Pada Alat Pemadat *Marshall Hammer* Potongan Horizontal.



Gambar 8. Posisi batu sintesis pada pemadatan *Marshall Hammer* tumbukan 2 x 25.



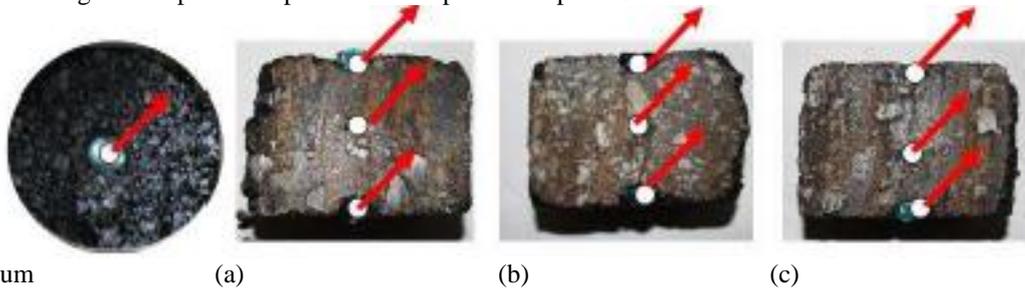
Gambar 9. Posisi batu sintesis pada pemadatan *Marshall Hammer* tumbukan 2 x 50.



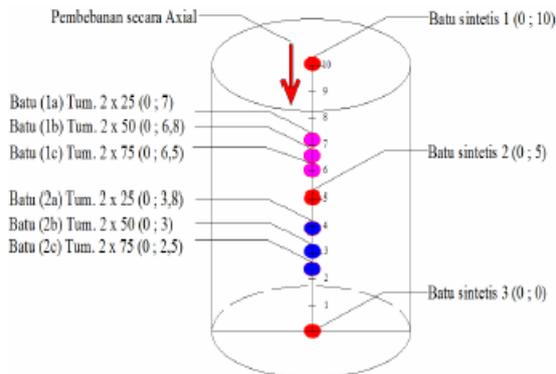
Gambar 10. Posisi batu sintesis pada pemadatan *Marshall Hammer* tumbukan 2 x 75.

b. Orientasi Agregat Pada Alat Pemadat *Marshall Hammer*potongan vertikal.

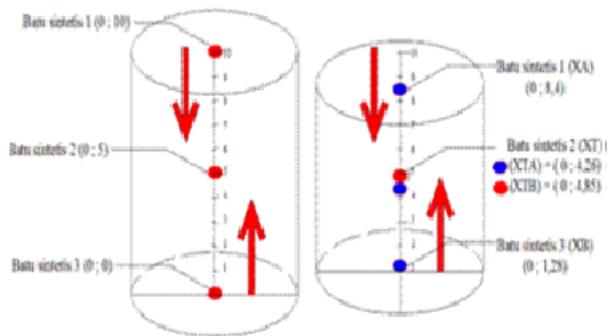
Pada penelitian secara vertikal bertujuan untuk mengetahui penurunan agregat setelah campuran dipadatkan menggunakan *Marshall Hammer*. Pada proses pembacaan dilakukan pendekatan agar sesuai dengan yang sesungguhnya. Pendekatan yang dilakukan dengan menggunakan data penunjang dari hasil perhitungan void pada setiap tumbukan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



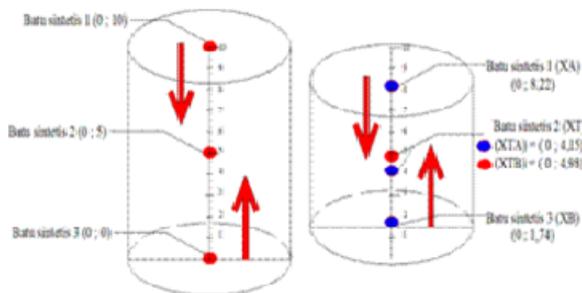
Gambar 11. Posisi batu sintesis pada pemadatan *Marshall Hammer*tumbukan2 x 75



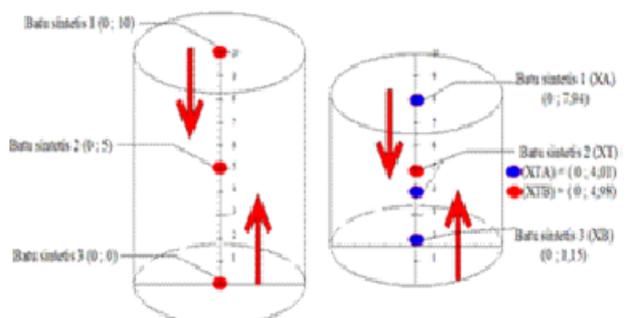
Gambar 12. Perubahan titik koordinat batu sintesis pada potongan vertikal akibat pemadatan *Marshall hammer* dengan tumbukan 2 x 25, 2 x 50,dan 2 x 75



Gambar 13. Simulasi pergerakan batu sintesis potongan vertikal pada Marshall Hammer sebelum sebelum (kiri), sesudah pemadatan (kanan) 2 x 25 tumbukan



Gambar 14. Simulasi pergerakan batu sintesis potongan vertikal pada Marshall Hammer sebelum sebelum (kiri), sesudah pemadatan (kanan) 2 x 50 tumbukan



Gambar 15. Simulasi pergerakan batu sintesis potongan vertikal pada Marshall Hammer sebelum sebelum (kiri), sesudah pemadatan (kanan) 2 x 75 tumbukan

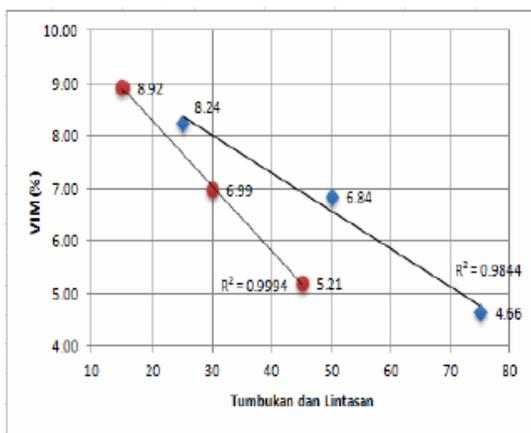
Untuk melihat orientasi agregat secara horizontal dapat dilihat pada Tabel V.7 sebagai berikut

Tumbukan	Potongan Horizontal dan koordinat								
	Atas			Tengah			Bawah		
	Batu 1	Batu 2	Batu 3	Batu 1	Batu 2	Batu3	Batu 1	Batu2	Batu3
Awal	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)	(0 ; -3)	(-3;0)	(3 ; 0)
2 x 25	(0;-0,4)	(-3,5; 1,5)	(3 ; 1)	(0;-2,5)	(-3; 0)	(2,5;0)	(0 ; -2)	(3 ; 0),	(2,5;0)
2 x 50	(0 ; -3)	(4;0,5)	(-3,5;-0,5)	(0;-2,5)	(-3,5;0)	(3,5;0)	(0 ; -3)	(-2,5 ; -0,5)	(3,5;0)
2 x 75	(0;-3,5)	(-3;-1)	(4 ; -1)	(0 ; -3)	(-3; 1)	(3,5;0)	(0;-3,5)	(-4;-1)	(3,5;0).

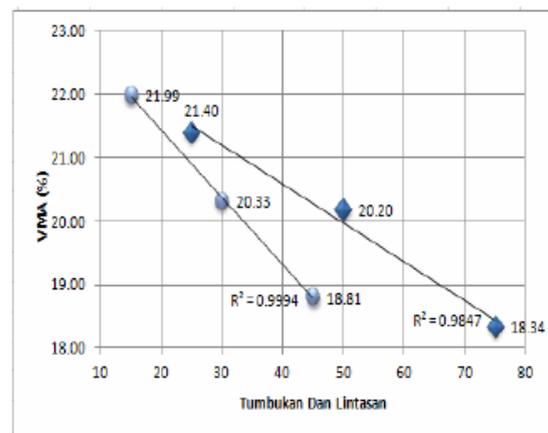
Analisis Distribusi Void.

Dalam penelitian ini benda uji dipotong menjadi 3 bagian untuk mengetahui kandungan void dalam benda uji yang telah dipadatkan menggunakan variasi lintasan dan tumbukan yang berbeda.

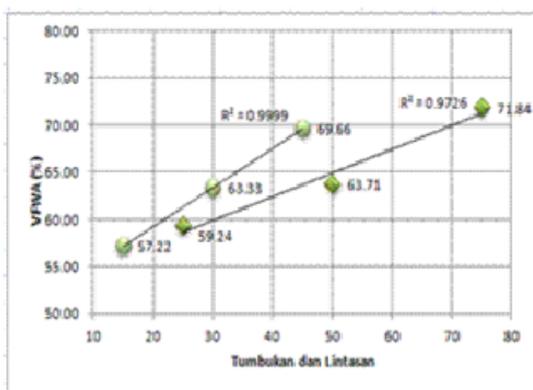
1. Benda uji dalam keadaan utuh



Gambar 16. Jumlah lintasan/tumbukan vs *VIM*

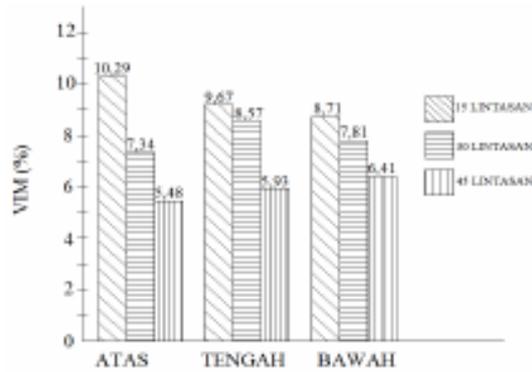


Gambar 17. Jumlah lintasan/tumbukan vs *VMA*.

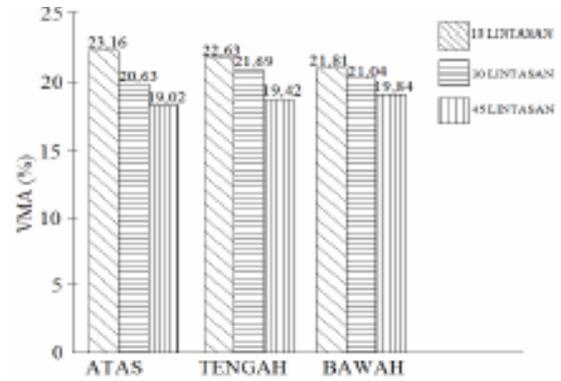


Gambar 18. Hubungan antara jumlah lintasan dan tumbukan dengan nilai *VFWA*

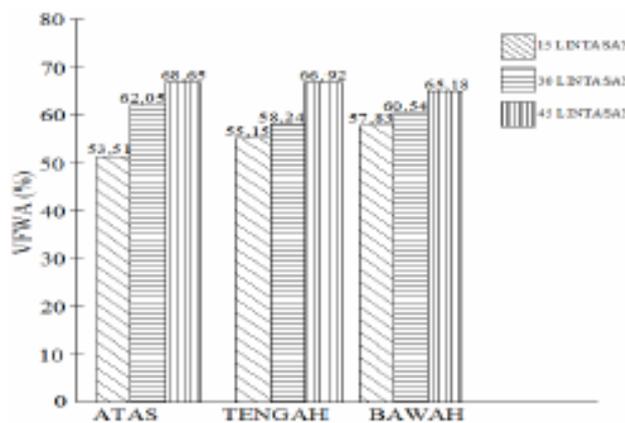
Benda uji dalam keadaan dipotong 3 bagian.
 a. Alat Pematik Roda Gilas (APRG).



Gambar 19. Hubungan antara bagian benda uji yang dipotong dengan nilai *VIM* yang dihasilkan Alat Pematik Roda Gilas (15, 30, dan 45 Lintasan).

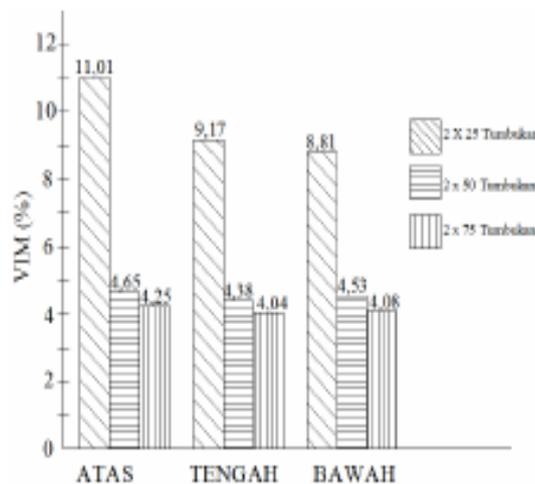


Gambar 20. Hubungan antara bagian benda uji dengan nilai *VMA* yang dihasilkan alat pematik Roda Gilas (15, 30, dan 45 Lintasan).

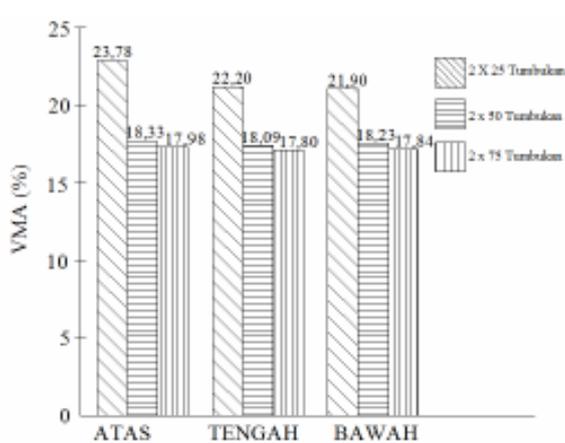


Gambar 21. Hubungan antara bagian benda uji dengan nilai *VFWA* yang dihasilkan Alat Pematik Roda Gilas (15, 30, dan 45 Lintasan).

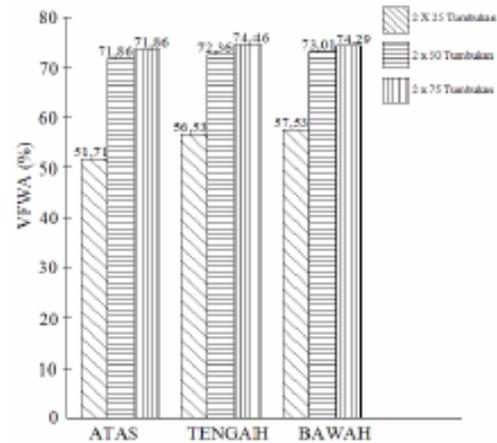
b. Alat Pematik Marshall Hammer.



Gambar 22. Hubungan antara bagian benda uji dengan nilai *VIM* yang dihasilkan alatpematad *Marshall Hammer* (2 x 25, 2 x 50, dan 2 x 75 Tumbukan).



Gambar 23. Hubungan antara bagian benda uji dengan nilai *VMA* yang dihasilkan alatpematad *Marshall Hammer* (2 x 25, 2 x 50, dan 2 x 75 Tumbukan)



Gambar 24. Hubungan antara bagian benda uji dengan nilai *VFWA* yang dihasilkan alatpematad *Marshall Hammer* (2 x 25, 2 x 50, dan 2 x 75 Tumbukan)

Hasil analisis Orientasi agregat dan Distribusi Void.

1. Orintasi Agregat
 - a. Pengamatan secara horizontal pada alat pematad APRS adalah ergerakan batu sintetis yang digunakan sebagai indikator pada bagian atas, mengalami pergerakan yang signifikan. Hal ini dikarenakan pada bagian atas terkena langsung gilasan roda baja secara horizontal. Pada bagian tengah dan bawah mengalami pergerakan juga, tapi tidak sesignifikan seperti halnya bagian atas, hal ini dikarenakan tidak terkena langsung oleh gilasan roda baja, hanya menerima penyalaluran rotasi tegangana dari bagian atas yang diterima dari roda gilas.
 - b. Pengamatan secara horizontal pada alat pematad *Marshall Hammer* adalah Pada alat pematad *Marshall Hammer* yang megalami pergerakan orientasi yang besar bukan hanya terjadi pada bagian atas, tapi pada bagian bawah juga. Hal ini dikarenakan proses pemadatan yang diberikan secara vertikal yaitu ditumbuk pada kedua sisinya.
 - c. Pengamatan secara vertikal pada alat pematad APRS dan *Marshall Hammer* adalah Pada alat pematad *Marshall Hammer* dapat terlihat dengan jelas penurunan agregatnya karena ditumbuk pada kedua sisinya. Pada alat pematad APRS juga penurunannya terlihat jelas, tetapi dapat dilihat pada gambar orientasi agregat banyak batu yang berbenturan antara batu di atas, tengah, dan bawah bahkan jaraknya bisa berdekatan.
 - d. Perbedaan alat pematad APRS dan alat pematad *Marshall Hammer* adalah Berdasarkan proses pemadatan dari kedua alat diatas, terdapat perbedaan yang mencolok. Pada alat pematad APRS bagian atas letak batu sintetis mengalami pergerakan yang signifikan dibandingkan bagian atas pada benda uji yang dipadatkan menggunakan alat pematad *Marshall Hammer*. Hal ini dikarenakan dorongan gaya horizontal dan gaya vertikal yang berasal dari gilasan roda baja, serta daya kekang antar agregat ketika dipadatkan menggunakan APRS lebih kecil dibandingkan pemadatan menggunakan *Marshall Hammer*. Pada bagian tengah dan bawah alat pematad APRS batu bergeser bahkan saling berbenturan karena mengikuti arah gerak gilasan roda, sehingga batu yang tempat awalnya di atas dapat mengisi ke bawah atau kesamping. Sedangkan pada bagian atas, tengah dan bawah yang dipadatkan menggunakan alat pematad *Marshall Hammer* mengalami pergerakan tapi tidak sesignifikan seperti alat pematad APRS. Hal ini dikarenakan prinsip kerja *Marshall Hammer* statis, yaitu dengan memberi beban terus menerus dengan cara ditumbuk pada kedua sisinya dengan arah vertikal. Dapat disimpulkan bahwa pada alat pematad APRS, agregat dapat bergerak dengan bebas ke seluruh arah sampai pemadatan berakhir. Pada alat pematad *Marshall Hammer* batu tidak dapat bergerak bebas karena terjadinya tumbukan sehingga hanya menghasilkan penurunan saja.
2. Distribusi Void
 - a. Benda uji dalam keadaan utuh

Hasil dari penelitian dalam keadaan utuh alat pemadat APRS pada lintasan awal yaitu 15 lintasan menghasilkan VIM 8,92 % sedangkan alat pemadat *Marshall Hammer* untuk 2 x 25 tumbukan menghasilkan 8,24 %. Pada 30 lintasan alat pemadat APRS menghasilkan VIM 6,89 % dan alat pemadat *Marshall Hammer* 2 x 50 tumbukan menghasilkan VIM 6,84 %. Pada lintasan yang terakhir yaitu 45 lintasan alat pemadat APRS menghasilkan VIM 5,27% dan alat pemadat *Marshall Hammer* 2 x 75 tumbukan menghasilkan VIM 4,66 %. Berdasarkan hasil penelitian dalam keadaan utuh alat pemadat *Marshall Hammer* lebih merata dalam mendistribusikan agregat. Namun pada dasarnya alat pemadat yang bekerja secara dinamis harus lebih padat daripada alat yang bekerja secara statis. Hal ini dikarenakan proses pemadatan yang dilakukan dengan alat pemadat *Marshall Hammer* memberikan beban kepada kedua sisinya sehingga campuran aspal panas dapat merata mengisi rongga-rongga yang kosong, dan hal ini tidak terjadi pada alat pemadat APRS.

b. Benda uji dipotong menjadi 3 bagian

Hasil pada penelitian pada alat pemadat alat pemadat APRS pada lintasan awal yaitu 15 lintasan menghasilkan VIM bagian atas 10,29 %, bagian tengah 9,67 %, dan bagian bawah 8,71 % sedangkan alat pemadat *Marshall Hammer* untuk 2 x 25 tumbukan menghasilkan VIM bagian atas 11,01 %, bagian tengah 9,17 %, dan bagian bawah 8,81 %. Pada 30 lintasan alat pemadat APRS menghasilkan VIM bagian atas 7,34 %, bagian tengah 8,57 %, dan bagian bawah 7,81 % sedangkan alat pemadat *Marshall Hammer* 2 x 50 tumbukan menghasilkan VIM bagian atas 4,65 %, bagian tengah 4,38% dan bagian bawah 4,53 %. Pada lintasan yang terakhir yaitu 45 lintasan alat pemadat APRS menghasilkan VIM bagian atas 5,46 %, bagian tengah 5,93 % dan bagian bawah 6,41 % sedangkan alat pemadat *Marshall Hammer* 2 x 75 tumbukan menghasilkan VIM bagian atas 4,25 %, bagian tengah 4,04%, dan bagian bawah 4,08 %. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa setiap alat dapat mendistribusikan agregat dengan merata atau homogen namun alat pemadat *Marshall Hammer* mendistribusikannya lebih homogen dibandingkan alat pemadat APRS.

c. Jumlah interval lintasan dan tumbukan.

1) Orientasi agregat Alat Pemadat APRS.

Pada bagian atas untuk 15 lintasan agregat bergeser jauh dari posisi awal batu diletakan, dikarenakan campuran yang masih panas membuat batu masih bisa bergerak dengan leluasa. Tapi ketika menekati Pada 30 dan 45 lintasan terjadi pergeseran lagi yang semula batu tersebut bergeser jauh, setelah mengalami pemadatan, mulai mendekati ke peletakan awal. Pada bagian tengah untuk 15 lintasan mengalami pergeseran, tapi tidak signifikan pada bagian atas. Hal ini dikarenakan pada bagian tengah tidak kontak langsung dengan roda baja, hanya menerima penyaluran tegangan rotasi dari bagian atas. Pada 30 lintasan terjadi pergeseran, bahkan sampai ada batu yang hilang. Hal tersebut terjadi karena mendapatkan tekanan dari atas sehingga batu tersebut bergeser jauh. Pada bagian bawah untuk 15 lintasan terjadi pergerakan juga, tapi tidak begitu besar seperti halnya pada bagian atas dan tengah. Pada bagian bawah hanya ada pergerakan kecil dikarenakan tekanan yang diberikan semakin kecil. Begitu juga untuk 30 dan 45 lintasan pun sama pergeseran tidak begitu jauh.

2) Orientasi agregat Alat Pemadat *Marshall Hammer*.

Pengaruh jumlah tumbukan pada alat pemadat *Marshall Hammer* untuk orientasi agregat tidak terlalu signifikan seperti halnya pengaruh jumlah lintasan pada alat pemadat APRS. Hal ini dikarenakan pembebanan yang diberikan secara statis yaitu dengan ditumbuk pada kedua sisinya

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai perbandingan orientasi agregat campuran *asphaltconcrete* yang dipadatkan menggunakan alat pemadat APRS (Alat Pemadat Roda Gilas) dan *Marshall Hammer*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, jumlah lintasan yang digunakan oleh Alat Pemadat Roda Gilas (APRG) untuk menghasilkan benda uji dengan kepadatan yang setara dengan kepadatan benda uji yang dihasilkan alat *marshallhammer* adalah sebanyak 45 kali lintasan dengan beban 502 Kg.
2. Orientasi agregat campuran aspal *concrete* yang dipadatkan menggunakan alat pemadat APRS (Alat Pemadat Roda Gilas) dan *Marshall Hammer* adalah sebagai berikut :
 - a. Berdasarkan analisa foto dan perubahan titik koordinat pada benda uji yang dipotong secara horizontal dan vertikal pada alat pemadat APRS, perilaku pergerakan agregat lebih signifikan dibandingkan dengan benda uji yang dipadatkan menggunakan *Marshall Hammer*. Hal ini dikarenakan proses pembebanannya dengan memberikan beban gilasa, dan memiliki daya kekang antar agregat pada alat pemadat APRS kecil.
 - b. Pada perubahan titik koordinat benda uji yang dipotong secara horizontal dan vertikal pada alat pemadat *Marshall Hammer*, perilaku pergerakan agregat cenderung menyebar kesamping. Hal ini dikarenakan proses

pembebanan dilakukan aksial secara terus menerus pada kedua sisinya dan tidak dapat mensimulasikan rotasi tegangan. Disamping itu cetakan (mold) pada *Marshall Hammer* lebih kecil dari pada APRS, sehingga daya kekang antar agregat sangat tinggi.

3. a. Dalam keadaan utuh

Campuran *asphaltconcrete* yang dipadatkan menggunakan alat pemadat *Marshall Hammer* lebih padat dibandingkan Alat Pemadat Roda Gilas (APRG), dengan melihat persentase distribusi *void* yang diperoleh pada masing-masing alat.

b. Dipotong menjadi 3 bagian

Dalam keadaan dipotong menjadi 3 bagian pun sama bahwa alat pemadat *Marshall Hammer* lebih padat dan lebih homogen dibandingkan alat pemadat APRS.

Semakin banyak jumlah lintasan atau tumbukan yang diberikan, semakin rapat pula rongga - rongga yang terdapat pada benda uji. Hal ini dapat dibuktikan pada tabel distribusi *void*. Semakin besar lintasan atau tumbukan yang diberikan nilai VIM semakin kecil dan nilai VFWA semakin besar dapat disimpulkan bahwa benda uji semakin padat

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, Modul Praktikum Bahan Perkerasan, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nur Rahman, Tofik., 2010, Analisis Karakteristik Kepadatan Campuran Aspal Agregat (*Asphalt Concrete*) yang dipadatkan dengan *Stamper*.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Bandung.
- Widhismoro, Wahyu., 2012, Studi Prosedur Pemadatan Material *Asphalt Concrete* Menggunakan Alat Pemadat *Roller Slab*.
- Nasyikin, Hafizun., 2012, Evaluasi Distribusi *Void* Campuran *Asphalt Concrete* yang Dipadatkan dengan Alat Pemadat *Roller Slab*.
- Hartadi Sutanto, Muslich, 2009, *Assessment Of Bond Between Asphalt Layers*.
- Kurniawan, Fahrudin, 2010, Analisa karakteristik lapisan campuran beton aspal ditinjau dari aspek *Properties Marshall*
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta
- Rampini, Crispino, 2007, *An experimental analysis of the effects of compaction on asphalt, D.I.I.A.R. Transport Infrastructures, Polytechnic of Milan, Milan, Italy*.
- Hunter at al, Pengaruh pemadatan campuran aspal pada orientasi agregat dan kinerja mekanik, *Nothingham*.
- Saat Abo Qudais, Mohammad Qudah, 2007, *Effect of compaction method on bituminous mixture voids distribution and magnitude, London*.
- Thyagarajan, Tashman, Nam, 2007, *The heterogeneity of air void distribution in HMA superpave gyratory specimens, Washington State University, Pullman, Washington, USA*
- Nurhayati Dwi Oky ,metode segmentasi untuk analisis citra digital head ct-scan, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat perhubungan Darat Departemen Perhubungan, 2005, Masterplan Transportasi Darat, Jakarta