

# ENGINEERING OF ROLLER COMPACTION TOOL LABORATORY SCALE FOR PAVEMENT MATERIAL

## REKAYASA ALAT PEMADAT ROLLER SKALA LABORATORIUM UNTUK BAHAN PERKERASAN

Aliem Sudjatmiko<sup>1)</sup>, Budi Setiawan<sup>2)</sup>, Sri Sunarjono<sup>3)</sup>, Aries Dwi Kurniawan<sup>4)</sup>

<sup>1),2), 3)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I – Pabelan Kartasura Telp.0271-717417 Ext.230 Surakarta 57102

<sup>4)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I – Pabelan Kartasura Telp.0271-717417 Ext.230 Surakarta 57102

### ABSTRACT

In general, the compaction tool to create specimen in the road pavement materials at laboratories still use vertical compaction system. While the process of compaction in the field in general using the roller with vibration effects. This could potentially lead to differences between the characteristics of the density and mix of properties in the laboratory and in the field. This difference of compaction system can cause the asphalt mixture spread on the field error. A mistake is not the optimum composition and properties of asphalt mixtures in the field. So, it required the roller in the laboratory using a compaction system like the system used in the field. This paper aims to report the results of engineering development of roller compactor system at laboratory scale. Engineering development of tool is to simulate the compaction of layer pavement systems in the field using the roller. Scope of engineering development tools include the concept of loading, the main body frame design, bath design work, wheel load, the motor design, the portal trunk ballast design, and mold design of the test specimen. Design tool is part of the excellent research Excellence Research Incentive Empowerment UMS. Manufacturing prototype devices will be made in 2010 and the results of the compaction properties of this new tool will be investigated in 2011. This paper is expected to be able to significantly contribute to the development of science in the field of pavement material.

**Key words:** Engineering, compactor, roller, laboratory, pavement material. ABSTRAK

### ABSTRAK

Pada umumnya, alat pemadat untuk membuat spesimen bahan perkerasan jalan di Laboratorium masih menggunakan sistem ditumbuk secara vertikal. Sedangkan proses pemadatan di lapangan pada umumnya material digilas menggunakan 'roller compactor' dengan efek getar (dinamis). Hal ini berpotensi munculnya perbedaan antara karakteristik kepadatan dan properties campuran di laboratorium dan di lapangan. Padahal, desain campuran jalan yang akan dihampar di lapangan dibuat di laboratorium, sehingga dapat menimbulkan kesalahan bahwa campuran yang dihamparkan di lapangan bukanlah campuran dengan komposisi dan properties yang optimum. Untuk itu diperlukan alat pemadat di laboratorium yang menggunakan sistem pemadatan menyerupai sistem yang digunakan di lapangan. Paper ini dimaksudkan untuk melaporkan hasil rekayasa pengembangan alat pemadat sistem roller skala laboratorium untuk mensimulasi sistem pembebanan lapis perkerasan di lapangan yang menggunakan 'roller compactor'. Lingkup rekayasa pengembangan alat meliputi konsep pembebanan, desain rangka body utama, desain bak kerja, roda beban, desain motor penggerak, desain batang portal pemberat, dan desain cetakan benda uji. Desain alat ini merupakan bagian dari riset unggulan IPRU UMS (Insentif Pemberdayaan Riset Unggulan). Manufaktur prototype alat akan dilakukan pada tahun 2010 dan properties hasil pemadatan alat baru ini akan diselidiki pada tahun 2011. Diharapkan paper ini mampu memberi kontribusi signifikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang material perkerasan.

**Kata kunci:** Rekayasa, alat pemadat, roller, laboratorium, bahan perkerasan.

## PENDAHULUAN

Pada umumnya, alat pemadat untuk membuat spesimen bahan perkerasan jalan di laboratorium-laboratorium teknik sipil di Indonesia masih menggunakan sistem ditumbuk secara vertikal. Salah satu alat yang menggunakan sistem ini adalah alat Marshall Hammer. Spesimen yang dihasilkan berbentuk silinder berdiameter sekitar 100mm dengan ketebalan bervariasi sesuai 'compactability' materialnya (tebal standar adalah 63,5mm). Spesimen ini biasanya kemudian diselidiki propertiesnya dengan menggunakan alat Marshall. Properties yang dihasilkan biasanya digunakan untuk penyusunan *Job Mix Formula (JMF)* atau untuk keperluan pengujian kualitas material campuran aspal (Sudjatmiko dkk, 2009).

Sangat penting diketahui bahwa properties bahan perkerasan jalan yang berupa campuran antara agregat (batu) dan aspal sangat dipengaruhi oleh karakteristik kepadatannya. Karakteristik yang dimaksud diantaranya adalah berat isi, prosentasi rongga udara, distribusi rongga udara dalam campuran, susunan dan orientasi partikel agregat dan kemungkinan terjadinya segregasi (pemisahan antara partikel halus dan kasar) dan degradasi (terpecahnya partikel agregat menjadi ukuran yang lebih kecil).

Permasalahan yang muncul adalah bahwa sistem pemadatan di laboratorium sistem ditumbuk secara vertikal sangat berbeda dengan yang terjadi di lapangan. Proses pemadatan di lapangan pada umumnya menggunakan 'roller compactor'. Setelah material perkerasan campuran aspal digelar di badan jalan dengan ketebalan tertentu, kemudian digilas menggunakan roller roda baja.

Paper ini melaporkan hasil desain alat pemadat *roller slab* yang disertai dengan prosedur perakitan dan penggunaannya. Konsep energi pemadatan menjadi pembahasan dasar dalam membuat desain alat.

## Sistim Pemadatan lapis Perkerasan di Lapangan

Pemadatan lapis perkerasan di lapangan dilaksanakan dalam 3 tahap, yaitu *break down rolling*, *intermediate rolling*, dan *finishing rolling*. Tahap *Break down Rolling* dilakukan dengan menggunakan alat *Three Wheel Roller* (roda baja), dengan berat 6 - 12 ton, jumlah *passing* kurang lebih 4 *passing*, kecepatan *roller* 4 km/jam serta temperatur pemadatan sekitar 110-125<sup>0</sup>C. *Break down Rolling* merupakan tahap penting dalam proses pemadatan untuk mendapatkan stabilitas perkerasan maximum. Tahap *Intermediate Rolling* dilakukan dengan menggunakan alat *Pneumatic Tire roller* (roda karet) dengan berat 10-13 ton, jumlah *passing* adalah 16 *passing*, tekanan ban 70-80 *psi*, kecepatan *Roller* 6 km/jam dengan temperatur pemadatan sekitar 95-110<sup>0</sup>C. Sedangkan tahap yang terakhir yaitu *Finishing Rolling* berguna untuk menghilangkan alur roda *Pneumatic Tire roller* supaya permukaan jalan halus. Alat yang digunakan yaitu *Three Wheel Roller* atau *Tandem Roller*, dengan berat 8 - 14 ton, jumlah *passing* adalah 2-4 *passing*, kecepatan *roller* 4 km/jam serta temperatur pemadatan 80-95<sup>0</sup>C. Ketiga alat pemadatan di lapangan dapat dilihat pada Gambar 1.

## Sistem Pemadatan Bahan Perkerasan di Laboratorium

Contoh jenis alat pemadat bahan perkerasan di laboratorium yang sangat populer adalah *Marshall hammer* (lihat Gambar 2 kiri) dan *Gyratory compactor* (Gambar 2 kanan). Alat *Marshall hammer* menggunakan sistim tumbuk vertika dengan beban sebesar 4,54 kg, dan tinggi jatuh 45,7 cm. Bahan campuran perkerasan dimasukkan dalam mold cetakan berdiameter 100mm dan tinggi 75mm. Sedangkan alat *Gyratory compactor* menggunakan sistim tekanan vertikal dan goyangan dengan kemiringan (lihat gambar inset pada Gambar 2 kanan bawah). Nilai tekanan dan besar kemiringan dapat diatur (lihat Sunarjono, 2008).



Gambar 1. Alat pemadat di lapangan yang terdiri dari *Three Wheel Roller* (paling kiri), *Pneumatic Tire Roller* (tengah), dan *Tandem Roller* (paling kanan)



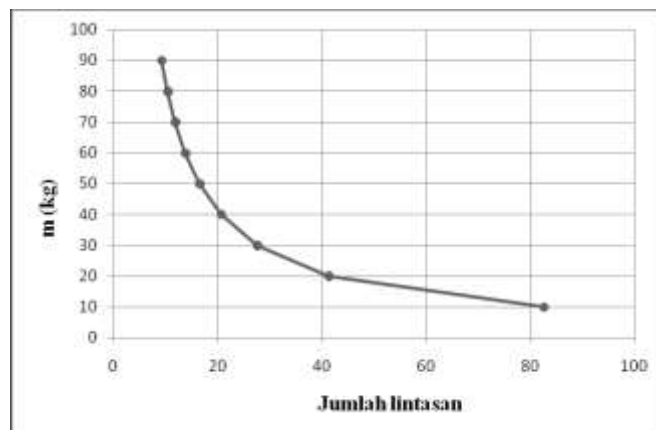
Gambar 2. Alat pematat bahan perkerasan di laboratorium *Marshall Hammer* (kiri), dan *Gyratori Compactor* (kanan)

### Filosofis Konsep Alat Pematat

Sebagaimana terlihat pada Gambar 1 dan 2, sangat jelas ada perbedaan gaya pematatan yang terjadi antara penggunaan *roller compactor* di lapangan (lihat Gambar 1) dan *Marshall Hammer* di laboratorium (lihat Gambar 2). Pematatan menggunakan *roller* di lapangan memungkinkan material menerima gaya vertikal, horisontal dan torsi sekaligus, sedangkan pematatan menggunakan *Marshall Hammer* hanya memberikan gaya vertikal ke material. Perbedaan tersebut akan menyebabkan perbedaan karakteristik kepadatan benda uji di laboratorium dan karakteristik material di lapangan. Oleh karenanya perlu didesain model pematatan di laboratorium yang menyerupai dengan model pematatan di lapangan (Sunarjono dkk, 2009).

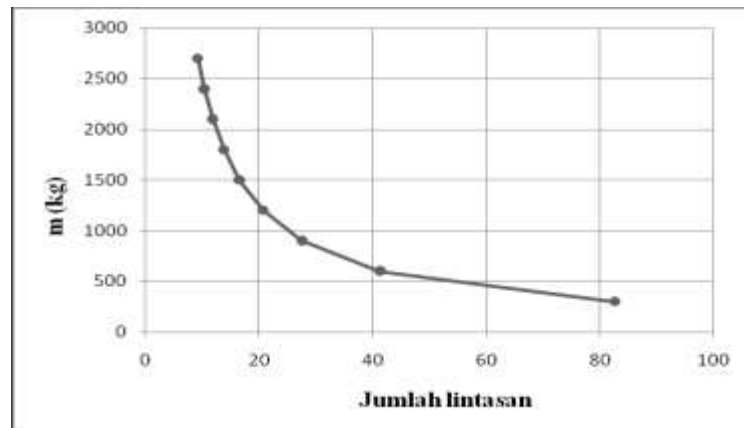
### Analisis Berat Pematat dan Kebutuhan Jumlah Lintasan

Perhitungan beban energi menggunakan basis alat *three wheel roller*. Dari Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa jika diinginkan massa pada Roller 20 kg untuk memadatkan satu centimeter campuran aspal dengan energi 56250 joule.dtk/m<sup>3</sup>, maka dibutuhkan lintasan sebanyak 41 lintasan. Berdasarkan analisis tersebut kemudian hubungan antara masa pematat dan jumlah lintasa alat yang akan diseain dapat dirumuskan dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa jika diinginkan massa pada *Roller* 1875 kg kg untuk memadatkan 30 centimeter campuran aspal dengan energi 22799250 joule.detik, maka dibutuhkan lintasan sebanyak 14 lintasan (Kurniawan, 2009).



Gambar 3. Grafik hubungan massa untuk tiap cm lebar dan jumlah lintasan

alat pemadat *Three Wheel Roller*



Gambar 4. Hubungan massa dan jumlah lintasan desain alat untuk tiap 30 cm lebar campuran aspal

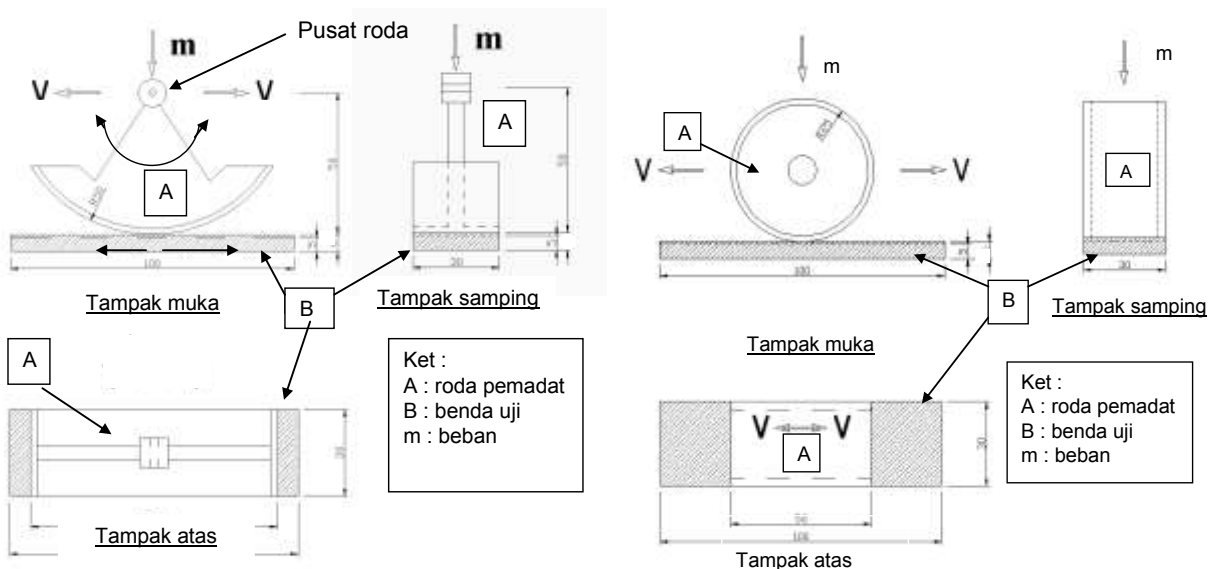
**Pengembangan Alternatif Desain**

Telah dikembangkan 2 (dua) bentuk alternatif desain sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Pada desain pertama (Gambar Kiri), roda beban berupa setengah roda dengan berat 1875 kg dan diameter 100 cm. Roda beban bersifat statis (tidak bergerak/berjalan). Benda uji terletak pada bak kerja yang bergerak kekanan dan kekiri dengan kecepatan 4 km/jam. Secara teoritis, bila pemadatan dilakukan sebanyak 14 lintasan akan mencapai kepadatan ekuivalen di lapangan.

Desain alternatif yang kedua menggunakan roda beban berbentuk roda penuh berat 1875 kg dengan diameter 50 cm dan lebar 30 cm. Seperti pada

alternative pertama roda bersifat statis tidak bergerak, sedangkan benda uji dalam bak kerja bergerak dengan kecepatan 4 km/jam.

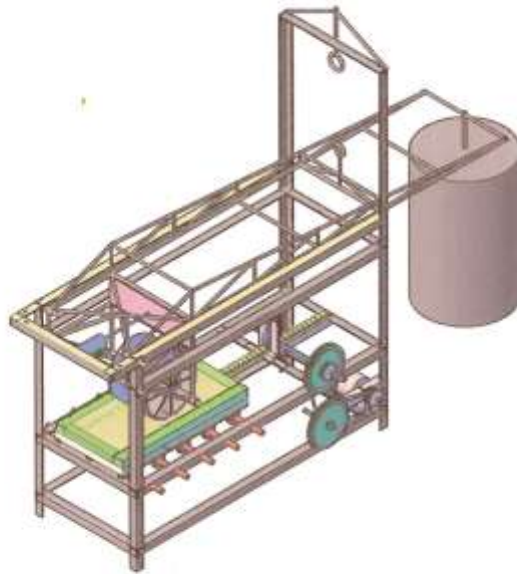
Desain roda penuh memberikan faktor kemudahan dan lebih praktis dalam pengoperasiannya. Disamping itu ukuran diameter roda penuh juga lebih kecil sehingga lebih mudah pembuatannya. Oleh karenanya desain alternatif yang kedua akhirnya dipilih sebagai alternatif yang lebih baik. Detail pengembangan kedua alternatif ini dapat dilihat pada Kurniawan (2009).



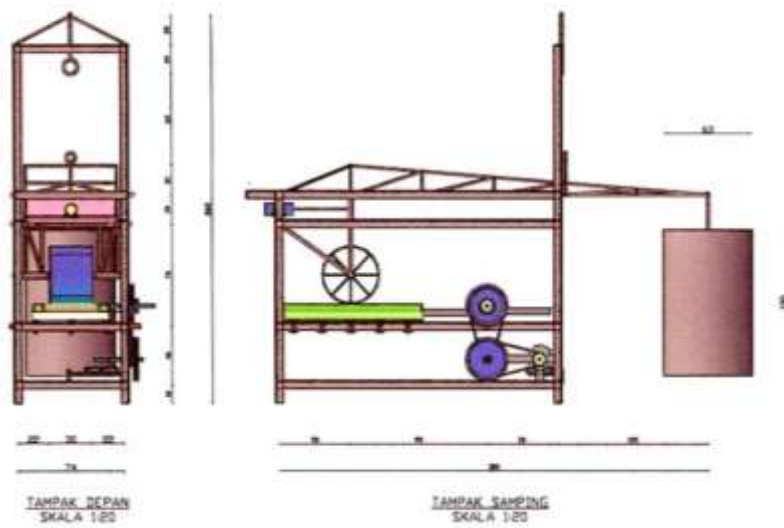
a. Desain Alternatif 1

b. Desain Alternatif 1

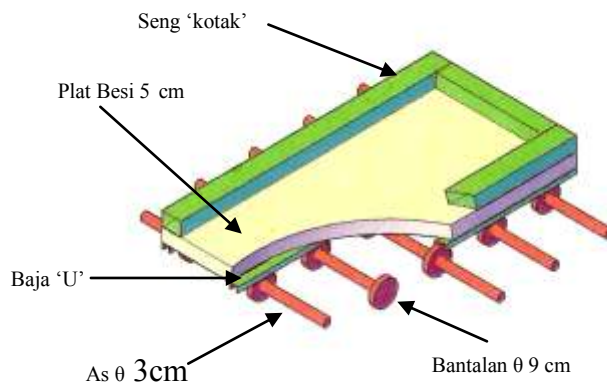
Gambar 5. Pengembangan desain alternatif (Kurniawan, 2009)



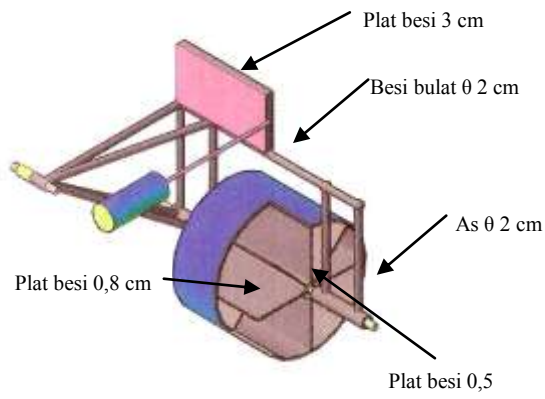
Gambar 6. Desain bodi alat pematik



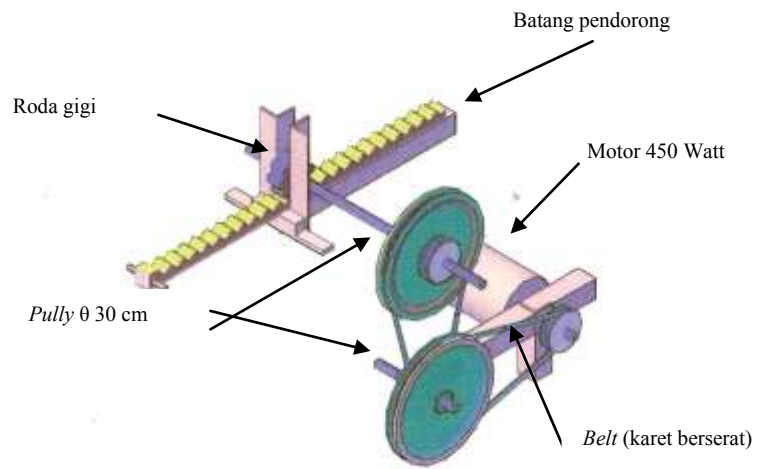
Gambar 7. Tampak muka dan samping alat pematik



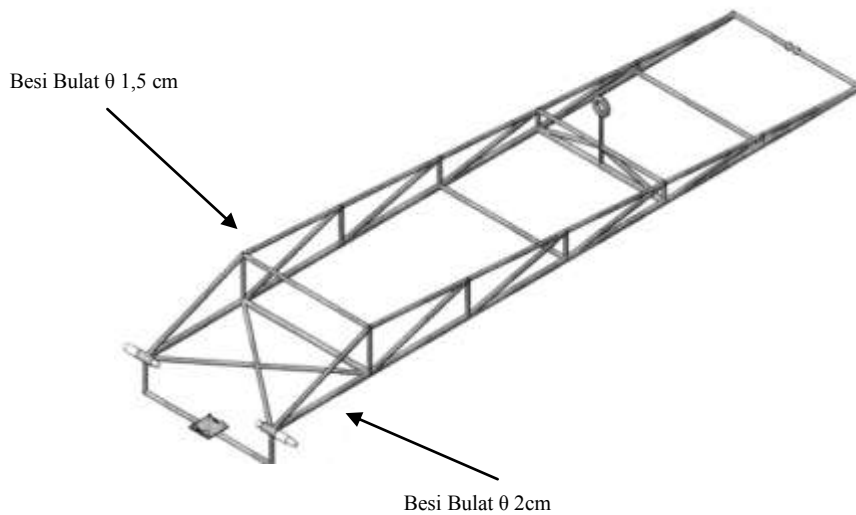
Gambar 8. Desain bak kerja



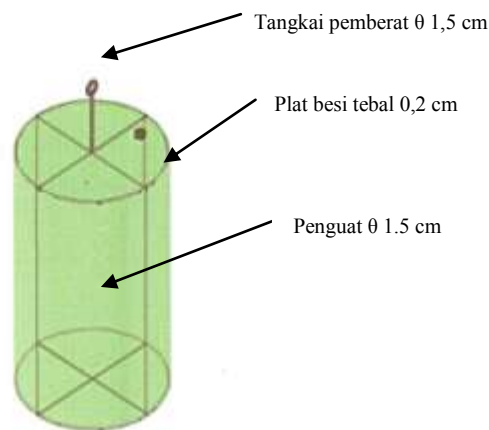
Gambar 9. Desain *roller* pematat APRS



Gambar 10. Desain motor penggerak



Gambar 11. Desain portal pemberat



Gambar 11. Desain pemberat

### Detail Desain Alat

Secara keseluruhan, detail desain bodi alat adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 6 dan 7. Usuran total alat ini adalah panjang 300 cm, lebar 75 cm dan tinggi 265 cm. Stabilitas dan keseimbangan alat saat bekerja sudah dipertimbangkan. Komponen alat terdiri atas bak kerja (Gambar 8), roda pematik (Gambar 9), motor penggerak (Gambar 10), batang portal (Gambar 11), dan pemberat (Gambar 12).

### Prosedur perakitan alat

Prosedur perakitan alat disusun agar pembuatan alat nantinya dapat lebih efisien dan tidak menemui kendala. Prosedur disusun dalam enam tahap sebagai berikut:

1. Langkah pertama membuat bak kerja dengan ukuran panjang 100cm, lebar 50cm dan tebal 7cm, untuk lebar di buat lebih dari lebar dimensi campuran aspal untuk tempat pembatas.
2. Membuat Roller bentuknya seperti silinder dengan diameter 50cm dan lebarnya 30cm sesuai dengan campuran aspal.
3. Setelah kedua perangkat tersebut jadi, maka dilanjutkan dengan pembuatan rangka dari besi baja L, bentuknya persegi dengan dimensi 195cm x 75cm x 245cm, diperkirakan rangka mampu memikul beban yang ada.
4. Batang tekan, dari besi bulat diameter 2cm di beri tras sebagai penguat dengan diameter 1,5cm. Panjang dari batang tekan ini adalah 300cm sehingga pemberat akan lebih ringan yaitu 312,5kg. Pemberat berbentuk silinder dari besi plat yang diisi air, dimensi dari pemberat adalah 100cm untuk tinggi dan diameter 63cm dengan perhitungan sebagai berikut :

5. Massa pemberat =  $312500\text{cm}^2$  (312,5 kg), di tentukan tinggi 100cm maka diameter pemberat =  $\sqrt{(312500\text{cm}^3/(\pi/4 \times 100))} = 63\text{cm}$
6. Terakhir motor penggerak dengan daya 350 watt dan asesoris pendukung lainnya seperti pengatur arus. Bagian ini bisa di beli di pasaran dan di pasang pada rangka dengan membuat dudukan yang sesuai.

### Prosedur pengoperasian

Prosedur pengoperasian alat disusun dalam rangka keamanan penggunaannya baik bagi operator yang menggunakan alat tersebut ataupun untuk pemeliharaan alat tersebut. Langkah-langkah pengoperasian adalah sebagai berikut:

1. Portal batang tekan ditarik ke atas agar roller tidak menekan pada meja kerja.
2. Benda uji yang berupa campuran yang masih panas dan gembur dituangkan dan diratakan pada meja kerja sesuai tebal yang diinginkan (di ambil tebal 7cm).
3. Dengan perlahan roller di turunkan dan jangan sampai merusak bentuk benda uji campuran aspal yang sudah diratakan di meja kerja.
4. Selanjutnya roller dijalankan dengan menggunakan motor penggerak, dan secara kontinyu campuran aspal tergilas dengan arah bolak-balik.
5. Setelah campuran aspal dilintasi sesuai dengan keinginan misalnya 14 kali lintasan dengan perhitungan 7 kali lintasan ke kanan dan 7 kali lintasan ke kiri maka motor penggerak dihentikan.
6. Sebagai catatan untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan maka menggunakan trial, dengan menyetel besar arus dari motor penggerak. Jumlah lintasan disesuaikan dengan

jumlah energi sesuai dengan apa yang ada di lapangan. Karena desain alat pemadat masih sederhana maka jumlah lintasan dilakukan secara manual, dengan cara dihitung jumlah lintasannya jika sudah memenuhi target, maka motor dihentikan.

### **Kesimpulan**

Alat pemadat bahan perkerasan skala laboratorium telah didesain dalam bentuk gambar yang siap digunakan sebagai acuan manufaktur alat. Desain alat menggunakan tipe roda penuh yang dipasang diatas benda uji. Saat beroperasi, roda tetap ditempat dan mendapat beban dari portal pemberat,

sedangkan benda uji yang dituangkan dan diratakan diatas bak kerja akan bergerak ke kiri dan kanan dengan jumlah lintasan yang diinginkan. Bodi alat berukuran panjang 300 cm, lebar 75 cm dan tinggi 265 cm. Selain rangka bodi, komponen alat terdiri atas bak kerja, roda beban, motor penggerak, batang portal, dan pemberat.

### **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) UMS sebagai pemberi dana penyusunan desain alat pemadat.

### **Referensi**

- Kurniawan, A., D. (2009), "Pembuatan Desain Alat Pemadat Skala Laboratorium Untuk Bahan Campuran Aspal", *Draf Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sudjatmiko, A., Sunarjono, S., Setiawan, B. (2009), "Rekayasa Alat Pemadat Dinamis Sistem Roller Skala Laboratirum dan Penyelidikan Karakteristik Kepadatan Bahan Perkerasan Jalan", *Usulan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2009*, LPPM UMS, Surakarta.
- Sunarjono, S. (2009), "The Influence Of Foamed Bitumen Characteristics On Cold-Mix Asphalt Properties", *PhD Thesis*, University Of Nottingham, UK.
- Sunarjono, S., Riyanto, A., Sudjatmiko, A., Sugiyatno. (2009), "Studi Mekanika Aspal, Mekanika Tanah dan Rekayasa Alat Untuk Bahan Perkerasan Jalan (Disertai Pemberdayaan Riset Unggulan)", *Laporan Akhir Tahap Tahun I*, Insentif Pemberdayaan Riset Unggulan, LPPM-UMS, Surakarta.