

VARIASI JUMLAH TUMBUKAN PADA CAMPURAN BETON ASPAL TERHADAP NILAI DENSITY DAN VOID IN THE MIX (VITM)

Andi Syaiful Amal

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat Korespondensi : Pondok Bestari Indah D4-184, Landunsari, Dau, Malang
Telpon : 0341-466277, Hp: 081555844965, Email: Andi_SA@umm.ac.id

ABSTRACT

Asphalt concrete mix is one type of flexible pavement layer. Asphalt concrete mixture consists essentially of coarse aggregate, fine aggregate, filler and binder. Aggregate used may be natural or the result of processing and can also be the artificial aggregate. While grading for asphalt concrete mix is continuously graded. This study aimed to assess the absolute density, ie density of a pavement layer maximum value. Absolute density is needed in order to predict the quality of road pavement layers in accordance with the variation of the number of collisions 2x75, 2x150, 2x200, 2x300 and 2x400 blows. Then studied the effect of variations in the collision of the Marshall test parameters, which include density, stability, voids of mineral aggregate (VMA), voids filled with asphalt (VFVA), voids in the mix (VITM), flow and marshall quotient. The results showed a variation of the effect of collisions on the value of VITM. specially for heavy traffic comparison of values obtained on variation of the collision VITM 2x150, 2x200, 2x300 and 2x400 to VITM standard is between 50-60% (collision 2x75). These results indicate that all kinds of variations of the collision above the standard collision will result in fatigue of materials, pavement materials become damaged as a result. From the results of this study also obtained the optimum asphalt content for heavy traffic, moderate and mild, respectively, are 6.44%, 6.59% and 6.86%. From the results of this study also obtained a density value of the field whose value is based on the optimum asphalt content in succession to heavy traffic, medium and light, which is 2.35 g / cc, 2.35 g / cc and 2.36 gr/cc.

Keywords: Asphalt Concrete, Marshall test

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang sangat vital yang harus diperhatikan dalam pembangunan maupun pemeliharaan. Selama proses pemeliharaan, kerusakan jalan kadang terjadi lebih cepat atau lebih dini dari masa pelayanan yang disebabkan oleh adanya banyak faktor, antara lain disebabkan oleh faktor manusia dan faktor alam. Faktor-faktor alam yang dapat mempengaruhi mutu perkerasan jalan diantaranya adalah air, perubahan suhu, cuaca dan temperatur udara. Di Indonesia yang mempunyai iklim tropis, banyak sekali masalah, baik tidaknya mutu dan keawetan jalan yang diakibatkan oleh pengaruh alam terutama air, baik air yang berasal dari air hujan maupun dari sistem drainase jalan. Karena dengan terhindarnya konstruksi jalan dari pengaruh air, diharapkan umur dari konstruksi jalan akan dapat bertahan lebih lama (Konstruksi, Mei

1996). Salah satu fungsi dari lapisan campuran aspal beton adalah untuk menahan rembesan air. Sebab kalau rembesan air tersebut terlalu besar, walaupun secara struktur badan jalan cukup kuat, maka dengan adanya rembesan tersebut akan mengakibatkan badan jalan atau campuran aspal beton akan menjadi lembek. Dan pada dasarnya tidak satupun campuran aspal, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler benar-benar tahan ataupun kedap terhadap air. Dari permasalahan diatas tersebut, maka perlu diadakan penelitian sampai sejauh mana pengaruh yang ditimbulkan akibat beban lalu lintas berat pada konstruksi jalan yang dalam hal ini variasi jumlah tumbukan terhadap campuran beton aspal. Seiring dengan kemajuan teknologi, analisa dibidang transportasi semakin maju dan terus berkembang. Pengadaan prasarana transportasi dilakukan sesuai dengan kebutuhan masyarakat, namun

pemeliharaannya tetap dilakukan oleh instansi tertentu. Saat ini banyak sekali suatu kondisi fisik jalan yang rusak sebelum mencapai umur rencana. Hal ini dapat diketahui dengan banyak terjadinya kerusakan pada lapis permukaan (*surface*) jalan yang salah satunya diakibatkan karena beban kendaraan yang melebihi kapasitas yang telah ditetapkan, sehingga mengakibatkan jalan menjadi rusak, retak dan bergelombang. Pembebanan berlebih (*overloading*) pada sistem perkerasan jalan telah menyebabkan kerusakan yang cukup parah, akibatnya perlu dianalisa ulang kinerja layanan suatu lapis perkerasan. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap lapis perkerasan jenis Beton Aspal (*Asphaltic Concrete*). Sebagai nilai pendekatan terhadap kinerja *overloading* dilakukan dengan pengujian Marshall dengan beberapa variasi tumbukan, yaitu dengan tumbukan 2 x 75 sebagai tumbukan standar, tumbukan 2 x 400 sebagai tumbukan korelasi pendekatan nilai kepadatan untuk lapis perkerasan pada umur rencana 10 tahun dan beberapa variasi lainnya sebagai data sekunder (2 x 150 tumbukan, 2 x 200 tumbukan dan 2 x 300 tumbukan).

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai density dan VITM (Voids in The Mix), sehingga didapatkan suatu konsep kepadatan mutlak.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap sifat-sifat campuran beton aspal terhadap nilai density dan VITM.
3. Untuk menghasilkan campuran beton aspal terhadap nilai stabilitas marshall yang tinggi.

METODELOGI PENELITIAN

1. Pemeriksaan Bahan Tahap ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal.
2. Pembuatan Benda Uji Pembuatan benda uji pada penelitian ini dilakukan berdasarkan perbandingan berat.
3. Pengujian Marshall Pengujian Marshall dilakukan terhadap semua benda uji untuk mengetahui karakteristik campuran pada berbagai variasi kadar aspal.
4. Analisa Kerapatan dan Rongga Dari beberapa parameter Marshall Properties yang telah didapat, dibuat grafik hubungan antara variasi jumlah tumbukan terhadap nilai-nilai tersebut, yang kemudian ditentukan kadar aspal optimum.

Sebelum benda uji dibuat, maka dilakukan terlebih dahulu perhitungan perkiraan pertama jumlah kadar aspal yang dibutuhkan untuk satu sampel benda uji.

Rumusan untuk menghitung perkiraan pertama jumlah kadar aspal yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berikut ini diberikan hasil pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, aspal dan kadar aspal optimum.

Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Pengujian	Syarat *)	Hasil
1.	Keausan Dengan Mesin Los Angeles	Max. 40	23
2.	Kelekatan Terhadap Aspal (%)	Min 95	98
3.	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	Max. 3	1,65
4.	Berat Jenis Semu (gr/cc)	Min. 2,5	2,64
5.	Keawetan Sound Ness Test (%)	Max. 7	1,87

*) Bina Marga, 1983

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Pengujian	Syarat *)	Hasil
1.	Nilai Sand Equivalent (%)	Min. 50	53,7
2.	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	Max. 3	2,82
3.	Berat Jenis Semu (gr/cc)	Min. 2,5	2,79

*) Bina Marga, 1983

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pengujian	Syarat *)	Hasil
1.	Penetrasi 25 ⁰ C (0,1 mm)	60 – 70	74
2.	Titik Lembek (⁰ C)	48 – 58	48
3.	Titik Nyala (⁰ C)	Min. 200	312
4.	Daktalitas 25 ⁰ C (mm)	Min. 100	> 100
5.	Kehilangan Berat (163 ⁰ C, 5 jam) (% berat)	Max. 0,4	0,09
6.	Kelarutan Dalam CCl ₄ (%)	Min. 99	99,37
7.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat (% origin)	Min. 75	81,60
8.	Berat Jenis Semu (gr/cc)	Min. 1,0	1,04

*) Bina Marga, 1983

Tabel 7 Hasil Nilai Marshall Berdasarkan Kadar Aspal Optimum

No.	Karakteristik	Jenis Pembebanan Laju Lintas		
		LL Berat	LL Sedang	LL Ringan
1.	Kadar Aspal Optimum (%)	6,44	6,59	6,86
2.	Density (gr/cc)	2,35	2,35	2,36
3.	Stability (kg)	1166,67	1134,92	1071,43
4.	Flow (mm)	4,89	4,97	4,87
5.	MQ (kg/mm)	240,59	228,24	220
6.	VMA (%)	18,40	18,45	18,63
7.	VFWA (%)	80	81,61	83,91
8.	VITM (%)	4,6	4,28	3,81

Sumber : Analisa Data Marshall

Pembahasan Nilai VITM

Nilai VITM (*Void In The Mix*) menunjukkan prosentase rongga udara antar butir agregat yang terbungkus aspal. Nilai VITM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran akan bersifat *porous*. Hal ini akan mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat, sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-

rongga dalam campuran yang akan menyebabkan aspal mudah teroksidasi dan akan mengakibatkan *film* aspal menipis dan kohesi aspal berkurang. Air yang masuk dalam rongga akan melarutkan komponen-komponen yang teroksidasi, sehingga akan mengakibatkan kadar aspal akan terus menerus berkurang dalam campuran. Berdasarkan spesifikasi dari Bina Marga, nilai VITM selalu mengalami perubahan. Ketentuan nilai VITM (*Void In The Mix*) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 8 Nilai VITM Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga

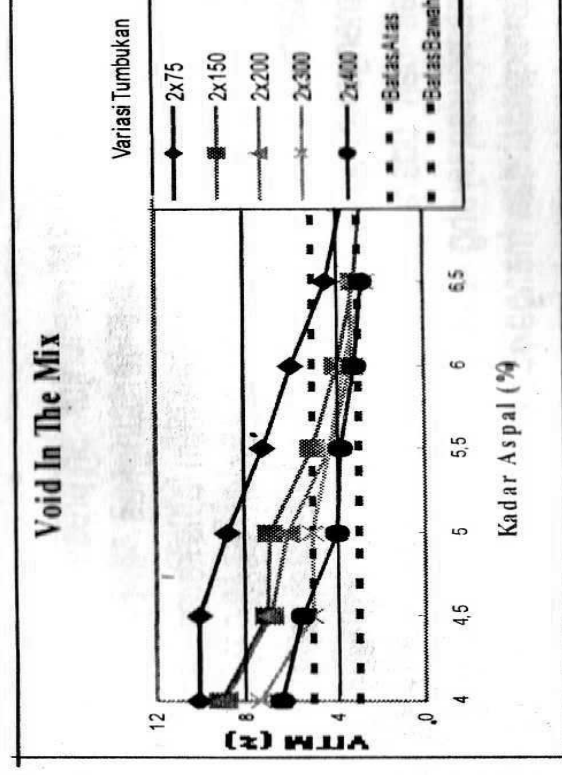
No.	Jenis Kepadatan Lalu Lintas	VITM (%)		
		BM 1983	BM 1987	BM 1998
1.	Berat	3 – 5	3 – 5	3 – 5
2.	Sedang	3 – 5	3 – 5	2 – 5
3.	Ringan	3 – 5	3 – 5	1 – 4

Sumber : Bina Marga 1983, 1987 dan 1998

Nilai VITM (*Voids In The Mix*) berkaitan langsung dengan variasi jumlah tumbukan. Pada Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987 nilai *Voids In The Mix* (VITM) ditetapkan sebesar 3 – 5% untuk semua jenis pembebanan lalu lintas dengan variasi jumlah tumbukan 2 x 75 untuk lalu lintas berat dan 2 x 50 tumbukan untuk lalu lintas sedang serta 2 x 35 tumbukan untuk lalu lintas ringan. Namun pada Bina Marga 1998 jumlah tumbukan telah ditetapkan, yaitu sebesar 2 x 75 tumbukan untuk semua jenis pembebanan lalu lintas dengan variasi nilai VITM sebesar 3 – 5% untuk lalu lintas berat dan 2 – 5 % untuk lalu lintas sedang serta 1 – 4% untuk lalu lintas ringan.

Pada Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987, nilai VITM memiliki nilai antara 35%, sama untuk

semua jenis lalu lintas. Nilai ini didapat dari hasil penelitian di lapangan, dimana telah sering dikaji ulang bahwa campuran dengan nilai VITM < 3% kemungkinan terjadi deformasi plastik 5 kali lebih besar dari campuran dengan nilai VITM > 3%, sedangkan campuran dengan nilai VITM > 9% kemungkinan terjadi retak-retak 5 kali lebih besar dari campuran dengan nilai VITM berkisar antara 3 – 6%. Dengan demikian, maka parameter analisis sangat menentukan berkaitan dengan kinerja lapis perkerasan. Pada akhirnya diupayakan untuk mendapatkan suatu nilai VITM ideal, yaitu pada nilai VITM 4%. Akhirnya ditentukan oleh range dari nilai VITM untuk berbagai jenis lalu lintas antara 3 – 5%. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat grafik hubungan antara variasi jumlah tumbukan dengan VITM (*Voids In The Mix*).



Gambar 1 .Grafik Hubungan Antara Variasi Jumlah Tumbukan dengan VITM

Dari gambar grafik diatas dapat diamati bahwa dengan penambahan kadar aspal antara 4% - 7% dan penambahan jumlah tumbukan 2 x 75 sampai 2 x 400 tumbukan akan menyebabkan nilai VITM (*Voids In The Mix*) menurun, ini berarti bahwa campuran tersebut semakin rapat. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya kadar aspal akan menyebabkan jumlah aspal yang menyelimuti agregat lebih banyak, sehingga akan mengurangi rongga dalam campuran dan campuran akan menjadi lebih mampat. Menurut Bina Marga 1998, menetapkan bahwa nilai VITM (*Voids In The Mix*), yaitu antara 3% - 5%. Nilai

VITM yang terlalu rendah (kurang dari 3%) akan mengakibatkan *bleeding*, yang terjadi karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal akan menurun sesuai dengan sifat termoplastisnya, bila saat itu perkerasan menerima beban lalu lintas, maka aspal akan terdesak ke luar permukaan. Sebaliknya bila nilai VITM (*Voids In The Mix*) lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan terjadinya oksidasi. Pada tabel berikut ini diberikan gambaran hubungan antara variasi jumlah tumbukan dengan nilai aspal optimum terhadap penurunan nilai VITM berdasarkan jenis pembebanan lalu lintas.

Tabel 9. Penurunan Nilai VITM Berdasarkan Jenis Lalu Lintas

Jenis Pembebanan Lalu Lintas				
Karakteristik	LL Berat	LL Sedang	LL Ringan	
No.	Kadar Aspal Optimum (%)	6,44	6,59	6,86
Variasi Jumlah Tumbukan				
1.	2 x 75	100	100	100
2.	2 x 150	61,56	62,86	70,97
3.	2 x 200	64,10	62,42	64,52
4.	2 x 300	50,00	55,71	54,84
5.	2 x 400	51,28	48,57	48,79

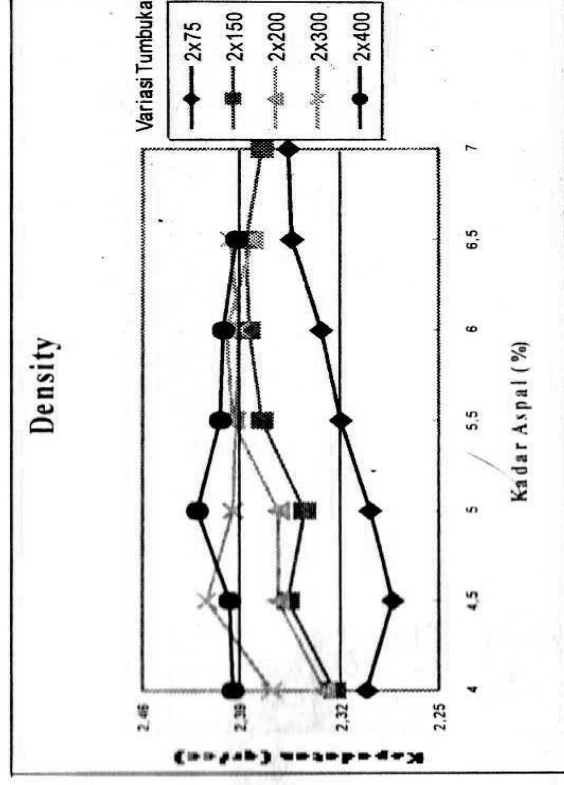
Sumber : Analisa Data Marshall

Dari tabel diatas dapat diamati hasil analisa pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap nilai VITM (*Voids In The Mix*) pada berbagai kadar aspal. Untuk lalu lintas berat, pada variasi tumbukan dari 2 x 150 sampai 2 x 400 tumbukan memiliki persentase kisaran nilai antara 50% - 60% terhadap nilai VITM pada tumbukan standar (2 x 75). Hal ini mengindikasikan bahwa segala jenis variasi tumbukan diatas tumbukan standar akan mengakibatkan kelelahan pada bahan, akibatnya bahan pada perkerasan jalan menjadi rusak.

Pembahasan Nilai Density

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa

kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pematatan baik jumlah pematatan maupun temperatur pematatan dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas, sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai *density* campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat grafik hubungan antara variasi jumlah tumbukan dengan *density* pada berbagai kadar aspal yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Variasi Jumlah Tumbukan Dengan Density Pada Berbagai Kadar Aspal

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal (4% - 7%) dan penambahan jumlah tumbukan menyebabkan nilai density meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan jumlah tumbukan dan penambahan kadar aspal akan meningkatkan workabilitas campuran dan penyusunan butiran agregat semakin baik, sehingga akan mengakibatkan kekedapan campuran menjadi tinggi. Nilai *density* meningkat sampai pada kondisi maksimal, kemudian konstan mendatar pada kisaran range 2,38 gr/cc - 2,42 gr/cc. Hal ini disebabkan karena terlalu banyaknya tumbukan, sehingga akan mendesak formasi agregat menjadi lebih rapat. Dari analisa dan gambar grafik diatas dapat dikaji alur cara memperoleh nilai pendekatan untuk kepadatan mutlak. Dalam spesifikasi teknis campuran beton aspal tidak terdapat persyaratan khusus dari Bina Marga mengenai batasan nilai *density*. Nilai *density* digunakan untuk persyaratan teknis di lapangan, yaitu untuk kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 96% dari kepadatan laboratorium.

Analisa Korelasi Variasi Tumbukan Terhadap Kondisi Nyata di Lapangan

Sebagai pokok dasar pemikiran bahwa di lapangan akan selalu dilewati berbagai kendaraan dengan berbagai variasi pembebanan yang ada. Sangat dimungkinkan suatu pembebanan lalu lintas

melebihi dari desain kelas jalan yang diperkenankan atau disyaratkan, sehingga akan terjadi *overloading* yang dapat mengakibatkan kerusakan jalan sebelum mencapai umur rencana. Inti dari hubungan antara hasil pengujian marshall di laboratorium untuk berbagai kadar aspal dengan variasi jumlah tumbukan (2 x 75, 2 x 150, 2 x 200, 2 x 300, dan 2 x 400 tumbukan) terhadap kondisi nyata di lapangan adalah pada *density* dan void, yang lebih terfokus pada VITM (*Voids In The Mix*). Jika pembebanan lalu lintas lebih besar dari rancangan pembebanan awal, maka akan terjadi *overloading*. Konsekuensinya adalah perkerasan jalan lebih mampat dan tidak terdapat rongga, aspal yang berlebih akan menyebabkan *bleeding* dan jalan menjadi licin. Pengaruh *overloading* terhadap nilai VITM adalah nilai VITM yang semakin menurun dari nilai VITM rancangan, sehingga untuk mengantisipasi kondisi *overloading* tersebut, maka spesifikasi untuk VITM diberi besar (berkisar antara 3 – 5%). Hal ini dimaksudkan untuk memberikan rongga berlebih dalam mengantisipasi keadaan *overloading*. Jika pembebanan lalu lintas lebih kecil dari rancangan pembebanan awal, maka akan terjadi *underloading*. Konsekuensinya adalah perkerasan jalan tidak terlalu mampat dan masih terdapat rongga sisa yang akan diisi oleh udara dan air, sehingga akan terjadi oksidasi berlebih. Pengaruh *underloading* terhadap nilai VITM adalah nilai VITM yang menurun namun masih lebih besar dari nilai VITM rancangan, sehingga untuk

mengantisipasi kondisi *underloading* tersebut maka spesifikasi untuk VITM diberi kecil (berkisar antara 1% - 4%). Hal ini dimaksudkan untuk memberikan rongga yang lebih kecil dalam mengantisipasi keadaan *underloading*. Jika dikaitkan dengan jumlah kadar aspal yang diperlukan, maka pada lalu lintas berat kebutuhan akan kadar aspal akan lebih kecil (berkisar antara 6,44% - 0,42%) dari kebutuhan kadar aspal pada lalu lintas ringan (berkisar antara 6,86% - 0,57%). Selintas tentunya orang akan berfikir bahwa untuk membuat suatu perkerasan lentur lebih baik perancangan lalu lintas selalu diorientasikan pada perancangan lalu lintas berat karena jumlah pemakaian aspal yang dibutuhkan relatif lebih sedikit dari lalu lintas ringan, sehingga harga suatu lapis perkerasan relatif lebih murah. Namun demikian, jika dikaitkan dengan berbagai kerusakan jalan akibat dari penggunaan fungsi lalu lintas yang salah dalam prediksi lalu lintas pada perancangan awal, maka akan terjadi jenis pembebanan lalu lintas yang salah pula, yang dapat mengakibatkan beban pada lalu lintas menjadi *overloading* atau *underloading*. Pada akhirnya, kita harus memilih diantara kedua konsekuensi diatas bahwa perancangan suatu lapis perkerasan jalan tidak hanya difokuskan kepada seberapa besar jumlah aspal yang diperlukan saja, namun tentunya harus dikaitkan kepada hal yang sangat mendasar, yaitu fungsi pembuatan lapis perkerasan jalan itu sendiri terhadap jenis lalu lintas yang dilayani.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan serta analisa data yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kepadatan untuk masing-masing jenis lalu lintas berdasarkan kadar aspal optimum berturut-turut untuk lalu lintas berat, lalu lintas sedang dan lalu lintas ringan adalah : 2,35 gr/cc, 2,35 gr/cc dan 2,36 gr/cc.
2. Pembebanan lalu lintas lebih besar dari desain awal, sehingga terjadi *overloading*. Sedangkan untuk mengantisipasi kondisi

tersebut, maka spesifikasi untuk VITM diberi besar (3% - 5%). Sebaliknya untuk mengantisipasi kondisi *underloading*, maka spesifikasi untuk VITM diberi kecil (1% - 4%).

3. Hasil analisa pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap nilai VITM untuk lalu lintas berat, maka pada variasi jumlah tumbukan dari 2 x 150 sampai 2 x 400 tumbukan memiliki persentase kisaran nilai VITM antara 50% - 60% terhadap jumlah tumbukan standar (2 x 75 tumbukan). Hal ini sebagai indikasi bahwa segala jenis variasi tumbukan diatas tumbukan standar akan mengakibatkan kelelahan bahan, akibatnya bahan perkerasan menjadi rusak.

Saran

Dari keseluruhan pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai cara membedakan jenis dan kualitas aspal yang digunakan pada kelas jalan tertentu untuk jenis lalu lintas berat, sedang ataupun ringan.
2. Diharapkan kajian mengenai spesifikasi dan variasi tumbukan ini dapat dilakukan terhadap jenis lapis perkerasan lainnya.
3. Sebaiknya kajian tentang spesifikasi dilakukan secara berkala (3 - 5 tahun sekali), yang diharapkan agar didapatkan suatu nilai yang pasti untuk menentukan kuantitas dan kualitas bahan, sehingga tercapai segala efisiensi yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Standar (rancangan) SK. SNI, Badan Penerbit Dep. PU, Jakarta.
- Agus A. Manan, 2000, Kekekapan Campuran Aspal Terhadap Air, Majalah Konstruksi, Jakarta.
- Andi SA, 2005, Analisa Campuran Aspal 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt

- Treated Base (ATB), Laporan Penelitian Lemlit UMM.
- Andi SA & Yearnita, 2005, Karakteristik Agregat Kasar dan Aspal Terhadap Nilai Kekakuan, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil UMM.
- Andi SA & Azhar Cholid, 1997, Pengaruh Serbuk Ban Bekas Terhadap Sifat-Sifat Campuran Aspal Pada Asphalt Treated Base (ATB), Skripsi, Jurusan Teknik Sipil UMM.
- Andi SA, 2005, Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal IAC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (ATB), Laporan Penelitian Lemlit UMM.
- Andi SA, 2008, Variasi Perendaman Pada Campuran Beton Aspal Terhadap Nilai Stabilitas Marshall, Laporan Penelitian Lemlit UMM.
- Bina Marga, 1991, Manual Pemeriksaan Bahan Jalan, No. 01 / MN / 1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Brown, S., 1990, The Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen U.K
- Leo Sentosa, Enno Y, 2007, Penggunaan Abu Gambut Sebagai Filler Pada Campuran Lapis Aspal Beton Dengan Pengujian Marshall, Jurnal Media Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil UNS
- Sudjana, 1996, Teknik Analisa Regresi dan Korelasi, Penerbit Tasito, Bandung.
- Sukirman, Silvia, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Cetakan Kelima, Penerbit Nova, Bandung.
- The Asphalt Institute, 1983, Mix Design Methods For Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Manual Series No. 2 (MS-2), Maryland, USA.
- Wardhani S, 1999, Pengaruh Variasi Kandungan Roadcel 50 Terhadap Sifat Marshall, Jurnal Simposium Forum Studi Transportasi Perguruan Tinggi, ITB, Bandung.
- Yandi Satyadana, N, 2002, Pengaruh Asbuton Modifer Terhadap Perubahan Kadar Aspal Pada Sistem Aspal Filler, Simposium III FSTPT.