

## BAB VI

### PEMBAHASAN

#### 6.1. Sifat fisik bahan

##### 6.1.1. Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran beton aspal adalah hasil *stone crusher* dari PT. Perwita Karya, Jogjakarta. Hasil pemeriksaan laboratorium untuk agregat kasar dan agregat halus menunjukkan bahwa karakteristik agregat dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran beton aspal. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Pengujian terhadap tingkat keausan agregat dengan menggunakan mesin *Los Angeles* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran merupakan komponen yang mendukung beban sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan di jalan. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai keausan sebesar 24,4 %, jauh lebih rendah dibandingkan dengan persyaratan ( $\leq 40\%$ ).

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dapat dilekati oleh aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin besar daya lekat agregat terhadap aspal maka *internal friction* akan semakin meningkat, sehingga stabilitas

campuran akan semakin baik. Hasil pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal menunjukkan nilai lekatan sebesar 98 % lebih besar dari yang disyaratkan (> 95%).

Pengujian penyerapan terhadap air bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat. Semakin besar nilai penyerapan mengindikasikan agregat makin bersifat porus. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penyerapan terhadap air oleh agregat sebesar 2,24 % untuk agregat kasar dan sebesar 2,88 % untuk agregat halus. Nilai ini lebih rendah dari spesifikasi yang disyaratkan ( $\leq 3\%$ ).

Berat jenis dan penyerapan adalah dua parameter yang saling berkaitan erat. Berat jenis yang tinggi menunjukkan batuan yang padat dan kuat serta menunjukkan porositas yang rendah. Sebaliknya batuan dengan nilai berat jenis kecil menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan porositas yang tinggi. Hasil pemeriksaan berat jenis curah menunjukkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,66 dan untuk agregat halus sebesar 2,94. Nilai ini lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan (> 2,5).

Nilai *Sand Equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat dari debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pemeriksaan diperoleh nilai *Sand Equivalent* agregat halus sebesar 63,395 %. Nilai ini lebih besar daripada spesifikasi yang disyaratkan (> 50 %), ini mengindikasikan bahwa agregat dalam keadaan bersih dan terbebas dari kandungan lumpur, debu, maupun kotoran lain yang dapat mengganggu lekatan agregat dengan aspal.

### 6.1.2. Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Semakin keras aspal ditunjukkan oleh semakin kecilnya angka penetrasi aspal. Semakin keras aspal menunjukkan semakin pekatnya aspal dan semakin besar kohesinya. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasi aspal sebesar 73,8 mm. Nilai ini sesuai untuk aspal AC 60/70 yang harus memiliki angka penetrasi antara 60 mm sampai 79 mm.

Pemeriksaan titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila mendapat temperatur tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai titik lembek aspal sebesar 48° C, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan (48° C – 58° C).

Aspal merupakan bahan yang bersifat thermoplastik, yaitu kekentalannya dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur aspal semakin lunak atau cair. Apabila pemanasan aspal terlalu besar maka aspal akan rusak. Pemeriksaan titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada temperatur 336°C, nilai ini jauh lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan.

Pemeriksaan kelarutan dalam CCL<sub>4</sub> bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam CCL<sub>4</sub>. Jumlah aspal yang larut menunjukkan tingkat kemurnian aspal. Makin besar aspal yang larut kemurnian aspal makin tinggi artinya makin kecil kandungan bahan lain yang dapat mengganggu ikatan aspal dan batuan. Hasil pemeriksaan menunjukkan kelarutan aspal dalam CCL<sub>4</sub> sebesar 99,63 %, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan ( $\geq 99 \%$ ).

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui keliatan atau kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat menggambarkan fleksibilitas campuran. Fleksibilitas campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan tanpa mengalami kerusakan. Hasil pemeriksaan daktilitas menunjukkan nilai 165 cm, lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan ( $>100$  cm).

Berat jenis aspal perlu diketahui untuk merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,049 gr/cc, sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebesar  $>1,00$  gr/cc.

## **6.2. Karakteristik Marshall Campuran Beton Aspal**

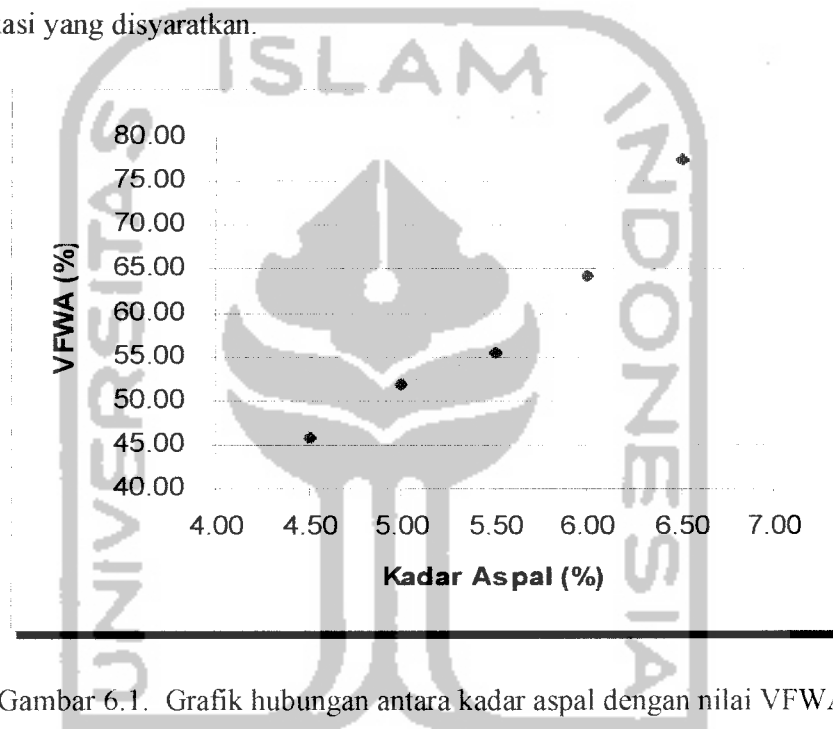
### **6.2.1. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) campuran beton aspal**

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFWA menentukan tingkat keawetan campuran. Semakin besar nilai VFWA berarti rongga yang terisi aspal semakin besar sehingga kedapatan campuran makin besar. Nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan VITM yang terlalu kecil, sehingga apabila perkerasan menerima beban, maka aspal akan naik kepermukaan. Sebaliknya nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedapatan perkerasan semakin kecil sehingga air dan udara akan dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan campuran menjadi berkurang.

Hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 6.1 dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspal ternyata nilai VFWA campuran beton aspal semakin besar. Hal ini disebabkan

karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VFWA menjadi semakin besar.

Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga (1987) adalah 75% - 82%. Dengan demikian campuran beton aspal dengan kadar 6,4% - 6,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.



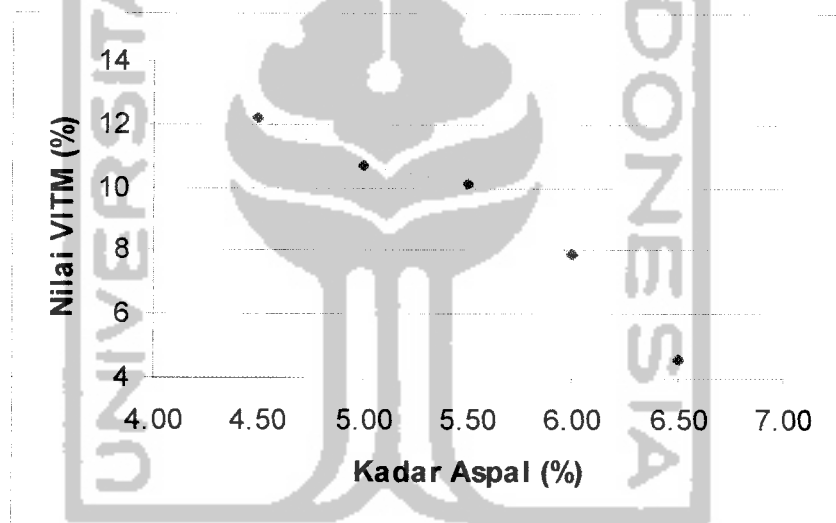
Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA

### 6.2.2. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VITM (*Voids in the Mix*) campuran beton aspal

VITM (*Voids in the Mix*) menyatakan prosentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kededapan campuran. Semakin besar rongga dalam campuran menunjukkan campuran makin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan

diresapi oleh air. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan. Besarnya nilai VITM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi batuan dan cara pemedatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.2 dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai VITM, hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga – rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VITM menjadi semakin kecil.



Gambar 6.2. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM

Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga (1987) adalah 3–5%,. Perkerasan yang memiliki VITM terlalu rendah ( $< 3\%$ ) akan mudah mengalami *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat temperatur perkerasan tinggi, aspal yang mencair bila menerima beban akan mencari tempat yang kosong dan mudah

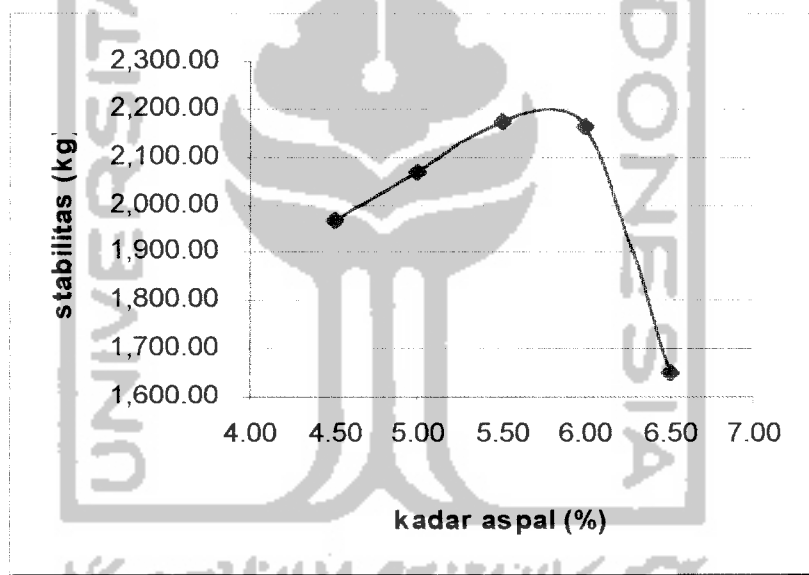
ditembus. Dengan nilai VITM yang rendah berarti rongga yang ada dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup dan mengakibatkan aspal naik ke permukaan. Sebaliknya nilai VITM yang terlalu besar ( $> 5\%$ ) akan mengurangi kedekatan campuran, sehingga keawetan perkerasan menjadi menurun. Dengan demikian nilai VITM yang didapat dari hasil pengujian yang sesuai dengan peraturan Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,35 % - 6,5 %

### 6.2.3. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai Stabilitas campuran beton aspal

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak – retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas atau oleh perubahan bentuk *subgrade*. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya. Kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka penambahan kadar aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa nilai stabilitas naik pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 5,5 %, selanjutnya pada kadar aspal 6 % nilai stabilitas mulai turun. stabilitas optimum terjadi pada kadar aspal antara 5% sampai dengan 6% dengan stabilitas optimum sebesar 2200 kg.

Naiknya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat sehingga kohesi campuran bertambah, kerapatan campuran meningkat sehingga meningkatkan bidang kontak antar agregat dan meningkatkan *interlocking* antar agregat yang selanjutnya akan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Sedangkan penurunan nilai stabilitas disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsinya menjadi pelicin setelah melewati nilai optimum sehingga film aspal menjadi tebal dan mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan bermuara pada turunnya nilai stabilitas campuran.



Gambar 6.3 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai Stabilitas

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga (1987) untuk campuran beton aspal adalah  $> 550$  kg. Dengan demikian semua campuran beton dengan kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5 % memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.



Nilai stabilitas minimum dari semua kadar aspal dicapai pada kadar aspal 6,5 % dengan nilai stabilitas sebesar 1648,4 kg.

#### **6.2.4. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai *flow* (kelelahan) campuran beton aspal**

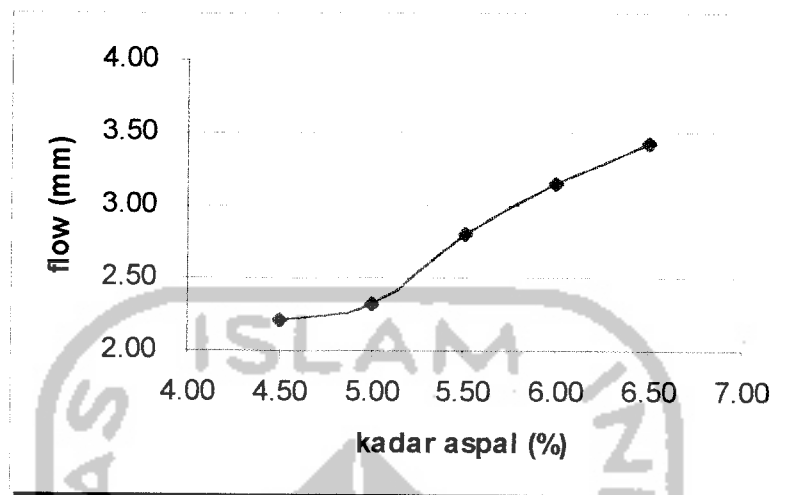
*Flow* atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas, sedangkan campuran dengan kelelahan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.4 dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal nilai *flow* cenderung meningkat. Kenaikan nilai *flow* ini disebabkan karena dengan penambahan kadar aspal maka campuran menjadi semakin plastis, sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

Nilai *flow* yang disyaratkan oleh Bina Marga (1987) untuk campuran beton aspal adalah diantara 2 – 4 mm. Campuran dengan nilai *flow* lebih kecil dari 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah mengalami retak. Sebaliknya campuran dengan nilai *flow* yang terlalu tinggi (> 4 mm) mengakibatkan perkerasan memiliki deformasi yang semakin tinggi. Dari



hasil penelitian nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada kadar aspal 4,5 % - 6,5 %.



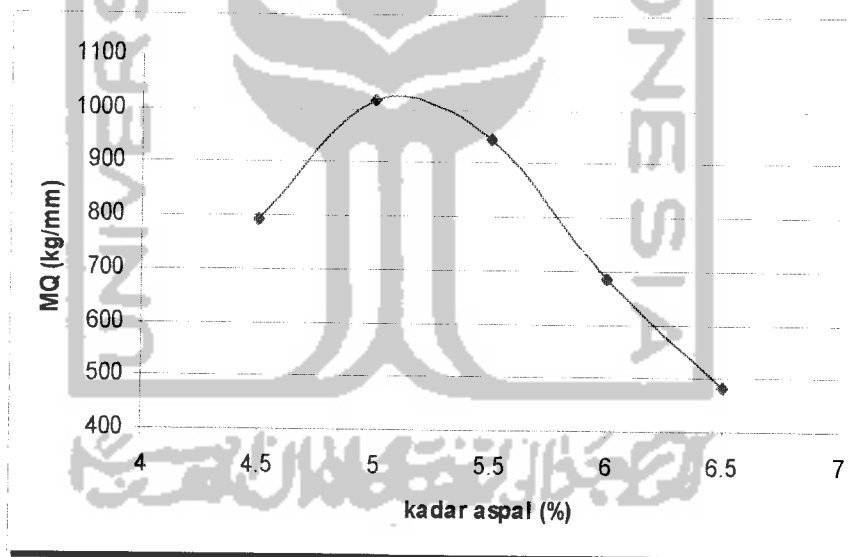
Gambar 6.4. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow*

#### 6.2.5. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai MQ (*Marshall Quotient*) campuran beton aspal

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi berarti campuran kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retak – retak (*cracking*). Sebaliknya campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah campuran akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Besarnya nilai *Marshall Quotient* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi

*frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh kadar viskositas aspal, gradasi agregat dan jumlah dari temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 6.5 dan 5.4. Dapat dilihat penambahan kadar aspal dari 4,5 % sampai 5 % nilai *Marshall Quotient* meningkat sedangkan untuk penambahan kadar aspal diatas 5 % nilai *Marshall Quotient* cenderung menurun. Kenaikan nilai MQ pada campuran beton aspal disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal sehingga kohesi antar agregat meningkat dan mengakibatkan campuran menjadi semakin kaku. Sedangkan penurunan nilai MQ pada campuran aspal beton disebabkan campuran menjadi bersifat plastis dengan penambahan kadar aspal.



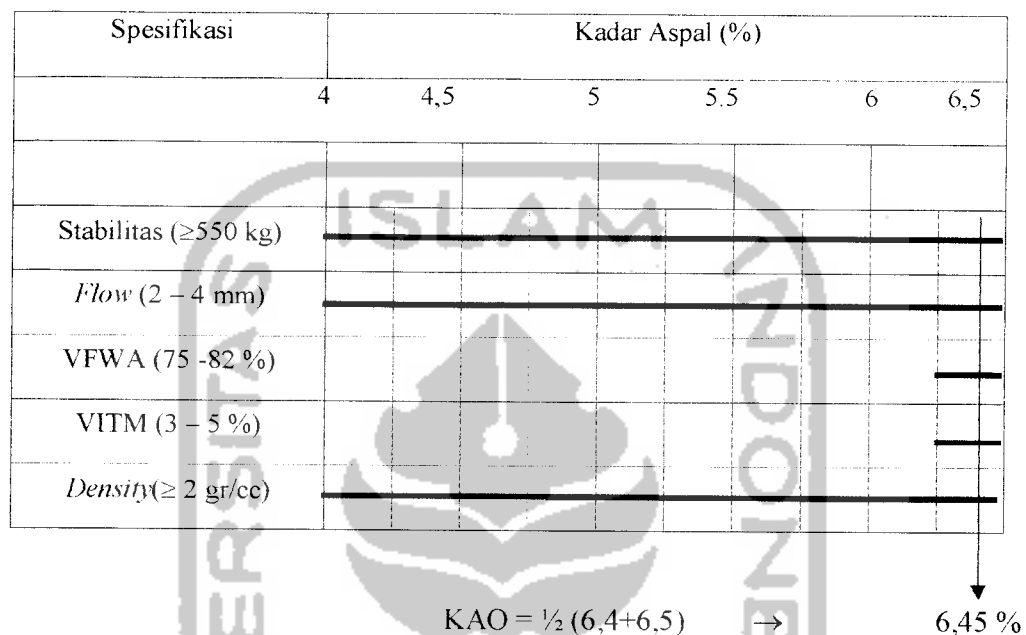
Gambar 6.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient*

### 6.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

Spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum untuk campuran beton aspal grading IV adalah spesifikasi Bina Marga 1987. Kadar

aspal Optimum campuran beton aspal ditentukan dengan cara grafis yang dapat dilihat pada Tabel 6.1. Dari Tabel 6.1 dapat diketahui kadar aspal optimum sebesar 6,45 %.

Tabel 6.1 Kadar Aspal Optimum campuran beton aspal



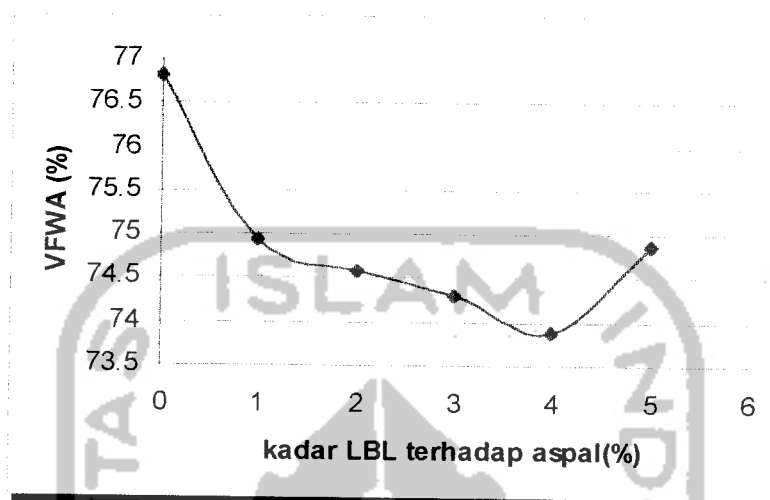
#### 6.4. Karakteristik Marshall Campuran Beton Aspal dengan Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum

##### 6.4.1. Pengaruh Limbah Busa Lateks (LBL) terhadap nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga campuran yang terisi aspal.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan VFWA pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 6.6 dan tabel 5.5. Gambar 6.6 menunjukkan penurunan nilai VFWA pada kadar limbah busa lateks 0% sampai 4%. Hal ini disebabkan oleh karena viskositas aspal meningkat sehingga rongga yang tertutup aspal semakin menurun, sebaliknya pada kadar 5%, nilai VFWA cenderung

meningkat, hal ini disebabkan oleh penambahan kadar busa lateks mengakibatkan volume aspal meningkat sehingga semakin besar volume aspal menyebabkan nilai VFWA semakin tinggi akibat diisi oleh aspal dan limbah busa lateks.

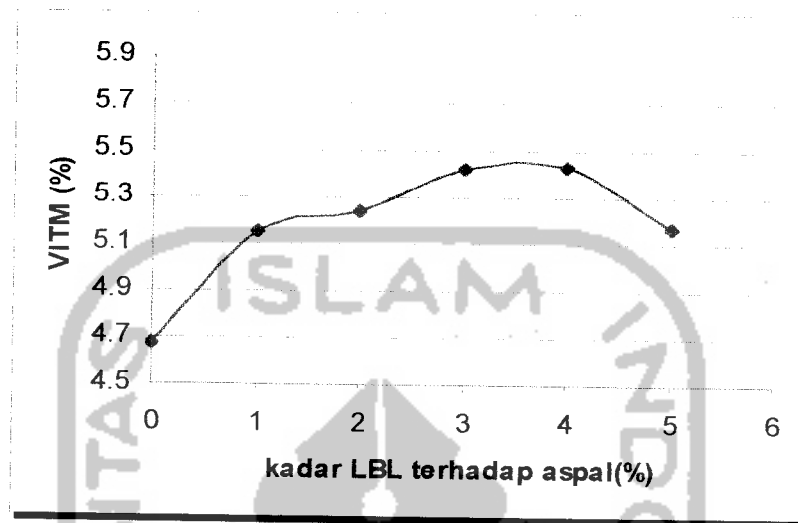


Gambar 6.6 Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai VFWA

#### 6.4.2. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai VITM (*Void in The Mix*) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

VITM menyatakan prosentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.7 dan tabel 5.5. Dapat dilihat bahwa penambahan limbah busa lateks dari 0% sampai 4% akan meningkatkan nilai VITM, sedangkan penambahan limbah busa lateks pada kadar 5%, nilai VITM cenderung menurun. Kenaikan nilai VITM disebabkan oleh viskositas aspal meningkat sehingga rongga yang terisi aspal menurun. Penurunan

nilai VITM disebabkan oleh penambahan limbah busa lateks yang mempengaruhi volume aspal, sehingga semakin besar volume aspal menyebabkan nilai VITM semakin menurun akibat diisi oleh aspal.



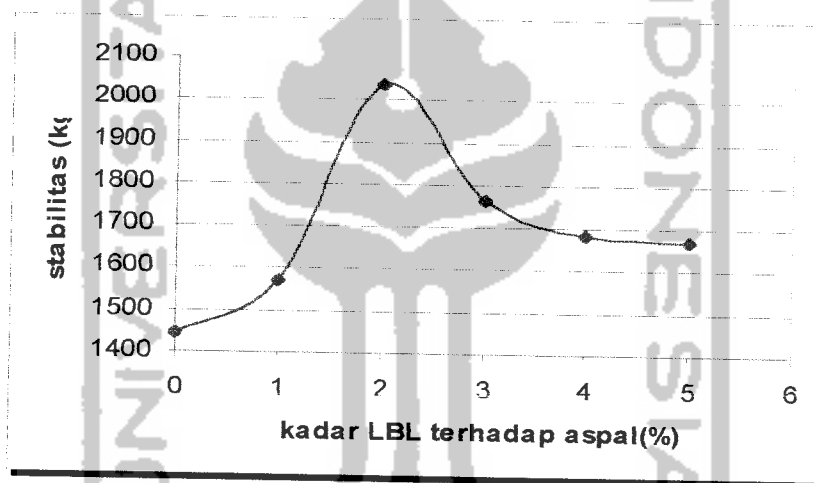
Gambar 6.7. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai VITM

#### 6.4.3. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai Stabilitas campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai stabilitas di ilustrasikan pada Gambar 6.8 dan tabel 5.5. Dapat dilihat bahwa pada rentang penambahan 0% sampai 2% nilai stabilitas campuran beton aspal pada kadar aspal

optimum meningkat secara signifikan yang disebabkan oleh rekatan (*interlocking*) antar agregat meningkat akibat lateks dari busa lateks yang dapat meningkatkan nilai kohesi. Pada rentang kadar limbah busa lateks 2% sampai 5% nilai stabilitas campuran beton aspal pada kadar aspal optimum menurun. Penurunan nilai stabilitas ini disebabkan karena penambahan limbah busa lateks yang berlebihan mengakibatkan volume aspal bertambah sehingga aspal yang menyelimuti agregat menjadi semakin tebal yang berakibat jarak antar agregat dalam campuran semakin besar, hal ini dibuktikan dengan kenaikan nilai VMA pada tiap penambahan kadar LBL seperti dapat dilihat pada gambar 6.12.



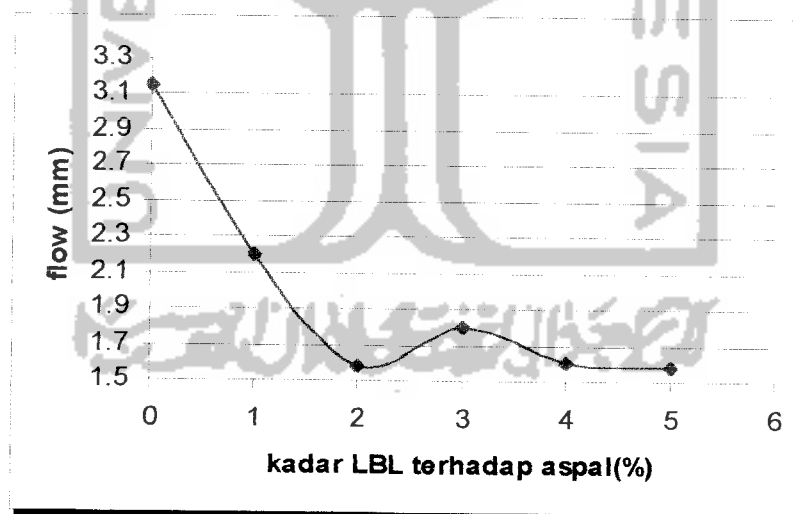
Gambar 6.8. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai Stabilitas

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa penambahan limbah busa lateks berakibat meningkatkan nilai stabilitas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tri Wahyu Nuryata dan Doeva Rimbardi (1997). Dengan nilai stabilitas yang lebih besar diharapkan campuran memiliki ketahanan terhadap *rutting* dan *shoving* lebih besar.

#### 6.4.4. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai *Flow* (kelelahan) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

*Flow* atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.9 dan tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran beton aspal pada kadar limbah busa lateks 0% sampai 2% cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh viskositas aspal meningkat akibat penambahan kadar limbah busa lateks, sedangkan kenaikan nilai *flow* pada kadar limbah busa lateks 3% disebabkan karena kesalahan pada saat pembacaan alat.



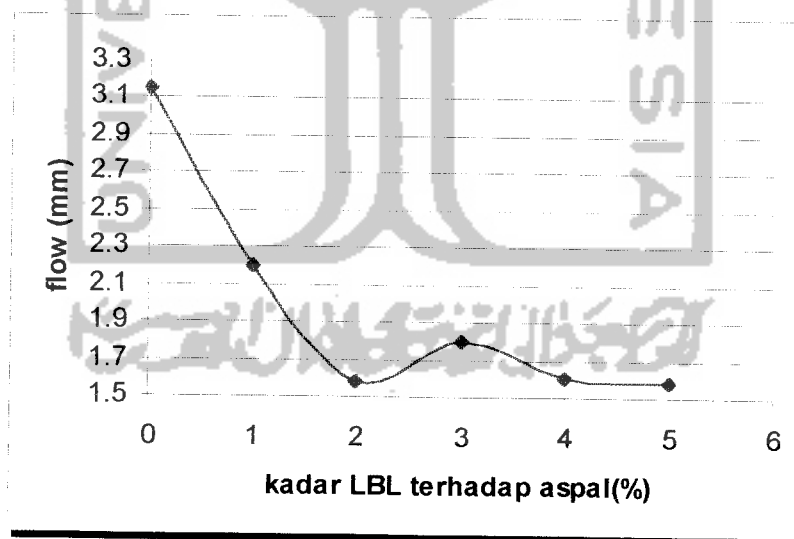
Gambar 6.9. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai *Flow*



#### 6.4.4. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai *Flow* (kelelehan) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

*Flow* atau kelelehan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.9 dan tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran beton aspal pada kadar limbah busa lateks 0% sampai 2% cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh viskositas aspal meningkat akibat penambahan kadar limbah busa lateks, sedangkan kenaikan nilai *flow* pada kadar limbah busa lateks 3% disebabkan karena kesalahan pada saat pembacaan alat.

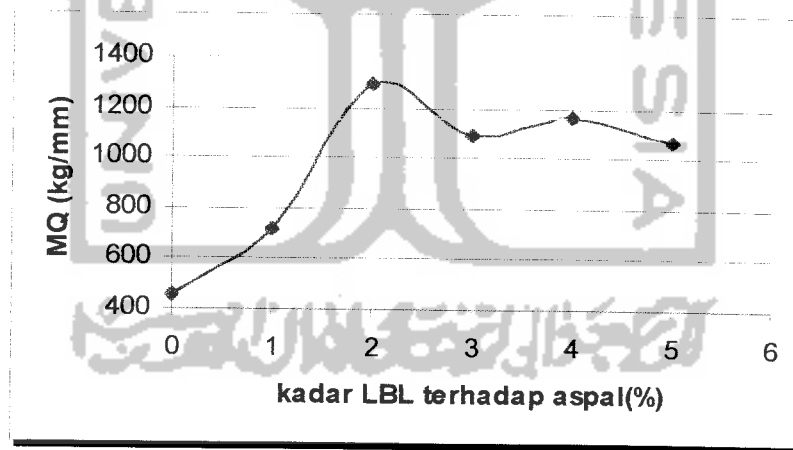


Gambar 6.9. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai *Flow*

#### 6.4.5. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 6.10 dan tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran beton aspal pada kadar limbah busa lateks 0% sampai 2% cenderung mengalami peningkatan yang menunjukkan bahwa kekakuan campuran meningkat dengan penambahan limbah busa lateks. Apabila nilai MQ mengalami penurunan yang menunjukkan campuran semakin fleksibel, yang disebabkan karena busa lateks bersifat lentur. Penurunan nilai MQ pada kadar limbah busa lateks 3% disebabkan karena kesalahan pada saat pembacaan alat.

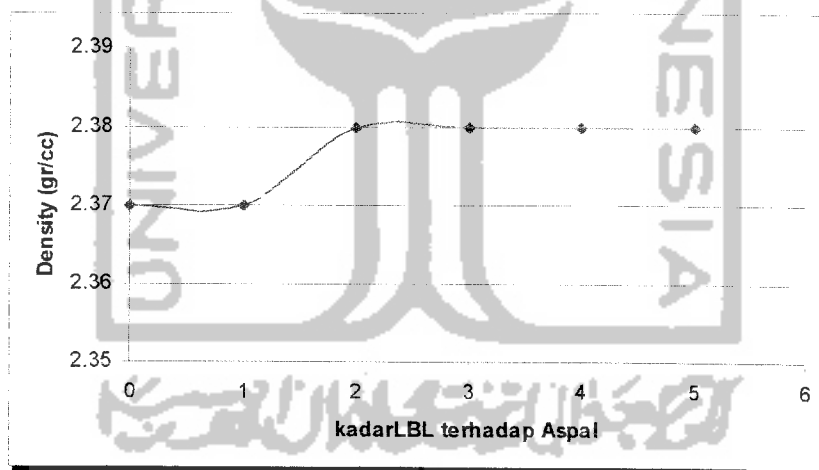


Gambar 6.10. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai *Marshall Quotient*.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tri Wahyu Nuryata dan Doeva Rimbardi (1997), dimana penambahan kadar lateks dapat menaikkan nilai MQ campuran.

#### 6.4.6. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai *Density* campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

*Density* merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran padat tiap satuan volume. *Density* campuran dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi agregat, pelaksanaan pemadatan, baik suhu pemadatan maupun jumlah tumbukannya, kualitas bahan penyusunnya, berat jenis agregat dalam kadar aspal. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan (*density*) tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai kepadatan rendah.



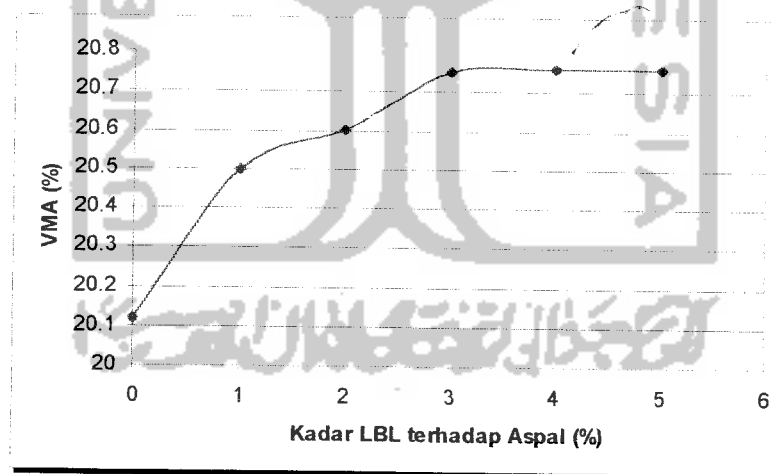
Gambar 6.11. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai *Density*.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *Density* dapat dilihat pada Gambar 6.11 dan tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada kadar

limbah busa lateks 2 % nilai *density* mengalami peningkatan yang relatif kecil, sedangkan pada rentang 0% – 1% dan 2% - 5% cenderung konstan. LBL memiliki berat jenis yang sangat kecil yaitu 0,4736 gr/cc, sehingga secara logika pada berat yang sama memiliki volume yang lebih besar. Dengan demikian semakin besar kadar LBL semestinya *density* semakin kecil, tetapi karena penggunaan LBL pada campuran dalam prosentase yang sangat kecil ( $\leq 5\%$ ) terhadap aspal atau 0,1% terhadap campuran, sehingga pengaruhnya sangat kecil terhadap *density* campuran secara keseluruhan.

#### 6.4.7. Pengaruh limbah Busa Lateks terhadap nilai VMA (*Voids in Mineral Agregates*) campuran beton aspal pada kadar aspal optimum

VMA (*Voids in Mineral Agregates*) adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal, termasuk rongga yang terisi aspal efektif.



Gambar 6.12. Grafik hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum terhadap nilai VMA.

Hubungan antara nilai VMA dengan kadar limbah busa lateks dapat dilihat pada Gambar 6.12. Terlihat bahwa penambahan kadar limbah busa lateks meningkatkan nilai VMA. Hal ini disebabkan karena penambahan limbah busa lateks yang mengakibatkan volume aspal bertambah sehingga aspal yang menyelimuti agregat menjadi semakin tebal yang berakibat jarak antar agregat dalam campuran semakin besar, dan berakibat nilai VMA semakin meningkat dengan penambahan limbah busa lateks.

### 6.5. Penentuan Kadar Limbah Busa Lateks Optimum pada Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

Spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar limbah busa lateks optimum pada kadar aspal optimum untuk campuran beton aspal grading IV adalah spesifikasi Bina Marga 1987. Kadar limbah busa lateks optimum campuran beton aspal pada kadar aspal optimum ditentukan dengan cara grafis yang dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Kadar Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

Spesifikasi	Kadar LBL (%)					
	0	1	2	3	4	5
Stabilitas ( $\geq 550$ kg)	—	—	—	—	—	—
Flow (2 – 4 mm)	—	—	—	—	—	—
VFWA (75 -82 %)	—	—	—	—	—	—
VITM (3 – 5 %)	—	—	—	—	—	—
Density ( $\geq 2$ gr/cc)	—	—	—	—	—	—

↓

$$K \text{ LBL Opt} = 1/2(0+0,7) \rightarrow 0,35 \%$$

## 6.6. Durabilitas Campuran Beton Aspal dengan dan tanpa Limbah Busa Lateks

Untuk mengetahui nilai durabilitas beton aspal, dilakukan pengujian *Immersion* antara campuran beton aspal yang menggunakan limbah busa lateks dan tanpa limbah busa lateks.

Durabilitas pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana ketahanan campuran beton aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks terhadap nilai stabilitas bila direndam dalam air pada suhu 60° C dengan lama perendaman 0,5 jam dan 24 jam.

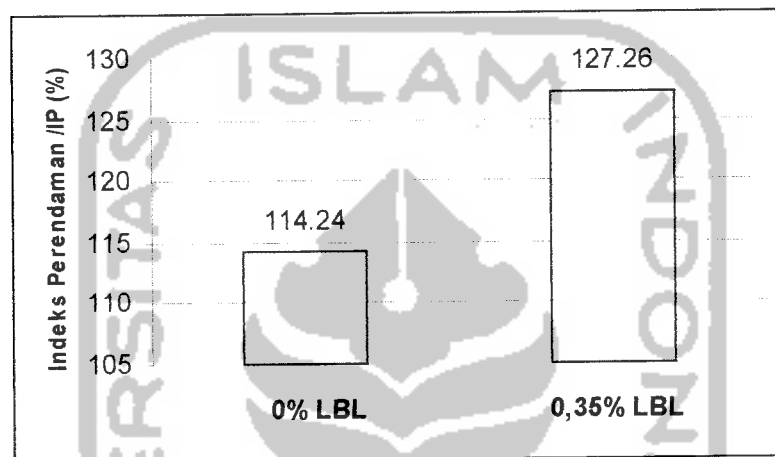
Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai stabilitas pada rendaman 0,5 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Tabel 6.3 dan pada Gambar 6.13.

Tabel 6.3. Hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks dengan nilai Stabilitas pada perendaman selama 24 jam

Kadar LBL (%)	Stabilitas pada berbagai perendaman		Indeks Perendaman (%)
	0,5 jam	24 jam	
	0	1442,77	1648,24
0,35	1486,965	1892,30	127,25

Tabel 6.3 dan Gambar 6.13 mengilustrasikan bahwa nilai stabilitas campuran beton aspal tanpa limbah busa lateks (0 %) dan dengan limbah busa lateks (0,35 %) yang direndam pada suhu 60° C selama 24 jam dibandingkan dengan perendaman 0.5 mengalami kenaikan nilai stabilitas. Berdasarkan teori

nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas yang direndam 0,5. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman air masuk kedalam pori-pori campuran sehingga mengurangi kohesi dan penguncian antar agregat (*interlocking*). Kemungkinan telah terjadi penyimpangan yang dapat disebabkan ketidakteelitian pada saat pembuatan sampel, kesalahan membaca alat, atau sebab lainnya.



Gambar 6.13 Grafik hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai Indeks Perendaman (IP)

Durabilitas campuran juga dapat ditunjukkan dari nilai Indeks Perendaman (IP). Pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.13 dapat dilihat bahwa campuran dengan limbah busa lateks memiliki IP yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal tanpa limbah busa lateks sehingga merupakan indikasi bahwa penambahan limbah busa lateks membuat campuran lebih awet. Campuran memiliki durabilitas yang baik apabila sulit dilewati oleh udara maupun air, sehingga campuran dengan kadar rongga (VITM) rendah cenderung lebih awet. Penelitian ini menunjukkan hasil sebaliknya. Campuran dengan LBL yang memiliki VITM lebih

besar tetapi memiliki IP lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena campuran aspal dan limbah busa lateks memiliki sifat dasar yang kedap air dibanding campuran tanpa LBL. Sifat lebih kedap ini dapat terlihat dari nilai permeabilitas yang lebih rendah pada campuran dengan LBL dibanding campuran tanpa LBL.

Hal ini menunjukkan bahwa durabilitas campuran beton aspal dengan limbah busa lateks lebih baik jika dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa limbah busa lateks, meskipun nilai VITM nya lebih tinggi.

#### 6.7. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap Sifat Fisik Aspal (penetrasi dan titik lembek)

Pemeriksaan sifat fisik aspal dengan limbah busa lateks dilakukan setelah memperoleh kadar limbah busa lateks optimum. Perbandingan sifat fisik aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks dapat dilihat pada Tabel 6.4 serta pada Gambar 6.14 dan Gambar 6.15.

Tabel 6.4. Perbandingan sifat fisik aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks.

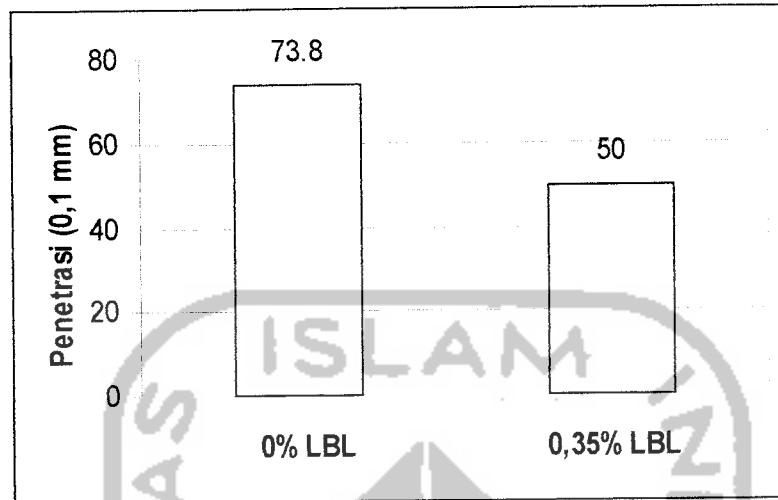
No.	Jenis Pemeriksaan	Kadar LBL		Syarat *)		Satuan
		0%	0,35%	Min	Mak	
1.	Penetrasi (25°C,5 detik)	73,8	50	60	79	0,1 mm
2.	Titik Lembek	48	52,5	48	58	°C

\*) Bina Marga, 1987

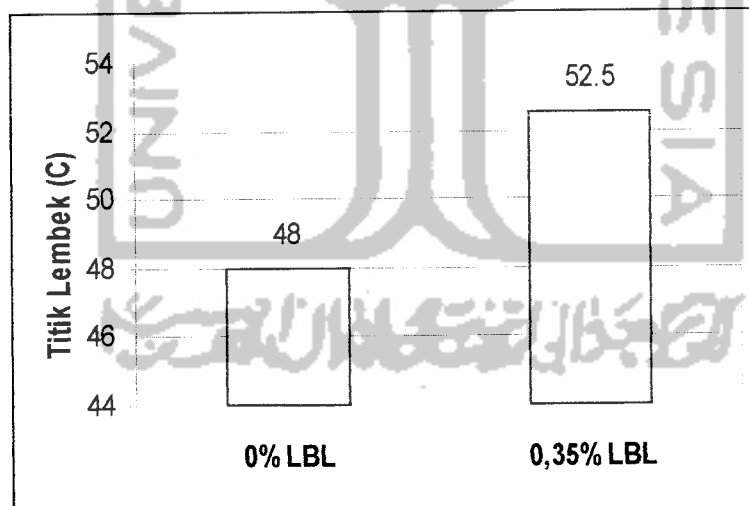
Tabel 6.4 dan Gambar 6.14 menggambarkan kekerasan aspal meningkat dengan penambahan limbah busa lateks. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penetrasi aspal dengan limbah busa lateks lebih rendah dibandingkan aspal tanpa limbah busa lateks. Nilai penetrasi yang lebih rendah ini dapat mengindikasikan bahwa viskositas atau kekentalannya lebih tinggi, sehingga apabila dipergunakan



dalam campuran dapat berakibat nilai VFWA menurun, nilai VITM meningkat dan berakibat nilai koefisien permeabilitas menurun.



Gambar 6.14. Grafik hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai penetrasi aspal



Gambar 6.15. Grafik hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai titik lembek aspal

Hasil titik lembek seperti pada Tabel 6.4 dan Gambar 6.15 menunjukkan aspal dengan limbah busa lateks memiliki nilai titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan aspal tanpa limbah busa lateks. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal dengan limbah busa lateks memiliki kepekaan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal tanpa limbah busa lateks, sehingga apabila dipergunakan dalam campuran beton aspal berakibat nilai durabilitas lebih tinggi seiring dengan nilai IP (Indeks Prendaman) yang meningkat.

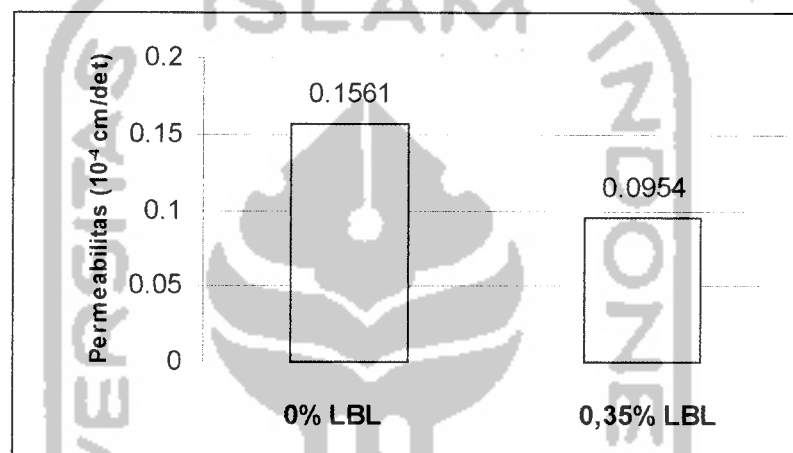
#### **6.8. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap Permeabilitas Campuran Beton Aspal**

Dari hasil pemeriksaan dan analisis uji permeabilitas diperoleh nilai koefisien permeabilitas campuran, yaitu suatu koefisien yang menyatakan jumlah air yang dapat merembes atau melewati bahan dalam satu satuan waktu. Faktor – faktor yang mempengaruhi permeabilitas campuran adalah kadar aspal, porositas yang diwujudkan dalam nilai VITM, gradasi agregat dan komposisi bahan penyusun campuran (Fauziah, M, 2001).

Hubungan antara koefisien permeabilitas campuran beton aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks dapat dilihat pada Tabel 5.8 serta pada Gambar 6.16. Dapat dilihat bahwa koefisien permeabilitas campuran beton aspal tanpa limbah busa lateks lebih tinggi ( $0,1561 \times 10^{-4}$  cm/det) dari campuran beton aspal yang menggunakan limbah busa lateks ( $0,0954 \times 10^{-4}$  cm/det). Hal ini menunjukkan bahwa campuran beton aspal yang menggunakan limbah busa lateks lebih sulit dilewati air dibandingkan campuran beton aspal tanpa menggunakan limbah busa lateks. Hasil ini seiring dengan nilai VITM yang meningkat karena penambahan

limbah busa lateks mengakibatkan viskositas aspal meningkat sehingga rongga yang tertutup aspal menurun.

Bina Marga (1987) tidak mensyaratkan spesifikasi koefisien permeabilitas. Namun jika melihat klasifikasi campuran aspal berdasarkan nilai koefisien permeabilitas yang telah disyaratkan oleh Mullen (1967), maka campuran aspal dengan menggunakan limbah busa lateks termasuk dalam klasifikasi Hampir Kedap (*Practically Impervious*).



Gambar 6.16. Grafik hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan koefisien permeabilitas