

ELASTICITY MODULUS ANALYSIS OF ASPHALT CONCRETE REINFORCED WITH GEOTEXTILE FROM THE RESULT OF BEAM BENDING TEST

ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON ASPAL YANG DIPERKUAT DENGAN GEOTEKSTIL DARI HASIL UJI TEKUK BATANG

Sri Widodo ¹⁾, Bambang Sugeng Subagio ²⁾, Bagus Hario Setiadji ³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta. Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, e-mail : swdd.ums@gmail.com

²⁾Program Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, e-mail : bssubagio@yahoo.com

³⁾Program Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, e-mail : bhsetiadji@yahoo.com

ABSTRACT

Using of geosynthetic in the layer of asphalt concrete pavement has been able to retain the propagation of cracks that occur in asphalt concrete layer from below the geosynthetic to the above of geosynthetic. Given the modulus of elasticity is one of the parameters of ability of asphalt concrete to support the vehicles load, it is necessary to study the influence of geosynthetic on the modulus of elasticity of asphalt concrete reinforced by geosynthetic. This article aims to analyze ability of geosynthetic types of geotextile to increase the value of the elasticity modulus of asphalt concrete. Analyses were performed on beam bending test results of asphalt concrete reinforced with a geotextile. The analysis showed that the geotextile is able to increase elasticity modulus of asphalt concrete. Geotextile is placed on the bottom asphalt concrete section in the middle of binder layer look to increase the largest of elasticity modulus if compared with the laying of geotextile in other places. Geotextile is placed between binder layer and surface layer provide the smallest addition of elasticity modulus.

Key words : elasticity modulus, geosynthetic, geotextile, beam bending test

ABSTRAK

Penggunaan geosintetik di dalam lapisan perkerasan beton aspal telah mampu menghambat penjaralan retak yang terjadi pada lapisan beton aspal di bawah geosintetik ke bagian atas geosintetik. Mengingat modulus elastisitas merupakan salah satu parameter kemampuan beton aspal dalam menahan beban kendaraan, maka perlu diteliti pengaruh geosintetik tersebut terhadap modulus elastisitas beton aspal yang diperkuat dengan geosintetik. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan geosintetik jenis geotekstil untuk menambah nilai modulus elastisitas beton aspal. Analisis dilakukan terhadap hasil penelitian pengujian batang lentur beton aspal yang diperkuat dengan geotekstil. Hasil analisis menunjukkan bahwa geotekstil mampu menambah modulus elastisitas beton aspal. Geotekstil yang diletakkan pada bagian bawah tampang beton aspal di tengah-tengah lapisan binder memberikan penambahan modulus elastisitas terbesar dibandingkan dengan peletakan geotekstil di tempat lainnya. Geotekstil yang diletakkan di antara lapisan binder dan lapisan surface memberikan penambahan modulus elastisitas terkecil.

Kata-kata kunci : modulus elastisitas, geosintetik, geotekstil, uji tekuk batang

PENDAHULUAN

Modulus elastisitas saat ini mulai digunakan sebagai salah satu faktor dalam perancangan tebal lapis perkerasan jalan raya di Indonesia (Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2002). Modulus elastisitas merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi kinerja perkerasan aspal. Jika modulus elastisitas bahan mulai menurun, seperti misalnya terjadinya penuaan aspal, maka perkerasan aspal akan menjadi mudah retak saat menerima beban kendaraan yang berat. Kerusakan juga akan mudah terjadi jika terjadi kemacetan lalu lintas yang akan menambah waktu pembebanan terhadap lapisan perkerasan jalan. Penambahan waktu pembebanan pada bahan perkerasan aspal akan mengurangi nilai modulus elastisitasnya.

Bitumen merupakan bahan visco-elastis, sehingga perubahan bentuknya jika menerima tegangan merupakan fungsi dari temperatur dan waktu pembebanan (Brown, 1990). Selanjutnya karena modulus elastisitas bitumen juga tergantung oleh waktu pembebanan t dan temperatur T , faktor waktu pembebanan dan temperatur perlu dinyatakan dalam perhitungan modulus elastisitas. Persamaan 1 memperlihatkan pengaruh waktu pembebanan dan temperatur ke dalam persamaan modulus elastisitas.

$$S_{t,T} = \frac{\sigma}{\epsilon_{t,T}} \quad (1)$$

dengan : $S_{t,T}$ = modulus elastisitas bitumen pada waktu pembebanan t dan temperatur T .

σ = tegangan yang terjadi pada bitumen

$\epsilon_{t,T}$ = regangan yang terjadi pada bitumen pada waktu pembebanan t dan temperatur T

Bertambahnya temperatur perkerasan dan bertambahnya waktu pembebanan akan diiringi dengan berkurangnya modulus kekakuan. Makin tinggi temperatur perkerasan, waktu pembebanan yang diperlukan untuk mencapai modulus kekakuan suatu campuran aspal semakin pendek (Haryanto dkk, 2003).

Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) dan Modulus resilien campuran aspal yang telah dimodifikasi dilakukan oleh Xiao dan Amirhanian (2008). Modifikasi dilakukan dengan menambahkan *crumb rubber* ukuran kurang dari 0,425 mm dan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Penambahan *crumb rubber* adalah 5 %, 10% dan 15 %, sedangkan penambahan RAP adalah 15%, 25 % dan 30 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *crumb rubber* cenderung menurunkan nilai ITS dan modulus resilien campuran beton aspal. Akan tetapi penambahan RAP menaikkan ITS dan modulus resiliennya.

Teknologi perkuatan lapisan tambahan perkerasan untuk menahan retak refleksi telah dikembangkan di Afrika Selatan dan Amerika. Geosintetik *nonwoven polyester paving fabric* telah digunakan untuk menahan penjaralan retak di atas lapisan perkerasan aspal yang mengalami *block cracking* pada pekerjaan *overlay* di Afrika Selatan pada tahun 1980 (James, 2004). Penjaralan retak baru nampak di permukaan perkerasan jalan pada tahun 1995. Permukaan jalan ini kembali digelar *paving fabric* dan di lapis dengan *double seal* 13,2 mm dan 6,7 mm batuan *chip*. Permuka-

an jalan masih dalam keadaan baik pada tahun 2003. Penggunaan geosintetik sebagai pencegah penjalaran retak pada pekerjaan *overlay* telah mulai di teliti oleh Federal Highway Administration (FHWA) pada tahun 1970 di Amerika. FHWA pada tahun 1977 menyetujui penggunaan *polypropylene nonwoven* sebagai lapisan antara yang berfungsi mencegah penjalaran retak pada pekerjaan *overlay* di atas jalan lama yang telah mengalami retak (Carver dan Sprague, 2000).

Retak pada lapisan tambahan akan terjadi saat gaya-gaya geser dan tekuk akibat beban lalu lintas berat melampaui kekuatan retak lapis aspal tambahan (James, 2004). Geosintetik yang dipasang di atas permukaan jalan lama yang mengalami retak sebelum diberi lapis tambahan di atasnya dapat mencegah penjalaran retak dari lapis perkerasan lama ke lapis perkerasan baru yang ada di atasnya (Khodaii dkk., 2009). Penggunaan *geocomposite* di bawah lapis perkerasan beton aspal dapat meningkatkan ketahanannya terhadap *rutting* (Austin dan Gilchrist, 1996). Letak optimum perkuatan geotekstil pada lapisan perkerasan aspal adalah pada 1/3 tebal dari bawah lapisan (Moussa, 2003). Perkerasan aspal yang diperkuat dengan geosintetik telah mampu menyerap energi yang ditransfer oleh beban kendaraan ke dalam lapis perkerasan aspal (Grabowski dan Pozarycki, 2008).

Modulus elastisitas beton aspal dapat ditentukan melalui pengujian modulus dinamis dan modulus resilien (Robert dkk., 1991). Modulus dinamis ditentukan dengan pemberian beban sinusoidal terhadap benda uji silinder yang mempunyai perbandingan tinggi dan diameter 2:1. Modulus dinamis merupakan perbandingan antara tegangan yang bekerja dibanding dengan regangan vertikal yang terukur. Modulus resilien ditentukan melalui pengujian *Repeated Load Indirect Tensile* (RLIT) (Robert dkk., 1991). Pada pengujian RLIT ini benda uji tidak dibebani sampai runtuh, akan tetapi hanya dibebani sekitar 2 sampai 20 persen dari kuat tarik tak langsungnya. Modulus resilien (M_R) dihitung dengan rumus $M_R = 0,62P/Ht$, dengan P = beban yang bekerja, H = deformasi horisontal, dan t = tebal sampel. Untuk mengevaluasi sifat *fatigue* beton aspal dapat digunakan *Flexural Test*. *Flexural test* dilakukan dengan membebani model balok beton aspal dengan beban berulang pada 2 titik di atas balok beton aspal. *Flexural Stiffness* ditentukan dengan membagi tegangan yang bekerja dengan regangan yang terjadi.

Pada suatu balok dengan tampang empat persegi panjang, modulus elastisitas balok tersebut dapat dicari dari analisis beban dan lendutan. Bila batang balok menerima beban terpusat di tengah bentangnya, maka balok tersebut ditengah bentangnya akan melendut sebesar (Hibbeler, 1999) :

$$\Delta = \frac{PL^3}{48 EI} \quad (2)$$

dengan : Δ = lendutan di tengah bentang
 P = beban terpusat
 L = bentang balok
 E = modulus elastisitas bahan balok
 I = momen inersia tampang balok

Tegangan yang terjadi pada serat tampang balok dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{M.y}{I} \quad (3)$$

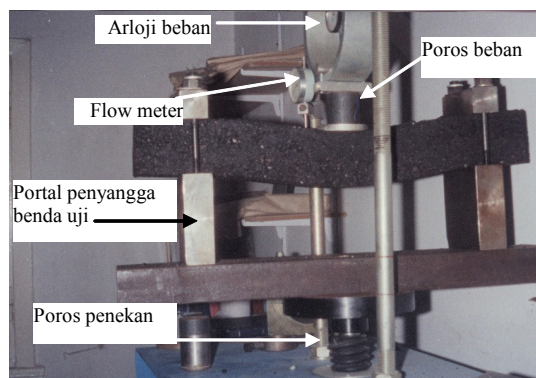
dengan : σ = tegangan yang terjadi pada serat balok beton
 M = momen yang terjadi pada tampang balok
 y = jarak dari pusat berat tampang balok ke serat yang ditinjau
 I = momen inersia tampang balok

Dengan melihat hasil-hasil penelitian sebelumnya yang memperlihatkan kemampuan geosintetik meningkatkan kinerja beton aspal, maka pada artikel ini akan disampaikan hasil analisis penambahan modulus elastisitas beton aspal yang telah diperkuat dengan geosintetik. Analisis dilakukan terhadap hasil penelitian

Moussa (2003) yang telah menghasilkan hubungan antara beban dan deformasi untuk berbagai model beton aspal yang telah diperkuat dengan geotekstil.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan membuat benda uji berupa balok beton aspal. Balok beton aspal ini kemudian diuji kekuatan lenturnya dengan memberikan beban terpusat di tengah bentang balok tersebut. Sebagai alat uji adalah alat Marshall yang telah dimodifikasi seperti terlihat pada Gambar 1. Modifikasi berupa penambahan portal diatas poros penekan yang berfungsi untuk menyangga balok beton aspal. Pada saat batang penekan bergerak ke atas, tengah-tengah balok beton aspal ditahan oleh poros beban alat Marshall. Pembacaan beban dilakukan melalui arloji beban yang terletak di dalam *profing ring*, dan lendutan dibaca melalui *flow meter* yang dipasang diatas tengah-tengah balok beton aspal. Pada pengujian ini yang diamati adalah besarnya beban dan lendutan selama proses pembebanan balok beton aspal tersebut



Gambar 1 : Alat Marshall modifikasi untuk uji balok lentur (Moussa, 2003)

Campuran agregat dan aspal sebelumnya dirancang dengan mempertimbangkan spesifikasi karakteristik beton aspal yang akan diuji modulus elastisitasnya. Untuk merancang campuran digunakan metode Marshall. Pengujian dengan alat Marshall akan menghasilkan karakteristik campuran beton aspal yang terdiri dari stabilitas dan *flow*. Dari analisis rongga terhadap benda uji Marshall akan diperoleh rongga dalam campuran, rongga terisi aspal, dan kepadatan. Untuk jenis gradasi agregat tertentu karakteristik beton aspal akan tergantung oleh kadar aspalnya, sehingga perlu dicari kadar aspal optimum yang menghasilkan karakteristik campuran beton aspal yang memenuhi spesifikasi karakteristik beton aspal.

Berdasarkan rancangan campuran beton aspal yang telah diperoleh dengan metode Marshall, kemudian dibuat benda uji untuk pengujian balok lentur. Benda uji beton aspal dibuat dengan ukuran penampang $8 \times 8 \text{ cm}^2$ dan panjang 60 cm. Kepadatan benda uji dibuat sama dengan kepadatan Marshall pada kadar aspal optimum. Balok beton aspal kemudian di letakkan di antara 2 tumpuan yang berjarak 40cm. Selanjutnya dengan alat Marshall yang telah dimodifikasi (Gambar 1) balok beton aspal ini diuji untuk memperoleh hubungan antara besarnya beban terpusat (P) dan besarnya lendutan (Δ) yang terjadi dibawah beban terpusat.

Modulus elastisitas beton aspal dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2. Tegangan yang terjadi pada serat tampang beton aspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Regangan (ϵ) yang terjadi pada serat tampang beton aspal dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (4)$$

Selanjutnya dapat digambarkan hubungan antara tegangan dan regangan. Dari gambar hubungan antara tegangan dan regangan ini, kemudian ditentukan modulus elastisitas dan modulus keruntuhan beton aspal.

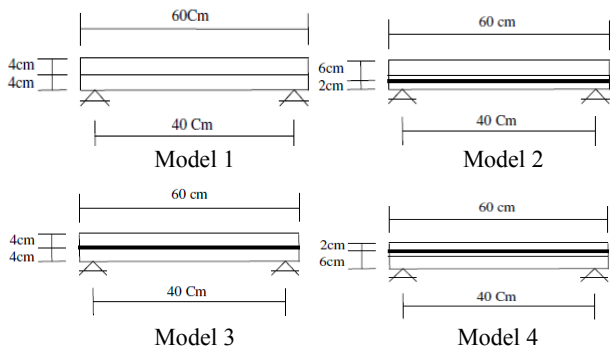
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada artikel ini akan dibahas hasil penelitian Moussa (2003), yang berjudul letak optimum perkuatan geotekstil pada lapisan beton aspal menggunakan metode *beam bending* dengan alat Marshall yang dimodifikasi. Moussa (2003) membuat model balok beton aspal yang terdiri lapisan binder course dan lapisan surface course dengan tebal masing-masing adalah 4 cm. Model terdiri dari 4 macam balok beton aspal masing-masing adalah sebagai berikut :

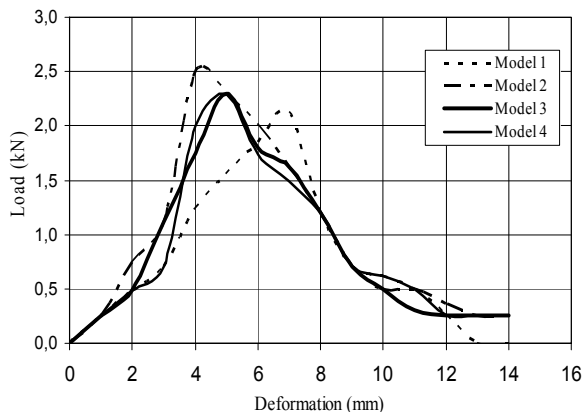
1. Model 1 : tanpa perkuatan,
2. Model 2 : dengan perkuatan geotekstil di tengah lapisan binder course,
3. Model 3 : antara binder course dan surface course,
4. Model 4 : di tengah-tengah lapisan surface course

Ke empat model tersebut adalah seperti terlihat pada Gambar 2.

Hasil penelitian Moussa (2003) seperti terlihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa masing-masing model mempunyai kemampuan maksimum dalam menahan beban vertikal yang ditunjukkan dengan puncak gambar. Berdasarkan Gambar 3, secara grafis dapat diturunkan hubungan antara beban (P) dan lendutan (Δ) seperti pada Tabel 1. Hubungan antara beban dan lendutan diambilkan dari Gambar 3 sebanyak 7 buah. Tujuh buah beban dan lendutan tersebut masing-masing mewakili di sebelah kiri puncak, pada puncak, dan di sebelah kanan puncak. Berdasarkan Tabel 1, modulus keruntuhan dan tegangan maksimum yang terjadi pada serat bagian bawah beton aspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Hasil perhitungan seperti pada Tabel 2.



Gambar 2. Model pengujian balok beton aspal yang diperkuat geotekstil (Moussa, 2003)



Gambar 3. Hubungan antara Load dan Deformation Batang Beton Aspal (Moussa, 2003)

Secara teoritis modulus elastisitas suatu bahan merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan (persamaan 1). Modulus elastisitas ini ditunjukkan pada bagian awal gambar hubungan antara tegangan dan regangan yang berbentuk garis lurus. Pada saat bahan mengalami kelelahan maka gambar hubungan antara tegangan dan regangan akan berbentuk lengkung dan saat mengalami keruntuhan ditunjukkan dengan puncak lengkung tersebut. Perbandingan antara tegangan dan regangan pada puncak lengkung disebut dengan modulus keruntuhan.

Tabel 1. Hubungan antara beban (P) dan lendutan (Δ)

Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)
2,0	0,49	2,0	0,74	2,0	0,49	2,0	0,49
4,0	1,24	4,0	2,50	4,0	1,75	4,0	2,00
6,0	1,85	4,2	2,52	5,6	2,54	5,4	2,5
7,4	2,10	6,0	2,00	6,0	1,80	6,0	1,74
8,0	1,20	8,0	1,20	8,0	1,20	8,0	1,20
10,0	0,62	10,0	0,50	10,0	0,50	10,0	0,62
12,0	0,25	12,0	0,37	12,0	0,25	12,0	0,25

Tabel 2. Hubungan antara modulus keruntuhan (E) dan tegangan maksimum (σ_{max})

Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
E kN/Cm ²	σ_{max} kN/Cm ²	E kN/Cm ²	σ_{max} kN/Cm ²	E kN/Cm ²	σ_{max} kN/Cm ²	E kN/Cm ²	σ_{max} kN/Cm ²
9,57	0,06	14,45	0,09	9,57	0,49	9,57	0,06
12,11	0,15	24,41	0,29	17,09	1,75	19,53	0,23
12,04	0,22	23,44	0,30	17,72	2,54	18,08	0,29
11,09	0,25	13,02	0,23	11,72	1,80	11,33	0,20
5,86	0,14	5,86	0,14	5,86	1,20	5,86	0,14
2,42	0,07	1,95	0,06	1,95	0,50	2,42	0,07
0,81	0,03	1,20	0,04	0,81	0,25	0,81	0,03

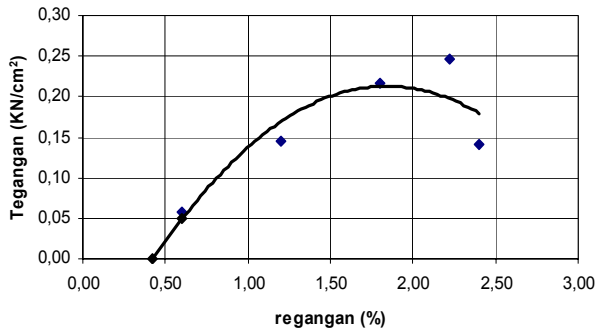
Tabel 3. Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ)

Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
σ kN/Cm ²	ϵ %	σ kN/Cm ²	ϵ %	σ kN/Cm ²	ϵ %	σ kN/Cm ²	ϵ %
0,06	0,60	0,09	0,60	0,49	0,60	0,06	0,60
0,15	1,20	0,29	1,20	1,75	1,20	0,23	1,20
0,22	1,80	0,30	1,26	2,54	1,68	0,29	1,62
0,25	2,22	0,23	1,80	1,80	1,80	0,20	1,80
0,14	2,40	0,14	2,40	1,20	2,40	0,14	2,40
0,07	3,00	0,06	3,00	0,50	3,00	0,07	3,00
0,03	3,60	0,04	3,60	0,25	3,60	0,03	3,60

Berdasarkan data yang ada di Tabel 2, hubungan tegangan dan regangan dapat dihitung dengan persamaan 1. Hasil perhitungan tegangan dan regangan yang terjadi pada serat bagian bawah balok beton aspal dapat dibaca pada Tabel 3. Selanjutnya untuk mengetahui besarnya modulus elastisitas beton aspal perlu dibuat gambar hubungan antara tegangan dan regangan. Gambar 4 sampai dengan Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara tegangan dan regangan untuk berbagai macam model batang beton aspal. Semua model memperlihatkan bahwa pada awalnya gambar berbentuk lurus, kemudian berbentuk lengkung dengan arah

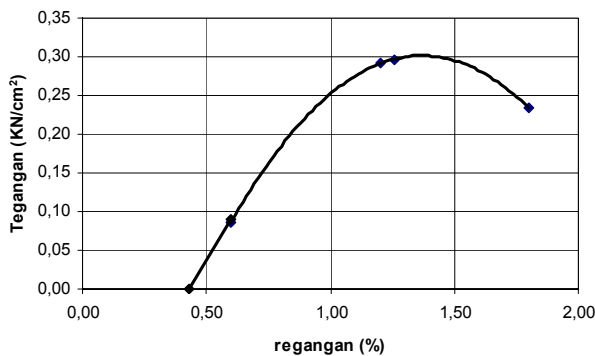
ke atas, dan kemudian pada suatu tegangan tertentu gambar berubah menjadi lengkung dengan arah ke bawah.

Gambar hubungan tegangan yang berbentuk lurus menunjukkan bahwa bahan masih bersifat elastik sempurna, sedangkan yang berbentuk lengkung memperlihatkan bahwa bahan sudah tidak elastis sempurna. Beban pada lapisan beton aspal yang menyebabkan tegangan pada fase elastis sempurna tidak akan menyebabkan kerusakan pada lapisan beton aspal. Akan tetapi beban yang menyebabkan tegangan pada fase elastis tidak sempurna akan menyebabkan retak pada bagian beton aspal yang mengalami tegangan tersebut.



Gambar 4. Hubungan tegangan dan regangan Model 1

Berdasarkan Gambar 4 sampai dengan Gambar 7 modulus elastisitas dan modulus keruntuhan dapat ditentukan, dan hasilnya seperti terlihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa secara keseluruhan geotekstil mampu meningkatkan modulus elastisitas dan modulus keruntuhan struktur lapisan beton aspal.

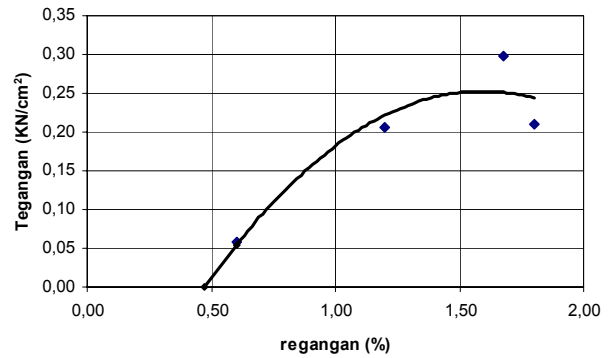


Gambar 5. Hubungan tegangan dan regangan Model 2

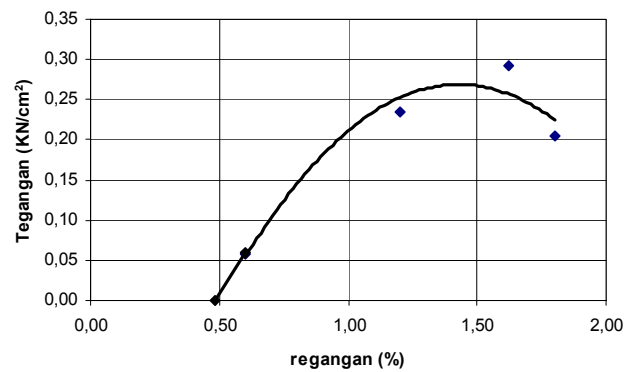
Model 2 dengan perkuatan geotekstil yang diletakkan di bawah tampang beton aspal yang terletak di tengah-tengah lapisan binder mempunyai modulus elastisitas dan modulus keruntuhan yang lebih besar dibandingkan dengan model lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa model seperti ini paling efektif dalam memberikan perkuatan lapisan beton aspal saat menerima beban vertikal. Akibat beban vertikal lapisan beton aspal akan mengalami lendutan yang menyebabkan bagian bawahnya mengalami tegangan tarik. Jika tidak diperkuat, maka lapisan beton aspal ini akan mengalami retak di bagian bawahnya saat kuat tariknya terlampau. Keretakan yang terjadi pada tampang beton aspal akan memperkecil momen inersia tampangannya, sehingga modulusnya akan menurun. Geotekstil akan melawan tegangan tarik ini sehingga serat bagian bawah beton aspal tidak cepat menjadi retak.

Model 3 dengan perkuatan geotekstil di antara lapisan binder dan surface paling kecil dalam memberikan penambahan modulus dibandingkan dengan model perkuatan yang lainnya. Dengan model ini geotekstil kurang efektif memberikan perkuatan terhadap lapisan beton aspal. Ketika terjadi peregangannya pada interface antara lapisan binder dan lapisan surface terjadi slip antara

ra 2 lapisan ini, sehingga geotekstil dengan beton aspal di atas dan di bawahnya tidak menjadi satu kesatuan balok komposit yang lebih kokoh dalam menahan tegangan tarik yang terjadi.



Gambar 6. Hubungan tegangan dan regangan Model 3



Gambar 7. Hubungan tegangan dan regangan Model 4

Tabel 4. Modulus elastisitas dan modulus keruntuhan berbagai model beton aspal yang diperkuat dengan geotekstil

Model	Modulus elastisitas (kN/cm ²)	Modulus keruntuhan (kN/cm ²)
1	27,78	11,46
2	52,94	22,22
3	42,31	15,15
4	50,00	16,25

Model 4 dengan perkuatan geotekstil di tengah-tengah lapisan surface memberikan penambahan modulus elastisitas dan modulus keruntuhan sedikit dibawah model 2. Perkuatan geotekstil sebetulnya cukup efektif, akan tetapi karena penjarangan keruntuhan karena tarik lentur dimulai dari serat bagian bawah balok, maka modulus keruntuhannya cepat terjadi begitu fase elastisitasnya dilalui.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil penelitian Moussa (2003) terhadap beton aspal yang diperkuat dengan geotekstil dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan geotekstil yang diletakkan di dalam lapisan beton aspal mampu meningkatkan modulus elastisitas dan modulus keruntuhan beton aspal.
2. Letak geotekstil pada bagian bawah tampang beton aspal yang terletak di tengah-tengah lapisan binder merupakan letak yang optimum, karena memberikan modulus elastisitas dan modulus keruntuhan yang paling besar.
3. Perkuatan geotekstil yang diletakkan di antara lapisan binder dan lapisan surface kurang efektif karena terjadi slip antara 2 lapisan tersebut, sehingga penambahan perkuatannya terhadap

beton aspal terkecil dibandingkan dengan model perkuatan yang lainnya.

4. Letak geotekstil ditengah lapisan surface memberikan penambahan modulus elastisitas cukup baik, akan tetapi modulus keruntuhannya cepat terjadi setelah fase elastisitasnya dilampaui.

SARAN

Hasil penelitian dan analisis ini masih banyak menyisakan pertanyaan yang perlu dijawab dengan penelitian lanjutan. Penelitian lanjutan yang disarankan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh peregangannya atau penegangannya awal geotekstil terhadap kemampuannya memberikan perkuatan terhadap lapisan beton aspal.
2. Penelitian terhadap jenis geosintetik lainnya, misalnya geogrid dan geokomposit untuk memperkuat lapisan beton aspal.
3. Kemampuan geosintetik sebagai perkuatan beton aspal dalam menahan kelelahan dan *rutting* akibat beban berulang

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, R.A. dan Gilchrist, A.J.T. (1996). "Enhanced Performance of Asphalt Pavements Using Geocomposites". *Geotextiles and Geomembranes* 14 pp.175-186, Elsevier Science Limited, Ireland.
- Brown, S. (1990). *The Shell Bitumen Handbook*. Shell Bitumen U.K.
- Carver, C. dan Sprague, C.J. (2000). *Asphalt Overlay Reinforcement*. Geotechnical Fabric Report Magazine.
- Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, (2002). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B*. Jakarta.
- Grabowski, W. dan Pozarycki, A. (2008). "Energy Absorption In Large Dimension Asphalt Pavement Samples Reinforced With Geosynthetics". *Foundation of Civil and Environmental Engineering*, No.11 pp.17-28, Poznan University of Technology, Poland.
- Haryanto, D. Aschuri, I. dan Yamin, R.A. (2003). "Temperature and Time Loading Influence on Stiffness Modulus of Asphalt Concrete Mixture and Design Life by Using Analytical Method on Indonesian Tropical Condition". *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.4, October, 2003.
- Hibbeler, R.C.(1999). *Structural Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- James, G.M. (2004). "Geosynthetic Materials As Asphalt Reinforcement Interlayers: The Southern African Experience". *Proceeding of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04)*, Sun City, South Africa.
- Khodaii, A., Fallah, S., dan Nejad, F.M. (2009). "Effects of Geosynthetics on Reduction of Reflection Cracking in Asphalt Overlays". *Geotextiles and Geomembranes*, pp.1-8, Elsevier, Miamisburg United States.
- Moussa, G.K.M. (2003). "The Optimum Location of Geotextile Reinforcement in Asphalt Layers". *Alexandria Engineering Journal*, Vol.42 No.1 pp.103-111, Faculty of Engineering Alexandria University, Egypt.
- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R, Lee, D.Y., dan Kennedy, T.W. (1991). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. NAPA Education Foundation Lanham, Maryland.
- Xiao, F. dan Amirkhanian, S. (2008). "Resilient Modulus Behavior of Rubberized Asphalt Concrete Mixtures Containing Reclaimed Asphalt Pavement". *Road, Materials and Pavement Design*. Volume 9, Issue 4 - 2008 - pp.633-649.