

Pengamatan Lentutan dan Rambatan Retak pada Perkerasan Lentur Diperkuat Geosintetik Akibat Beban Siklik

Nugroho S A¹⁾
Inna Kurniati²⁾

Abstrak

Salah satu jenis kerusakan jalan adalah retak refleksi yaitu retak yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak ini terjadi karena perkerasan yang mengalami retak tidak diperbaiki dengan benar. Perbaikan yang dilakukan pada umumnya menutup retak dengan aspal cair sebelum pelaksanaan overlay.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku perkerasan lentur di laboratorium diperkuat dengan geosintetik serta pengaruh beban siklik pada lentutan di perkerasan lentur pada beberapa variasi kandungan aspal.

Studi juga memperlihatkan bahwa pada kadar aspal optimum, bahan geotekstil paling mampu mereduksi besarnya lentutan dan kecepatan rambatan retak dibandingkan pada kadar aspal di bawah dan di atas kadar optimal.

Kata-kata Kunci: Geosintetik, overlay, retak refleksi, lentutan.

Abstract

Reflection crack is one type of road crack. Repairing is usually done by overlay.

This research examined role of geosintetics as reinforcement in overlay of flexible pavement. This research is done by making a beam model made of aggregate and asphalt, representing flexible pavement. Models are tested with cyclic loads. Observation is focused on the influence of asphalt content and using geotextile to the rate of crack propagation.

At optimum asphalt content, result shows that geosintetics reduces displacement and rate of crack propagation.

Keywords: Geosintetics, overlay, reflection crack, displacement.

1. Pendahuluan

Rendahnya kuat dukung tanah dasar umumnya menjadi masalah yang sangat serius untuk dipecahkan dalam perencanaan bangunan teknik sipil. Kondisi ini misalnya terjadi di daerah rawa, tanah kohesif (lempung), dan tanah gambut. Akibat adanya penurunan yang tidak merata pada lapis fondasi menyebabkan retak-retak pada lapis permukaan perkerasan (*surface course*). Retak akan merambat ke atas sejalan dengan waktu selama lapis keras tersebut dibebani secara dinamik (lalulintas) yang lewat di atasnya.

Salah satu jenis kerusakan jalan sesuai klasifikasi dari Bina Marga adalah retak refleksi (*reflection crack*)

(Sukirman, 1993). Jenis retak ini berupa retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak, yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Alternatif yang sering dipakai adalah memberi lapis tambahan di permukaan perkerasan lama (*overlay*), karena bagian dasar tidak diperbaiki, maka wajar bila *overlay* cepat mengalami kerusakan. Perbaikan yang sering dilakukan dengan cara mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir untuk retak memanjang, melintang, dan diagonal, sedang untuk bentuk kotak, perbaikan dilakukan dengan membongkar dan melapisi kembali dengan bahan yang sesuai, setelah itu dilanjutkan dengan *overlay*.

Perkuatan tanah dasar menggunakan lembaran yang terbuat dari bahan polimer sintetis (geosintetik) adalah

1. Departemen Teknik Sipil, Universitas Riau.

2. Departemen Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.

Catatan : Usulan makalah dikirimkan pada 1 Juni 2006 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 3 Juli 2006 - .3 Agustus 2006. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 7 Agustus 2006 hingga 11 Nopember 2006.

merupakan cara yang relatif baru. Fungsi utama geosintetik adalah untuk memperkuat tanah dasar (*reinforcement*), sebagai media pemisah (*separation*), filter, dan drainase (Koerner, 1986; Weng, 1983). Sebagai perkuatan *surface course* pada *pavement* mekanisme fungsi *membrane* adalah sebagai jembatan untuk mendistribusikan beban ke bawah (Rankilor, 1981).

2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perilaku *pavement* lama setelah diperkuat dengan geosintetik, dan mengetahui fungsi dan jenis geosintetik dalam mereduksi besar lendutan pada pelaksanaan *overlay*.

3. Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan bahan geosintetik untuk perkuatan lapis perkerasan antara lain menggunakan bahan *polyester* dan *glass-fiber grids* (Schuster dan Kuenzer, 1989) dengan menempatkan bahan tersebut pada kedalaman 30 – 40 mm pada *pavement* sebagai pencegahan terjadinya *reflective cracking*. Penempatan geosintetik tipe nir-anyam (Floss, 1989) yang ditempatkan pada *subgrade*, sebagai bahan untuk mereduksi retak pada perkerasan lentur. Selain itu, analisis pendekatan retak refleksi (Kief dkk, 1994) dengan pembuatan model lapis perkerasan di laboratorium. Bahan geosintetik yang digunakan dari bahan *polyester* dan *fiberglass*, demikian pula Brown (1985) dengan penempatan bahan geosintetik (*polymer grid*) yang divariasikan letaknya. Pendekatan tentang perilaku bahan geosintetik tipe nir-anyam sebagai filter yang ditempatkan di atas *subgrade* (tanah lempung jenuh), dengan pembebanan siklik (Widianti, 2001), bahan ini dapat menghambat terjadinya penetrasi butiran halus ke lapis di atasnya.

Pada penelitian ini, bahan geosintetik diaplikasikan pada perkerasan lentur dan dilakukan dengan pemodelan di laboratorium dengan mengacu pada percobaan Brown (1985). Geosintetik ditempatkan di dasar beam yang merupakan idealisasi dari kondisi di lapangan, yaitu geosintetik ditempatkan di atas lapis perkerasan lama yang telah retak sebelum dilaksanakan *overlay*. Jenis geosintetik yang dipakai adalah tipe nir-anyam dan tipe anyaman. Jenis tersebut belum pernah diaplikasikan oleh peneliti terdahulu, selanjutnya beam diuji dengan beban siklis standart (0,9 ton) dan beban maksimum (1,5 ton). Frekuensi yang digunakan adalah 1,7 Hz dengan asumsi kecepatan kendaraan sebesar 30 km/jam. Pengamatan difokuskan pada pengaruh perkuatan geosintetik terhadap lendutan dan rambatan retak. Kadar aspal divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap bahan geosintetik sebagai bahan perkuatan (Nugroho SA, 2005).

3.1 Karakteristik hot mix

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas *hot mix* antara lain, 1) Stabilitas lapisan perkerasan jalan mampu menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, atau *bleeding*, 2) Durabilitas sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu, atau keausan akibat gesekan kendaraan, 3) Fleksibilitas yaitu mampu menahan beban lalu lintas berulang tanpa timbul retakan dan perubahan volume. 4) Kekesatan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik saat hujan atau basah maupun saat kering, 5) Kedap air 6) *workability*, 7) Ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*) menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

3.2 Pembebanan dinamis

Jika pada suatu struktur dikenai beban luar yang bekerja secara terus menerus atau periodik, maka struktur akan menirukan bentuk getaran sesuai dengan bentuk getaran paksa. Salah satu respon getaran paksa tersebut berbentuk getaran periodik. Getaran periodik yang paling sederhana adalah getaran selaras/harmonis yang ditampilkan dalam fungsi Sinus atau Cosinus (Clough dan Penzien, 1988).

Pada penelitian ini, bahan geosintetik diaplikasikan pada perkerasan lentur dengan pembuatan model di laboratorium, mengacu pada percobaan Brown (1985). Geosintetik ditempatkan di dasar *beam* yang merupakan idealisasi dari kondisi di lapangan, yaitu geosintetik ditempatkan di atas lapis perkerasan lama yang sudah retak sebelum dilaksanakan *overlay*.

4. Metodologi Penelitian

4.1 Bahan

Bahan yang diperlukan berupa agregat dengan gradasi sesuai spesifikasi dari Bina Marga. Aspal AC 60/70 dalam kondisi cair dan panas. Geosintetik jenis anyaman dan nir-anyam.

4.2 Alat

- a. Alat Uji Beban Dinamis, meliputi: a) *actuator*, alat pembangkit getaran dengan kapasitas 20 ton yang dapat bergerak naik turun memberikan beban siklik (berulang) membentuk gelombang sinusoidal, b) *load cell* digunakan untuk mengukur dan mengetahui besarnya beban yang diberikan pada benda uji, c) *controller*, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *load control*.
- b. Alat Pembuatan beton (**Gambar 2b**).

4.3 Prosedur

- Uji pendahuluan untuk mengetahui kualitas aspal dan agregat yang memenuhi persyaratan bina marga

- Perancangan pembuatan benda uji Marshall dan pengujian Marshall untuk mencari kadar aspal optimum.
- Perancangan pembuatan beam untuk uji siklik
 disiapkan kayu untuk melekatkan bahan geosintetik, peletakan kayu diberi gap di tengah selebar 1cm, diasumsikan sebagai retakan pada perkerasan lama. Kayu dijemur hingga kering sebelum dipergunakan sehingga aspal dapat bekerja efektif melekatkan geosintetik pada permukaan kayu. Agar permukaan rata, dituangkan sirtu pada dasar cetakan
- Tahap pembuatan beam
 disiapkan agregat dengan mix design yang telah ditentukan. Agregat dipanaskan sampai suhu pencampuran 140° C, kemudian aspal dipanaskan dengan 154°C. Agregat dicampur dengan aspal. Disiapkan cetakan dengan lapis paling bawah adalah sirtu, kemudian di atasnya diletakan kayu dengan diberi gap pada tengah bentang selebar 1 cm. Pada baguan gap diisi dengan pasir. Di atas katu dituangkan hotmix kemudian dipadatkan dengan alat pemadat getar. Bila akan diberi geosintetik, maka sebelum dituangkan hotmix, kayu dilapisi aspal untuk melekatkan bahan geosintetik, kemudian hotmix dituangkan di atas lapisan bahan geosintetik. Setelah dingin cetakan dilepas, pasir yang mengisi gap dibersihkan

5. Metode Pengujian

5.1 Mix design untuk pembuatan benda uji

Dari uji Marshall diperoleh density sebesar 2,3325 gram/cm³ dan kadar aspal optimum 6,55%. Berdasar nilai density dan kadar aspal optimum tersebut, dihitung jumlah agregat untuk pembuatan beam. Kemudian disusun komposisi agregat sesuai ketentuan gradasi No IV (Bina Marga), selanjutnya komposisi mix design dipakai untuk membuat benda uji (beam). Mix-design dibuat tiga kondisi yang mewakili variasi kadar aspal, yaitu kadar aspal optimum (6,5%), dibawah optimum (6,0%), dan di atas optimum (7,0%). Kondisi pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Geosintetik di letakan di atas kayu (idealisasi perkerasan lama), sementara celah diantara kayu sebagai idealisasi retak refleksi perkerasan lama. (Gambar 2a).

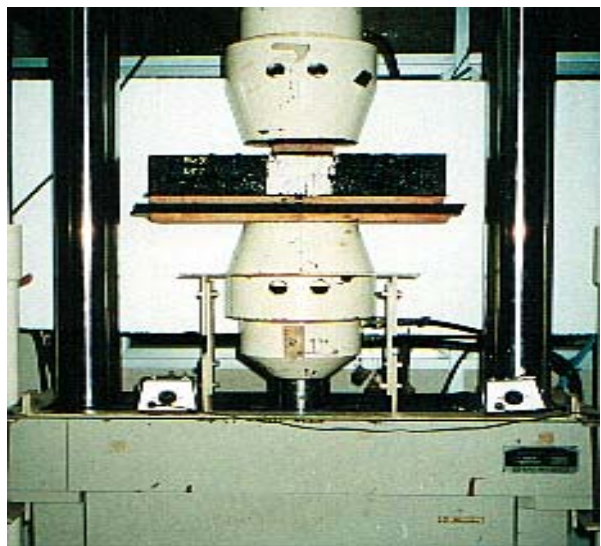
5.2 Uji beban siklik

Beam yang telah dicetak dibiarkan di dalam ruangan minimal selama 2 (dua) hari sebelum diuji, agar ikatan aspal dengan agregat sudah efektif. Beam yang siap diuji diletakan pada alat servopulser untuk diuji siklik, dengan frekuensi dan beban siklik tertentu. Untuk mempermudah pengamatan lendutan pada beam, di tengah bentang diberi cat putih selebar kurang lebih 10 cm. Setelah kering, digaris arah horisontal dengan jarak 0,5 cm sebagai tanda untuk memudahkan pengamatan panjang retak yang terjadi. Beam yang siap diuji ditempatkan pada alat servopulser untuk diuji beban siklik, dengan frekuensi dan beban siklik tertentu.

6. Hasil Pengujian dan Pembahasan

6.1 Kadar aspal optimum

Lendutan permanen pada beam tanpa perkuatan (UR) mencapai 0,75 mm pada beban standar yang dicapai



Gambar 1. Alat uji beban siklik

Tabel 1. Variasi model perkerasan, kadar aspal, dan tipe pengujian

Kondisi perkerasan (flexible pavement) / beam	Beban siklik standart			Beban siklik Maksimum			Jumlah
	Kadar aspal			Kadar aspal			
	6%	6,5%	7%	6%	6,5%	7%	
Tanpa perkuatan (UR)		1			1		2
Perkuatan non woven (RNW)	1	1	1	1	1	1	6
Perkuatan woven (RW)	1	1	1	1	1	1	6

6.2 Kadar aspal tidak optimum dan perkuatan geosintetik nir-anyam

Pada beam dengan kadar aspal 6% mempunyai karakteristik gradasi rapat, kadar aspal relatif rendah, mudah terjadi retak, dan fleksibilitas relatif juga rendah. Kondisi tersebut berakibat lendutan permanen yang terjadi relatif tinggi. Pada beam RNW_6 pada beban siklis standar mencapai lendutan permanen sebesar 0,8 mm pada siklus 14.410. Nilai lendutan permanen tersebut lebih besar dibandingkan beam RNW_6,5 yang hanya mencapai 0,35 mm pada siklus 14.991.

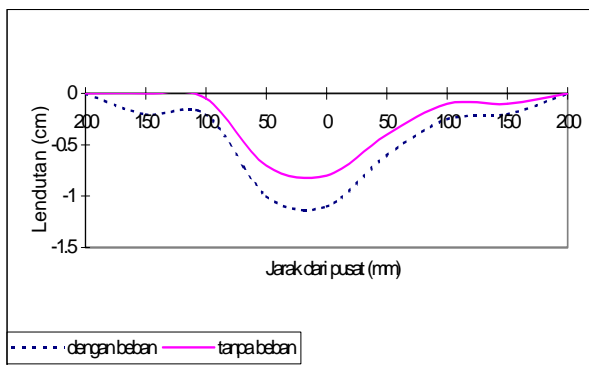
Stabilitas lapis perkerasan jalan adalah kemampuan lapis permukaan jalan tersebut menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Kondisi stabilitas tinggi mempunyai karakteristik kaku sehingga mudah retak. Pada campuran dengan gradasi rapat maka volume antar agregat menjadi kecil sehingga kadar aspal kecil, akibatnya selimut aspal pada agregat menjadi tipis. Akibat kondisi tersebut agregat menjadi mudah lepas dan fleksibilitas rendah.

Pada beam RNW_7 lendutan permanen mencapai 0,8 mm pada siklus 4.691. Nilai tersebut juga relatif sangat besar bila dibandingkan lendutan permanen yang terjadi pada kadar aspal optimum.

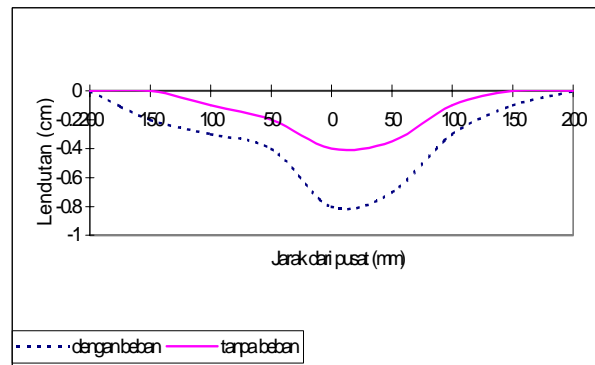
Pada beam dengan kadar aspal 7% mempunyai karakteristik gradasi rapat sehingga rongga antar agregat kecil. Kadar aspal yang relatif tinggi (di atas kondisi optimum) menyebabkan fleksibilitas yang tinggi, sehingga berakibat selimut aspal pada agregat relatif lebih tebal. Adanya beban siklis menyebabkan tambahan pemadatan pada campuran tersebut, sehingga berakibat bleeding, stabilitas dan tahanan geser antar batuan menjadi rendah. Hal ini berakibat lendutan permanen yang terjadi menjadi relatif lebih besar.

Bila dibandingkan dengan beam tanpa perkuatan (UR), terlihat fungsi bahan geosintetik tipe nir-anyam sebagai perkuatan masih berperan. Hal ini terlihat lendutan permanen yang terjadi pada beam dengan perkuatan geosintetik nir-anyam masih relatif lebih rendah.

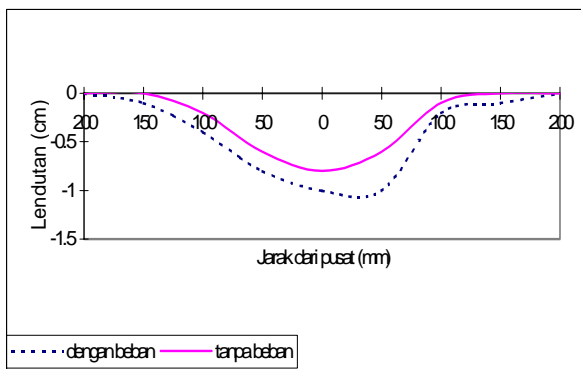
Pada beban maksimum terlihat bahwa, dengan beban yang semakin besar akan lebih memacu terjadinya kerusakan jalan, dalam hal ini berupa lendutan baik permanen ataupun tidak permanen.



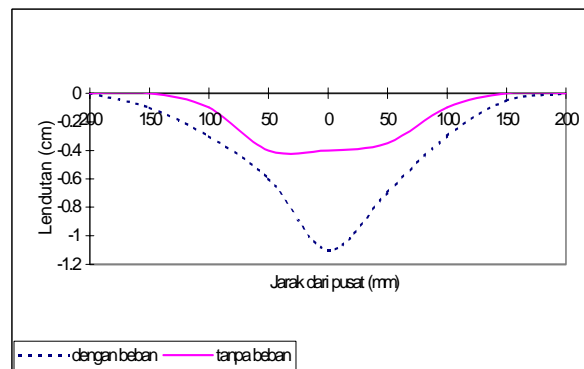
Gambar. 6 Lendutan beam RNW_6_S pada siklus 14.410 N



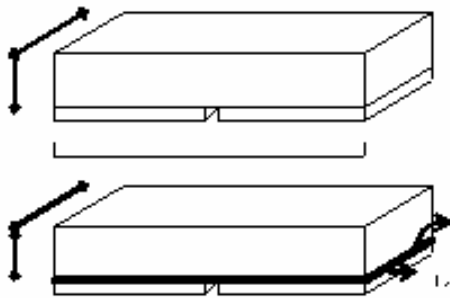
Gambar 8. Lendutan beam RNW_6%_M pada siklus 2.452 N



Gambar 7. Lendutan beam RNW_7_S pada siklus 4.691 N



Gambar 9. Lendutan beam RNW_7%_M pada siklus 1.637 N



Gambar 2a. *Beam* untuk pengujian



Gambar 2b. Cetakan untuk pembuatan *beam*

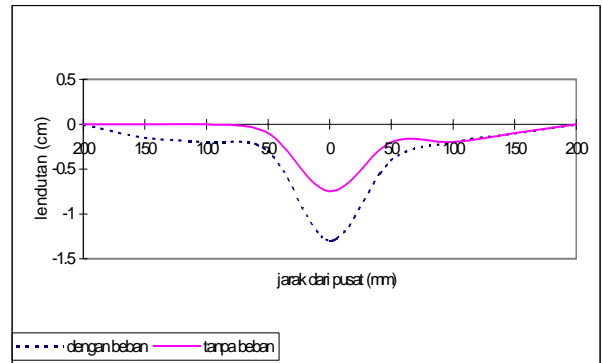
pada siklus 5.593. Pada beban maksimum, pada siklus 1.350 sudah mencapai lendutan permanen sebesar 0,6 mm. Beban maksimum jauh lebih cepat menimbulkan terjadinya lendutan dibandingkan beban standar, lendutan yang terjadi juga relatif lebih besar seperti terlihat pada **Gambar 3**.

Lendutan permanen pada *beam* dengan perkuatan geosintetik tipe nir-anyam mencapai 0,35 mm pada beban standar, pada beban maksimum mencapai 0,5 mm dengan jumlah siklus lebih besar dibandingkan dengan *beam* tanpa perkuatan. Hal ini membuktikan bahwa geosintetik nir-anyam mampu mereduksi lendutan yang terjadi akibat pembebanan siklik. Lendutan berkurang karena adanya perataan beban oleh geosintetik dengan menyalurkan gaya tekan yang dibebankan. Lendutan pada beban maksimum terjadi lebih cepat dan lebih besar bila dibandingkan dengan beban standar, baik lendutan permanen ataupun tidak permanen (**Gambar 4**).

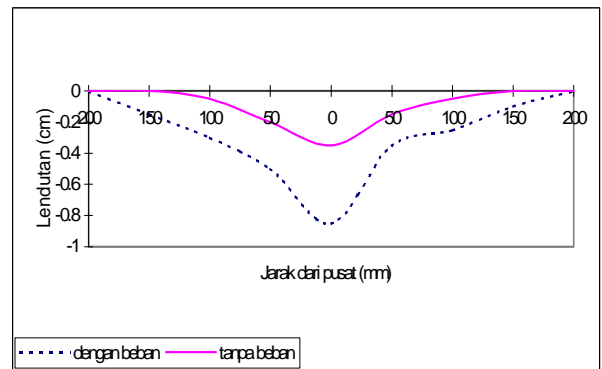
Lendutan permanen pada *beam* dengan perkuatan geosintetik jenis anyaman mencapai 0,6 mm pada beban standar dicapai pada siklus 28.037. Pada beban maksimum, lendutan permanen sebesar 0,85 mm dicapai pada siklus 12.550, hal ini membuktikan bahwa geosintetik tipe anyaman juga mampu mereduksi lendutan yang terjadi akibat beban siklis. Bila dibandingkan dengan kondisi lendutan pada *beam* dengan perkuatan geosintetik tipe nir-anyam, lendutan permanen *beam* dengan perkuatan geosintetik tipe anyaman relatif lebih kecil dilihat dari jumlah siklus yang dicapai. Hal ini disebabkan oleh perataan beban lebih teratur karena penyaluran gaya yang lebih teratur pula sesuai dengan susunan serat sintetik tipe anyaman yang lebih teratur dibandingkan tipe nir-anyam.

man yang lebih teratur dibandingkan tipe nir-anyam. Lendutan baik permanen ataupun tidak permanen yang terjadi pada beban maksimum lebih besar dibandingkan dengan beban standar, seperti terlihat dalam **Gambar 3**.

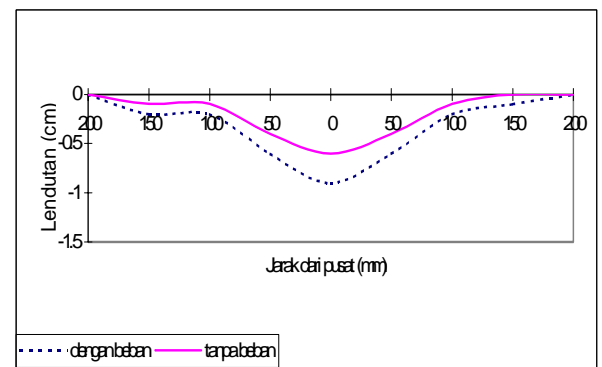
Lendutan permukaan yang terjadi pada *beam* tanpa perkuatan relatif lebih besar dibandingkan dengan lendutan pada *beam* yang diperkuat geosintetik baik tipe nir-anyam maupun tipe anyaman.



Gambar 3. Lendutan permukaan *beam* UR_S pada siklus 5.593 N



Gambar 4. Lendutan permukaan *beam* RNW_6,5_S pada siklus 14.991 N



Gambar 5. Lendutan permukaan *beam* RW_6,5_S dengan siklus 28.037 N

6.3 Kadar aspal tidak optimum dan perkuatan geosintetik anyaman

Pada beam RW_6% lendutan permanen (tanpa ditekan) mencapai 0,6 mm dan lendutan pada saat ditekan mencapai 1 mm pada siklus 23.552.

Pada beam RW_6% mempunyai karakteristik gradasi rapat sehingga rongga antar agregat kecil, dan kadar aspal rendah. Kondisi ini berakibat selimut aspal pada agregat tipis sehingga mudah retak dan fleksibilitas rendah. Fleksibilitas yang rendah mengakibatkan lendutan permanen relatif lebih besar.

Pada beam RNW_7% lendutan permanen mencapai 0,7 mm dan lendutan tanpa tekanan mencapai 1 mm pada siklus 30.001.

Pada beam dengan kadar aspal tinggi (7%) mempunyai kondisi gradasi rapat, rongga antar agregat kecil, dan tetapi kadar aspal relatif tinggi. Kadar aspal yang tinggi menyebabkan fleksibilitas tinggi tetapi dengan rongga antar agregat kecil dan adanya pemadatan tambahan dari beban siklik berakibat terjadi *bleeding*. Adanya *bleeding* menyebabkan tahanan geser antar agregat dan stabilitas berkurang, sehingga lendutan permanen yang terjadi relatif tinggi.

Bila dibandingkan dengan beam tanpa perkuatan, lendutan yang terjadi relatif lebih rendah, hal ini menunjukkan fungsi bahan geosintetik tipe anyaman sebagai perkuatan masih berperan.

Pada beban maksimum akan memacu terjadinya lendutan, baik lendutan permanen ataupun yang bukan permanen, seperti terlihat dalam **Gambar 12** dan **Gambar 13**.

7. Kesimpulan dan Saran

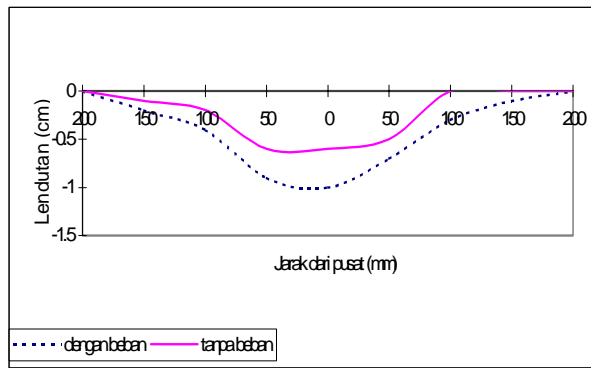
7.1 Kesimpulan

Hasil penelitian membuktikan bahwa bahan perkuatan geosintetik mampu mereduksi besarnya lendutan pada perkerasan lentur. Bahan geosintetik jenis anyaman akan lebih cepat bekerja secara efektif dibandingkan dengan jenis nir-anyam, hal ini disebabkan oleh pengaruh penyaluran gaya yang lebih teratur. Kadar aspal optimum tetap diperlukan walaupun menggunakan perkuatan geosintetik baik jenis anyaman maupun nir-anyam. Beban kendaraan yang semakin berat akan lebih memacu terjadinya kerusakan pada perkerasan lentur, hal ini dibuktikan bahwa pada beban siklik maksimum, lendutan dan retak relatif semakin tinggi.

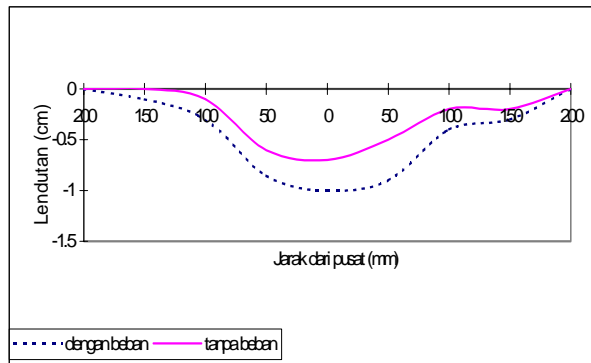
7.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan pengaruh temperatur, karena aspal merupakan bahan termoplastis.

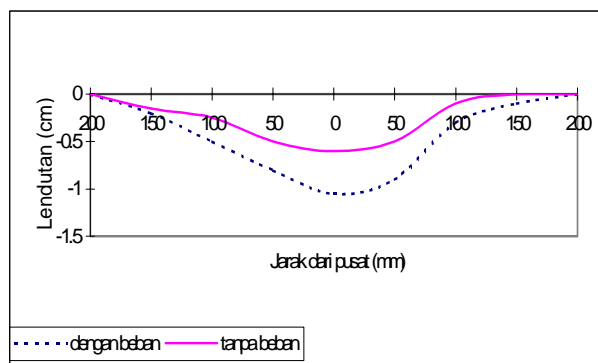
2. Perlu dilakukan penelitian dengan pengamatan lendutan pada setiap saat baik di permukaan maupun di dasar beam.
3. Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai aplikasi teknologi geosintetik di bawah perkerasan kaku pada tiap siklus.



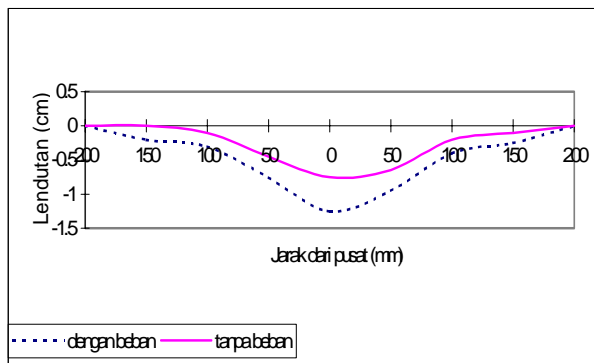
Gambar 10. Lendutan permukaan beam RW_6%_S pada siklus 23.552 N



Gambar 11. Lendutan beam RW_7%_S pada siklus 30.001 N



Gambar 12. Lendutan beam RW_6%_M pada siklus 3.650 N

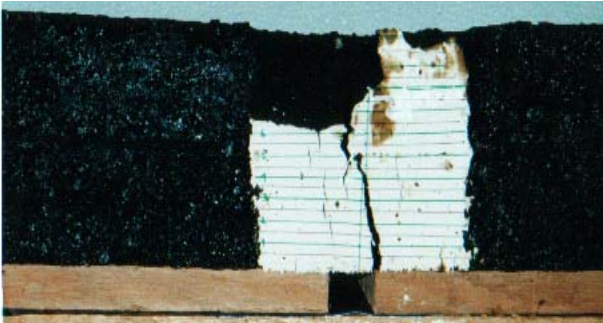


Gambar 13. Lendutan beam RW_ 7%_M pada siklus 4.835 N

Daftar Pustaka

- Anonim, 1992, "Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan", Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta.
- Brown, S.F., Brunton J.M., Hughes D.A.B., 1985, "Polymer Grid Reinforcement of Asphalt", Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologist, Texas.
- Clough, R.W. & Penzien, J., 1988, "Dinamika Struktur Jilid 1", terjemahan Dines Ginting dari Dynamic of Structures, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1993, "Principles of Soil Dynamics", PWS-KENT Publishing Company, Boston, USA.
- Floss, R., 1989, "Site Roadways With Geotextiles", Symposium on the Application of Geosynthetic and Geofibre in Southeast Asia 1st-2nd August 1989, Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
- Kassner J. & Kirschner R, 1989, "Theory and Practical Experience with Polyester Reinforcing Grids in Bituminous Pavement Courses", Symposium on the Application of Geosynthetic and Geofibre in Southeast Asia 1st-2nd August 1989, Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
- Kief, O., Livneh M., Ishai, Altus E., 1994, "Experimental and Analytical Approaches for Studying Reflective Crack Retardation", Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Product, Singapore.
- Koerner, R.M., 1986, "Designing with Geosynthetics", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Koerner, R.M. & Welsh, J.P., 1980, "Construction and Geotechnical Engineering Using Synthetic Fabrics", John Wiley & Sons, Inc, New York, USA.
- Nugroho, SA, Inna K, 2005, "Pengaruh Kadar Aspal pada perkerasan Lentur diperkuat Geosintetik", Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil, Semarang
- Rankilor, P.R., 1981, "Membranes in Ground Engineering", John Wiley & Sons, New York.
- Schuster, A., & Kuenzer, B., 1989, "Polyester and Glass-Fibre for Prevention of Reflective Cracking", Symposium on the Application of Geosynthetic and Geofibre in Southeast Asia 1st-2nd August 1989, Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
- Sukirman, S., 1993, "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Penerbit Nova, Bandung.
- Want, A. & Solheim M, 1994, "Potential Benefit From Synthetic Reinforcement in Asphalt Overlays", Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Singapore.
- Weng, Y.T., 1989, "Geotextiles In Road Construction", Symposium on the Application of Geosynthetic and Geofibre in Southeast Asia 1st-2nd August 1989, Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
- Widianti, A., 2001, "Pengaruh Beban Dinamis terhadap Geotekstil sebagai Filter pada Struktur Jalan", Tesis JTS. FT. UGM, Jogjakarta.

Lampiran



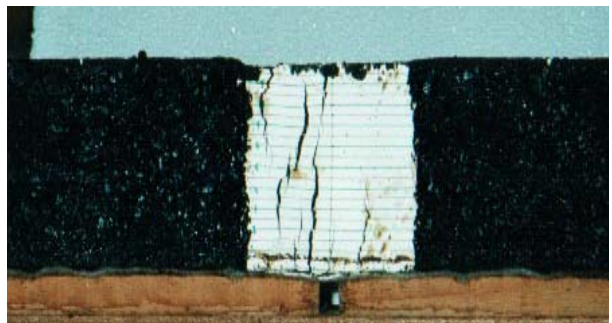
Gambar 1. Retakan beam UR_6,5%_S



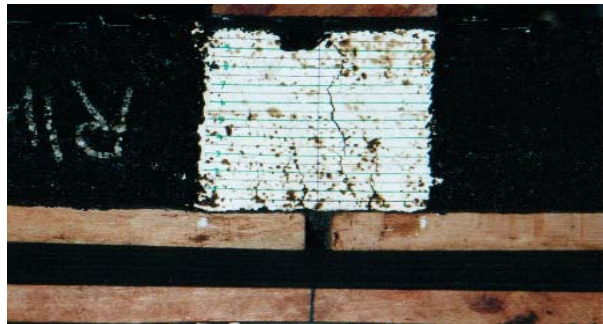
Gambar 2. Retakan beam UR_6,5%_M



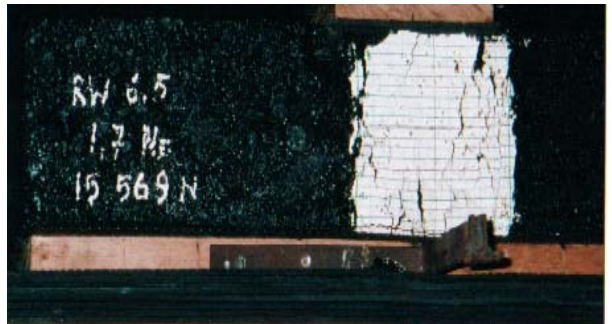
Gambar 3. Retakan pada beam RNW_S_6,5%



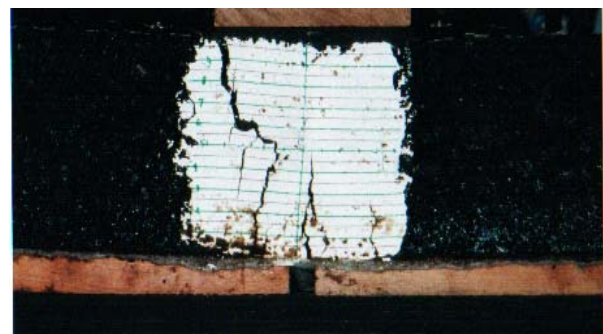
Gambar 4. Retakan beam RNW_M_6,5%



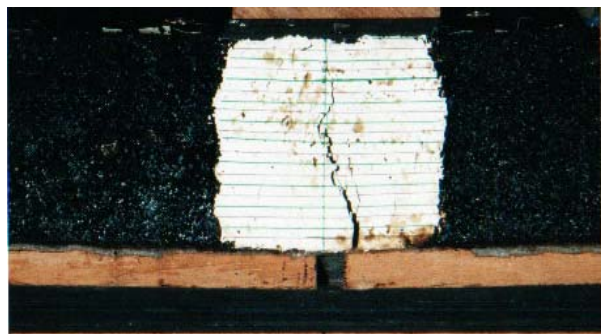
Gambar 5. Retakan pada beam RW_6,5%_S



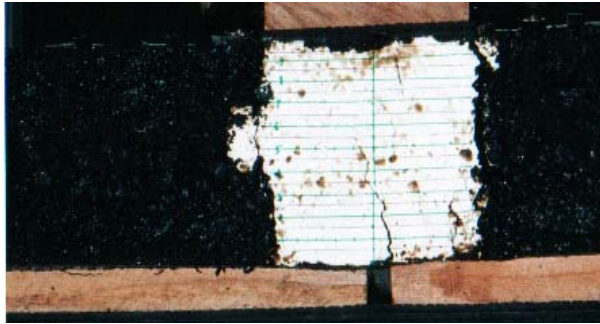
Gambar 6. Retakan beam RW_6,5%_M



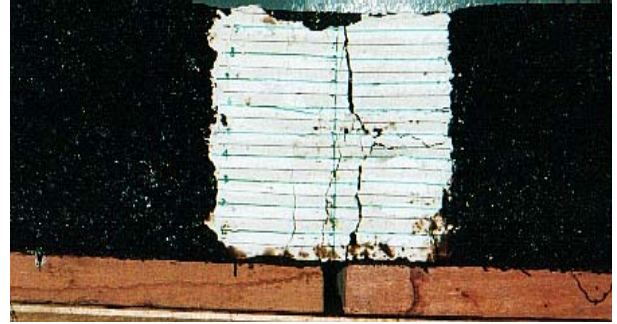
Gambar 7. Retakan beam RNW_6,0%_S



Gambar 8. Retakan beam RNW_6,0%_M



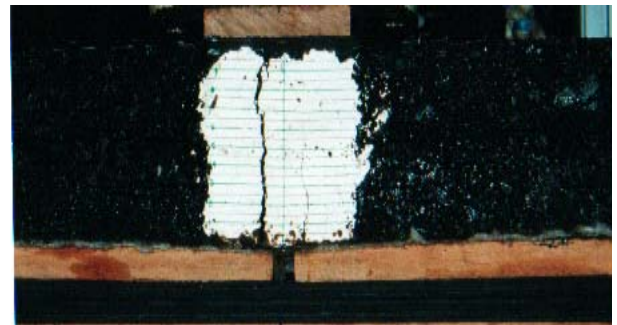
Gambar 9. Retakan beam RW_6,0%_S



Gambar 10. Retakan beam RW_6,0%_M



Gambar 11. Retakan beam RNW_7,0%_S



Gambar 12. Retakan beam RNW_7,0%_M

Daftar notasi

- UR_6,5_S : *Beam unreinforcement* dengan kadar aspal 6,5% dibebani siklik standar (0,9 ton)
- RNW_6_M : *Beam with reinforcement non-woven geotextile* dengan kadar aspal 6% dibebani siklik maks (1,5 ton)
- RW_7_M : *Beam with reinforcement woven geotextile* dengan kadar aspal 7% dibebani siklik maks (1,5 ton)

