

PENGARUH PENAMBAHAN *MODIFIER* ASPAL YANG MENGANDUNG MANGAN (Mn) TERHADAP SIFAT REOLOGI DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN

Tjitjik Wasiah Suroso

Puslitbang Jalan Dan Jembatan, Jln.Jend A.H. Nasution No 264 Bandung.

RINGKASAN

Banyaknya kasus kurang tahannya perkerasan jalan terhadap beban berat dan padat mendorong mencari solusi tersebut. Salah satu bahan untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan adalah dengan menambahkan bahan tambah yang mengandung Magnesium oleat.

Makalah ini merupakan hasil penelitian dan kajian pengaruh penambahan bahan tambah yang mengandung Magnesium komponen terhadap sifat reologi aspal maupun kinerja campuran beraspal di laboratorium dan dari hasil uji coba dilapangan.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan bahan tambah tersebut pada awalnya menurunkan nilai penetrasi aspal dan Stabilitas Marshall campuran beraspal . Dengan bertambahnya umur penyimpanan (pemeraman) sifat reologi dan kinerja juga mengalami kenaikan. Begitu juga dari hasil percobaan lapangan yang dilakukan oleh Danies cs (1995) kinerja perkerasan beraspal yang menggunakan bahan tambah yang mengandung Magnesium oleat meningkat sesuai umur pelayanan perkerasan dan dapat mengurangi tebal lapisan antara 20 sampai 30 %. Namun pada percobaan lapangan pada lokasi lain tebal lapisan yang mengandung Mangan lebih tebal dari tebal lapisan aspal konvensional serta terjadi retak buaya. Untuk itu perlu dilakukan percobaan pada lokasi lain untuk memperoleh hasil efektifitas bahan ini.

Atas hasil tersebut maka disarankan penggunaan bahan ini pada perkerasan yang benar-benar mantap.

Kata kunci : Bahan tambah , aspal , campuran beraspal, Stabilitas.

SUMMARY

The solution to cases of road pavement failure in accommodating traffic loads and densed traffic is needed. One of materials needed to increase the quality of road pavement is that the addition of additive containing Manganese component.

The article describes the laboratory and field research result and the influence of the addition of additives containing manganese component on asphalt Rheological properties and asphalt mix performance both in the laboratory and field.

The result showed that at early stage, the addition of additive decreased asphalt penetration value and decreased Marshall stability of asphalt mixture. Rheological properties and performance increased over time. Field experiment conducted by Daniels (1990) cs showed that asphalt mix performance using additive containing manganese compound increased during service, and decreased layer thickness ranging between 20 to 30%. In another location film thickness increased about 30 – 45 % than conventional asphalt, and appeared crocodile cracks on the location with modifier, therefore experiment in different location should be conducted to gain effective result of the material.

It is suggested that the material is used in stable pavements when additive is used, the process and the influence of it on asphalt mixture should be studied.

Key word : Modifier, Asphalt, Asphalt mixture, stability

PENDAHULUAN

Di beberapa lokasi sering terjadi kerusakan perkerasan sebelum umur pelayanan dipenuhi, oleh karena itu salah satu usaha untuk meningkatkan umur pelayanan tersebut adalah dengan menggunakan bahan tambah aspal yang diduga sebagai salah satu faktor penyebab tidak awetnya perkerasan.

Banyak macamnya bahan tambah yang tentunya setiap bahan tambah mempunyai sifat

atau sifat apa yang akan ditingkatkan, salah satunya adalah bahan tambah yang mengandung komponen Mangan dimana bahan ini mempunyai sifat bereaksi dengan aspal dan menghasilkan sifat yang berubah terhadap waktu. Oleh karena itu setiap penggunaan bahan tambah harus melalui uji coba baik di laboratorium maupun di lapangan, untuk membuktikan keandalan bahan tersebut perlu dilakukan penelitian / pengkajian, apakah bahan *modifier* tersebut benar-

benar dapat meningkatkan mutu seperti yang diinginkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada dekade beberapa tahun yang lalu perkerasan jalan dengan menggunakan aspal konvensional masih memuaskan, namun seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk serta peningkatan kemajuan serta kesejahteraan maka meningkat pula kebutuhan sandang pangan yang otomatis meningkatkan pula akan transportasi baik jumlah maupun bebannya. Yang mengarah pada lalu lintas berat dan padat.

Aspal adalah salah satu bahan untuk perkerasan jalan yang mutunya sangat tergantung dari lokasi dimana *crude oil* diperoleh serta cara pembuatannya. Sehingga tidak selalu aspal yang dihasilkan dari residu pengilangan minyak bumi memenuhi / sesuai kebutuhan.

Fungsi aspal dalam campuran beraspal adalah sebagai pengikat antara agregat sehingga agregat terikat kuat dalam campuran, sebagai pengisi rongga antara butir agregat dan rongga dalam agregat, dan sebagai bahan anti air yang menyelimuti agregat. Atas dasar fungsi tersebut maka mutu dan jumlah aspal dalam

campuran beraspal merupakan factor yang menentukan awet tidaknya perkerasan.

Sifat reologi aspal

Mutu aspal sangat menentukan awet tidaknya perkerasan jalan. Beberapa macam jenis pengujian yang menentukan mutu aspal antara penetrasi dan titik lembek aspal.

Penetrasi aspal adalah ukuran untuk menentukan kekerasan aspal yang diukur dengan dalamnya jarum masuk kedalam contoh aspal pada waktu 5 detik dan temperatur 25°C, beban 100 gr.

Titik lembek aspal adalah temperatur dimana aspal mulai meleleh, aspal yang baik adalah aspal yang mempunyai titik lembek tinggi agar diperoleh kepekaan terhadap temperatur tinggi.

Kepekaan terhadap temperatur adalah hubungan antara titik lembek dan penetrasi, untuk aspal diperlukan penetrasi indek antara -1 dan +1. Angka ini menunjukkan bahwa aspal tidak boleh terlalu lunak sehingga dapat menyebabkan mudah terjadi deformasi, alur. Sedangkan apabila penetrasi indek terlalu lebih besar +1 maka aspal akan kaku, serta susah pelaksananya, temperatur pencampuran dan

temperatur pemadatan menjadi lebih tinggi sehingga terjadi pemborosan bahan bakar.

Pada lalu lintas dengan lalu lintas tinggi dan atau temperatur tinggi diperlukan aspal yang dapat menghasilkan campuran yang mempunyai deformasi permanen kecil atau Stabilitas Marshall tinggi serta titik leleh tinggi sehingga aspal ini akan tahan terhadap perubahan temperatur dan memperkecil terjadinya kerusakan/deformasi. Untuk memperoleh kriteria tersebut salah satunya dengan menaikkan mutu aspal sehingga kinerja campuran beraspal dapat ditingkatkan yaitu dengan cara menambahkan bahan modifier.

Bahan tambah aspal (*modifier*)

Suatu syarat bahan tambah (*modifier*) aspal agar dapat berdaya guna, maka bahan tersebut harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Dapat meningkatkan mutu aspal / campuran beraspal
2. Mudah penggunaannya
3. Mudah bercampur dengan aspal
4. Mudah diperolehnya
5. Murah harganya
6. Tahan terhadap temperatur campuran

7. Tidak memerlukan alat tambah yang rumit

Salah satu bahan tambah yang akan digunakan adalah modifier yang mengandung Mangan yang dilarutkan dalam spirit dimana bahan ini mempunyai daya lekat yang baik terhadap agregat, membentuk ikatan yang stabil sehingga menghasilkan daya lekat yang baik. Bahan ini menjadi keras karena terjadinya proses polimerisasi setelah melapisi agregat, proses ini berlangsung sampai reaksi katalis benar-benar telah berhenti. Proses ini dipengaruhi adanya oksigen, temperatur serta rongga dalam campuran (Daines 1990). Sehingga perlu diperhatikan cara pencampuran yang menyangkut temperatur pencampuran dan cara pencampuran. Sifat / kekuatan mekanis campuran beraspal plus *modifier* ini pada awalnya hampir sama dengan tanpa modifikasi. Sifat fisik akan naik secara signifikan terhadap waktu sehingga dengan kenaikan stabilitas maka diharapkan perkerasan akan mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan aspal konvensional.

HYPOTESA

Penambahan bahan modifikasi yang mengandung komponen Mangan akan menghasilkan campuran yang lebih baik dari aspal konvensional.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan aspal pen 60 dan aspal pen 60 plus *modifier*, dimana dilakukan pengujian sifat reologi aspal dan sifat mekanik campuran beraspal, variasi waktu serta pengkajian hasil percobaan lapangan.

Pengujian tersebut antara lain

- 1) Mutu aspal pen 60
- 2) Gradasi agregat yang digunakan
- 3) Sifat mekanis Campuran beraspal Variasi waktu pengujian 0 hari, 1 minggu, 2 minggu, 4 minggu, 6 minggu, 8 minggu

- 4) Ekstraksi hasil Marshall variasi waktu (pengujian sifat reologi aspal penetrasi, titik lembek, daktilitas, penetrasi indek)
- 5) Pengkajian hasil percobaan lapangan
 - *Texture depth*
 - Alur
 - Deformasi permanen
 - Pengamatan visual

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian pengaruh penambahan *modifier* yang dilakukan di laboratorium adalah :

1. Aspal Pen 60

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal pen 60 yang hasil pengujian mutunya memenuhi persyaratan aspal pen 60 seperti ditunjukkan pada Tabel 1 sehingga aspal tersebut layak digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Tabel 1.
Hasil pengujian mutu aspal pen 60

No	Jenis pengujian	Satuan	Metoda	Hasil	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C,100g,5det	0.1 mm	SNI.06-2456-91	63	60 - 79
2	Titik lembek	°C	SNI.06-2434-91	48	48 - 54
3	Daktilitas	cm	SNI.06-2432-91	>140	Min 100
4	Kelarutan aspal dalam TCE	%	ASTM D 2042	99+	Min 99
5	Titik nyala	°C	SNI.06-2433-91	324	Min 225
6	Berat Jenis	g/ml	SNI.06-2488-91	1.0349	Min 1.0
7	Penurunan berat	%	SNI.06-2441-91	0.0828	Maks 0.8
8	Penetrasi residu	% asli	SNI.06-2456-91	88.9	Min 60
9	Daktilitas residu	cm	SNI.06-2432-91	>140	Min 50
10	Titik lembek residu	°C	SNI.06-2434-91	49	-
11	Temp.Campuran	°C	SNI.06-2456-91	144	-
12	Temp.pemadatan	°C	SNI.06-2456-91	135	-

2. Agregat

Agregat yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi yang diinginkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2.
Gradasi agregat yang digunakan

Saringan	Gradasi yang digunakan	Spesifikasi
¾"	100	100
½"	90	80 - 100
3/8"	80	70 - 90
No.4	60	50 - 70
No.8	42.5	35 - 50
No.30	23.5	18 - 29
No.50	18	13 - 23
No.100	12	8 - 16
No.200	7	4 - 10

Pengaruh penambahan *modifier* yang mengandung komponen Mangan.

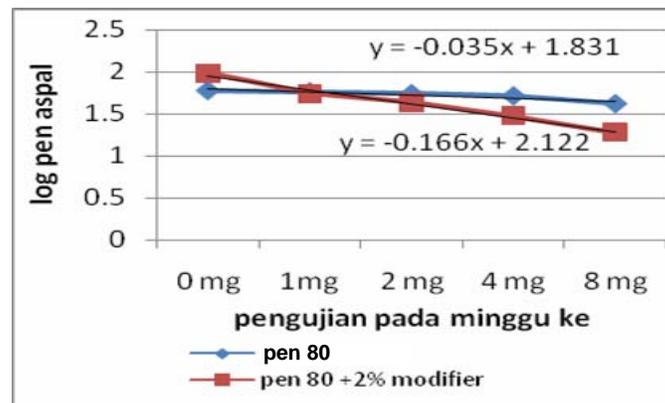
Pengaruh penambahan *modifier* yang mengandung Komponen Mangan baik terhadap sifat / karakteristik Marshall maupun sifat fisik aspal hasil ekstraksi campuran beraspal dengan aspal konvensional maupun

aspal plus *modifier* tersebut menunjukkan adanya perubahan hasil baik karakteristik Marshall maupun sifat reologi aspal antara lain penetrasi, titik lembek, daktilitas maupun Penetrasi Indeks seperti ditunjukkan pada Gambar 1 s/d Gambar 8.

Pengaruh penambahan *modifier* terhadap sifat reologi aspal.

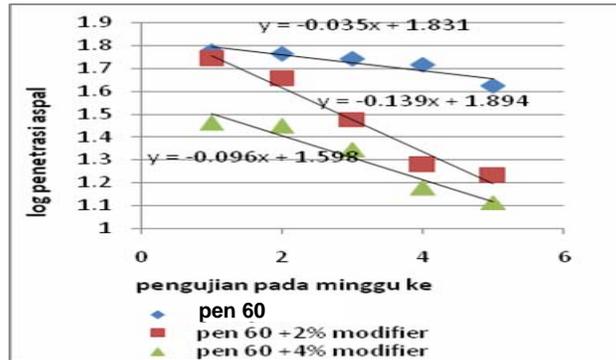
Pengaruh terhadap nilai penetrasi aspal

1. Aspal pen 80



Gambar 1. Pengaruh penambahan *modifier* kedalam aspal pen 80 terhadap waktu pengujian penetrasi

2. Aspal pen 60

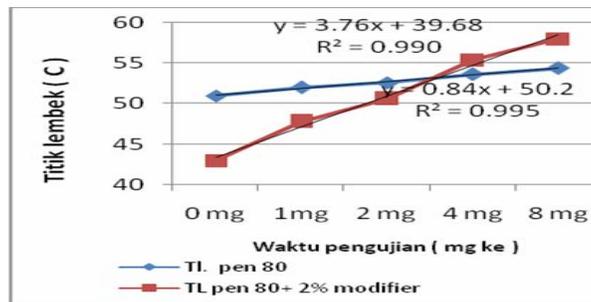


Gambar 2. Pengaruh penambahan *modifier* kedalam aspal pen 60 terhadap waktu pengujian penetrasi

Dari hasil tersebut terlihat bahwa perubahan nilai penetrasi aspal plus modifier terhadap waktu lebih besar dibandingkan dengan aspal pen 80 ini terlihat dari besarnya m dari persamaan garis aspal pen 80 (0,035) lebih kecil dibandingkan dengan m dari aspal plus *modifier* tersebut (0,166). Demikian juga pada aspal pen 60 dan aspal pen 60 plus 2 dan 4 % *modifier* menunjukkan bahwa perubahan nilai penetrasi aspal terhadap waktu aspal pen 60 lebih lambat (0,035) dari aspal plus *modifier* (0,139 dan 0,096) dilihat dari nilai m dari persamaan garis. Dengan demikian aspal plus modifier ini mempunyai sifat lebih keras dibandingkan dengan aspal pen 60 (tanpa *modifier*)

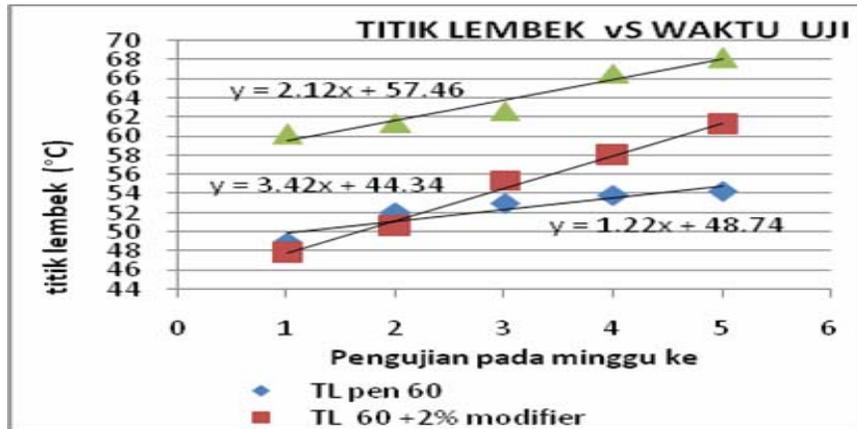
Pengaruh terhadap nilai titik lembek

1) Pengaruh terhadap titik lembek aspal Aspal pen 80



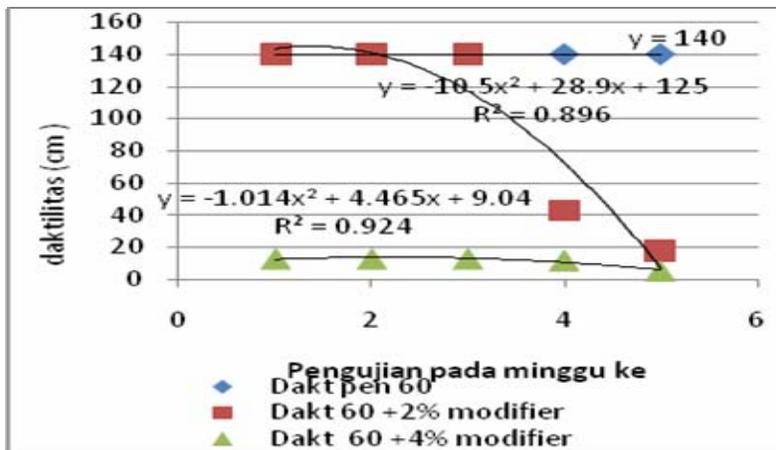
Gambar 3. Pengaruh penambahan *modifier* terhadap waktu pengujian titik lembek aspal pen 80

2) Pengaruh terhadap Titik lembek aspal pen 60



Gambar 4. Pengaruh penambahan *modifier* terhadap waktu pengujian titik lembek aspal pen 60

Pengaruh penambahan *modifier* terhadap nilai daktilitas pada berbagai waktu pengujian



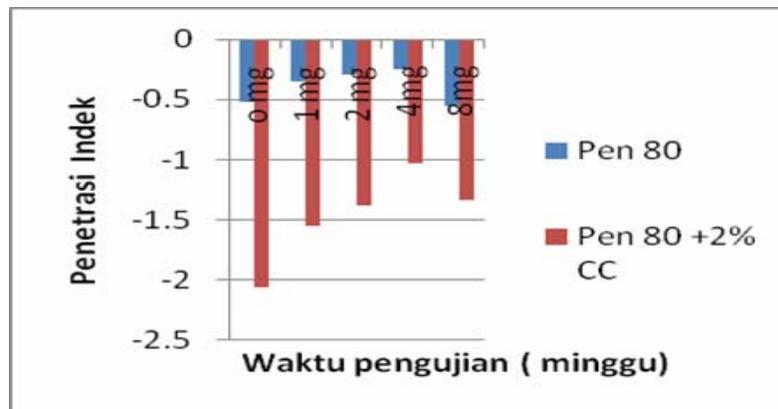
Gambar 5. Pengaruh penambahan *modifier* kedalam aspal pen 80 terhadap daktilitas aspal pada berbagai waktu pengujian

Dari hasil pengujian daktilitas variasi waktu pengujian menunjukkan bahwa daktilitas aspal konvensional pen 60 konstan terhadap waktu pengujian sedangkan aspal pen 60 plus *modifier* 2% maupun 4% menunjukkan perubahan nilai daktilitas yang cepat menurun terhadap waktu dengan demikian aspal plus *modifier* cepat kaku sehingga apabila digunakan pada perkerasan yang tidak mantap akan cepat mengalami kerusakan. Hal inipun terlihat dari nilai penetrasi maupun nilai titik lembek aspal plus *modifier* cepat mengalami perubahan. Sehingga dengan adanya perubahan nilai penetrasi dan titik lembek aspal maka otomatis nilai pengaruh kepekaan aspal terhadap

temperatur akan mengalami perubahan terhadap waktu.

Pengaruh terhadap Penetrasi Indeks

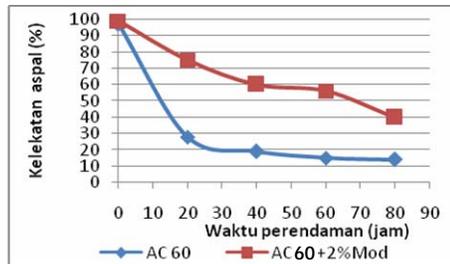
Penambahan bahan *modifier* ini mempengaruhi kepekaan aspal terhadap temperatur, campuran / aspal plus *modifier* ini menjadi lebih peka terhadap perubahan temperatur dibandingkan dengan kepekaan terhadap temperatur campuran beraspal dengan aspal konvensional, sehingga campuran beraspal ini sebaiknya digunakan pada lokasi yang mempunyai perbedaan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Pengaruh kepekaan terhadap temperatur campuran beraspal seperti tertera pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh penambahan 4 % bahan *modifier* ini terhadap nilai pen Indeks terhadap variasi waktu pengujian

Pengaruh penambahan *modifier* yang mengandung Mangan Terhadap Kelekatkan aspal terhadap agregat

Dari pengujian pengaruh bahan tambah ini meningkatkan daya lekat aspal terhadap agregat seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh modifier Mangan terhadap kelekatan aspal terhadap agregat

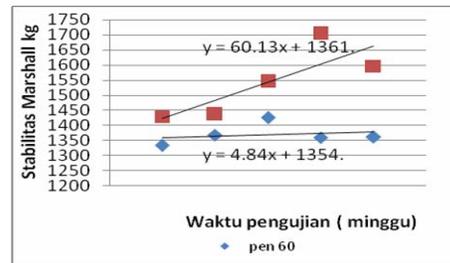
Hasil pengujian Marshall.

Hasil pengujian Marshall variasi waktu pengujian menunjukkan terhadap perubahan nilai karakteristik Marshall antara lain : Stabilitas, Kelelahan dll, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Nilai Stabilitas Marshall terhadap waktu pengujian

Stabilitas campuran beraspal menggunakan *modifier* lebih besar dari nilai stabilitas Marshall aspal konvensional, sehingga diharapkan perkerasan dengan aspal plus *modifier* ini akan lebih kuat daripada perkerasan dengan aspal konvensional. Stabilitas Marshall

bertambah besar terhadap waktu pengujian, sehingga campuran ini sebaiknya digunakan untuk fondasi yang benar-benar mantap.



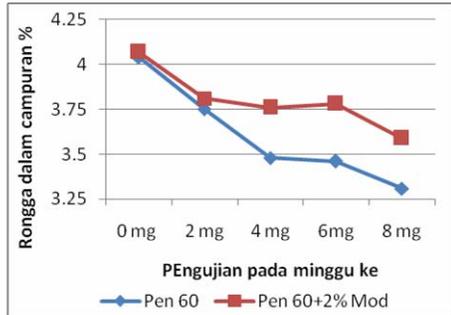
Gambar 8. Stabilitas Marshall vs waktu pengujian

Hal ini terlihat dari nilai m pada persamaan garis aspal plus *modifier* (60,13) lebih besar dari pada m dari persamaan garis Stabilitas Marshall vs waktu pengujian aspal pen 60 (4,84). Hal ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas Marshall lebih besar dari kenaikan nilai stabilitas Marshall aspal pen 60, sehingga campuran beraspal dengan bahan tambah tersebut lebih kuat dari aspal pen 60.

Terhadap nilai rongga dalam campuran

Dari hasil pengujian rongga dalam campuran terlihat bahwa rongga dalam campuran beraspal dengan aspal konvensional lebih kecil dari rongga campuran aspal plus

modifier, sehingga aspal konvensional akan lebih tahan terhadap oksidasi yang pada akhirnya diperkirakan akan lebih tahan terhadap terjadinya deformasi.



Gambar 9. Pengaruh waktu pengujian terhadap Rongga dalam campuran

PENGAJIAN HASIL PERCOBAAN LAPANGAN

Dari hasil pengamatan percobaan penghamparan campuran beraspal menggunakan aspal konvensional pen 60 dan

aspal plus *modifier* yang mengandung Mangan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan baik dari pengamatan kedalaman alur, kecepatan deformasi, ketahanan terhadap retak seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4, namun dari pengamatan visual pada tahun keempat penggunaan bahan *modifier* ini menunjukkan keunggulan dibandingkan dengan aspal konvensional.

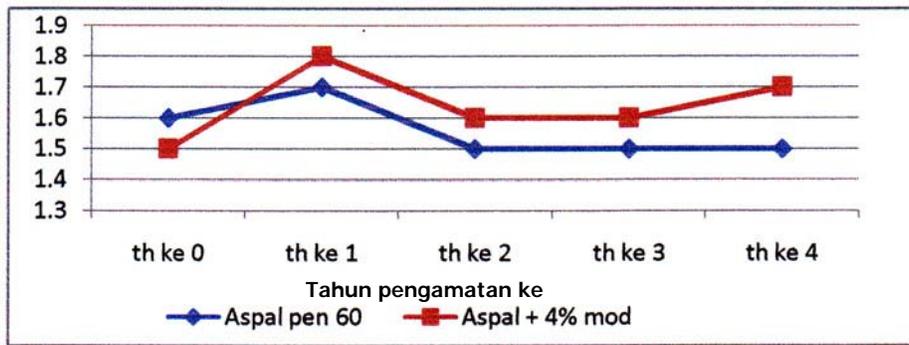
Ketahanan penggunaan *modifier* terhadap penampilan perkerasan

Hasil pengamatan perkerasan dengan aspal konvensional dan aspal plus 4 % *modifier* yang mengandung Mangan (Mn) kedalaman alur 12 amper sama bahkan menunjukkan aspal plus *modifier* tersebut sedikit lebih besar dari aspal konvensional seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3.

Hasil pengamatan terhadap kedalaman *texture*

No	Bahan aspal	Hasil (mm)				
		Tahun ke 0	Tahun ke 1	Tahun ke 2	Tahun ke 3	Tahun ke 4
1	Aspal konvensional	1,6	1,7	1,5	1,5	1,5
2	Aspal Plus 4 <i>modifier</i>	1,5	1,8	1,6	1,6	1,7



Gambar 10. Kedalaman alur Vs Tahun pengamatan

Tabel 4.

Hasil pengujian Kecepatan Deformasi perkerasan pada umur 4 tahun

No	Bahan	Density kg/m ³	Kecepatan Deformasi mm/ menit
1	Aspal konvensional	2,44	0,0200
2	Aspal + 4% <i>modifier</i>	2,44	0,0217

Kecepatan Deformasi

Pada lokasi percobaan lapangan dilakukan pengambilan contoh tegel yang kemudian dilakukan ekstraksi dan dilanjutkan dengan pengambilan bitumennya. Bitumen hasil ekstraksi dibuat sampel untuk pengujian kecepatan deformasi dari kedua contoh aspal dari perkerasan tersebut. Hasil pengujian tertera pada Tabel 4 menunjukkan bahwa aspal plus modifier tersebut kecepatan deformasinya sedikit lebih besar atau belum menunjukkan perbedaan yang signifikan

Pengamatan visual

Pada perkerasan jalan yang menggunakan aspal konvensional maupun dengan aspal plus 4% modifier tersebut menunjukkan sampai tahun ke 2 sangat baik namun pada tahun ke 4 ada sedikit perbedaan walaupun pada lokasi dengan aspal konvensional masih baik namun pada lokasi dengan modifier tersebut menunjukkan masih sangat baik seperti pada Tabel 5, disini terlihat setelah 4 tahun bahan modifier ini baru menunjukkan kelebihan dibandingkan dengan aspal konvensional.

Tabel 5.
Pengamatan secara visual (pcs)

No	Bahan aspal	Hasil Pengamatan secara visual				
		Tahun ke 0	Tahun ke 1	Tahun ke 2	Tahun ke 3	Tahun ke 4
1	Aspal konvensional	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	baik
2	Aspal Plus 4 % <i>modifier</i>	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik	Sangat baik

Tabel 6.
Hasil pengamatan kedalaman alur

No	Bahan aspal	Hasil Pengamatan kedalaman alur				
		Tahun ke 0	Tahun ke 1	Tahun ke 2	Tahun ke 3	Tahun ke 4
1	Aspal konvensional	-	-	1,0	3,2	5,1
2	Aspal Plus 4 % <i>modifier</i>	-	-	0,9	2,7	3,8

Kedalaman Alur

Pada perkerasan jalan yang menggunakan aspal konvensional maupun dengan aspal plus 4% *modifier* tersebut menunjukkan sampai tahun ke tiga hampir sama namun pada tahun ke 4 ada sedikit perbedaan yaitu pada perkerasan dengan aspal konvensional mempunyai kedalaman alur yang lebih besar (0,9 mm) dari aspal plus *modifier* (0,4 mm) pada perkerasan dengan *modifier* tersebut menunjukkan masih sangat baik seperti pada Tabel 6 disini terlihat kemungkinan setelah 4 tahun bahan *modifier* ini menunjukkan kelebihan dibandingkan dengan aspal konvensional.

Terjadinya retak

Pada lokasi lain percobaan lapangan menunjukkan terjadinya retak buaya pada lokasi aspal plus bahan *modifier* sedangkan pada perkerasan dengan aspal konvensional hanya terjadi sedikit retak rambut. Hal ini mungkin disebabkan adanya pengerutan pada permukaan akibat terjadinya pengerasan atau disebabkan adanya oksidasi akibat besarnya rongga udara sehingga pelapukan dapat terjadi lebih cepat. Namun hal ini belum dapat digunakan sebagai kesimpulan oleh karena itu perlu dilakukan percobaan pada lokasi lain pada fondasi perkerasan jalan yang

mantap, sehingga dapat diperoleh hasil benar-benar dapat dipertanggung jawabkan.

PEMBAHASAN

Dari hasil sifat reologi aspal maupun hasil Marshall variasi waktu di laboratorium sampai dengan dua bulan pengujian menunjukkan bahwa terjadi pengerasan sebagai hasil reaksi antara aspal dan modifier (Gambar 1 s/d Gambar 8), Pengaruh terhadap kepekaan terhadap temperatur penambahan bahan *modifier* ini menurunkan kepekaan aspal terhadap temperatur (Gambar 6) sehingga sebaiknya bahan ini tidak digunakan pada daerah dengan perubahan temperatur tinggi karena kan menyebabkan terjadinya alur.

Dari nilai stabilitas Marshall penambahan *modifier* ini meningkatkan nilai stabilitas sehingga perkerasan akan lebih kuat dari campuran beraspal menggunakan aspal pen 60, sedangkan dari hasil pengkajian terhadap percobaan lapangan sampai dengan umur 4 tahun hampir sama mutunya antara perkerasan dengan aspal konvensional dan perkerasan dengan tambahan bahan modifier tersebut.

Hal ini menunjukkan walaupun nilai stabilitas Marshall naik namun kadar rongga juga naik, sehingga oksidasi lebih cepat pada perkerasan dengan bahan *modifier* ini. Namun setelah 4 tahun pengamatan aspal plus *modifier* tersebut mempunyai mutu lebih baik dari aspal konvensional. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan kedalaman alur dan pengamatan secara visual. Sehingga pemakaian bahan ini sebaiknya pada lokasi yang mempunyai *base* yang benar-benar mantap agar diperoleh hasil yang benar-benar dapat mempunyai umur pelayanan yang lebih baik dari aspal konvensional (maksimal).

Keunggulan bahan ini adalah juga sebagai bahan anti *stripping* sehingga dapat digunakan untuk menaikkan kelekatan agregat yang mempunyai kelekatan kurang dari 95.

KESIMPULAN

Atas dasar hasil pengujian laboratorium yang menunjukkan adanya perubahan sifat reologi aspal maupun pada sifat mekanik Marshall yang berubah terhadap waktu maupun pengkajian hasil percobaan lapangan, penggunaan bahan *modifier* ini baru terlihat keunggulannya setelah umur 4

tahun dilapangan, sehingga penggunaan bahan ini lebih mempunyai nilai arti apabila digunakan pada lokasi yang mempunyai fondasi yang benar-benar mantap serta pelaksanaannya harus benar-benar sesuai persyaratan karena kecepatan kenaikan stabilitas Marshall *modifier* ini tergantung dari rencana campuran yang digunakan, tebal lapisan film serta temperatur pencampuran, juga gradasi yang digunakan dan sangat dipengaruhi adanya oksigen, kadar rongga dan temperatur. Penggunaan bahan ini ada segi positif dan ada segi negatifnya.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengkajian dari hasil percobaan lapangan maka diperlukan pengetahuan terhadap *modifier* yang akan digunakan mengenai pengaruhnya terhadap aspal yang akan digunakan dan terhadap campuran beraspal. Dengan melakukan pengujian laboratorium maupun percobaan lapangan, maka hasilnya dapat diprediksi sedini mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, *Divisi 6 Perkerasan Beraspal, Seksi 6.3 Campuran beraspal Panas*.
- Departemen of Public Works and Highways, 1990, *Bureau of Research And Standard : Terminal Report On The First Pilot Project Using Chemcrete Along Quezon Boulevard*.
- M.E Danies, J Carswell and D M Colwell, 1990, *Assessment of Chemcrete as an Additive for Binder For Wearing Course and Roadbases*, TRRL Research Report.
- The Shell Bitumen Hand Book, 1995, *Shell Bitumen*
- Tjitjik WS, 2005, *Bahan Kuliah aspal sebagai bahan Jalan*.