

APLIKASI POLIMER MINYAK KELAPA SAWIT CURAH (CPO) SEBAGAI PEREKAT LINER DAN FUEL BINDER PROPELAN KOMPOSIT

Geni Rosita

Peneliti Pusat Teknologi Roket, LAPAN

e-mail: genirosita@yahoo.co.id

ABSTRACT

This paper presents a comparison of the results of testing the mechanical properties of some polymers to be used for liner material and propellant fuel binder. The main properties that must be met for the liner material mechanical properties (tensile strength, hardness/elasticity and bonding strength). As for fuel binder is elastic, nonporous and not brittle. Mechanical properties compared namely, tensile strength, hardness and bonding strength to the substrate steel with steel, Al with Al and rubber with rubber. Polymers compared are obtained from the polymerization of bulk palm oil (CPO) with polymeric materials are available in the market. The results showed that, polymers of CPO has adhesiveness and good heat resistance, allowing use for the liner and binders made with a process of quality improvement. It's just an average to high temperature is still below the heat-resistant adhesive that exist in the market except for the rubber with rubber. For high temperature adhesive from the CPO needs to improve the quality again, this can be proved by performing epoxidation and polyalkit of PU-MG, adhesion strength and Polialkit Epoxy-MG increased.

Keywords: *Polymer, Liner, Fuel binder, Propellant, CPO*

ABSTRAK

Tulisan ini menyajikan perbandingan hasil pengujian sifat mekanis beberapa polimer yang akan digunakan untuk bahan liner dan fuel binder propelan. Sifat utama yang harus dipenuhi untuk bahan liner adalah sifat mekanik (kuat tarik, kekerasan/elastisitas dan kuat rekat). Sedangkan untuk fuel binder adalah elastis, tidak keropos dan tidak getas. Sifat mekanis yang dibandingkan yaitu, kuat tarik, kekerasan dan kuat rekat untuk substrat *steel* dengan *steel*, Al dengan Al dan karet dengan karet. Polimer yang dibandingkan adalah yang diperoleh dari hasil polimerisasi minyak kelapa sawit curah (CPO) dengan bahan polimer yang tersedia di pasar. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa, polimer dari CPO memiliki daya rekat dan tahan panas yang baik, memungkinkan dipakai untuk liner dan binder asal dilakukan perbaikan mutu terlebih dahulu. Hanya saja rata-rata untuk suhu tinggi masih di bawah perekat tahan panas yang beredar di pasar, kecuali untuk karet dengan karet. Untuk suhu tinggi perekat dari CPO perlu peningkatan mutu lagi, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan epoksidasi dan polialkit dari PU-MG, kekuatan rekat Epoksi-MG dan Polialkit-MG meningkat.

Kata kunci: *Polimer, Liner, Fuel binder, Propelan, CPO*

1 PENDAHULUAN

Sebagai lembaga yang diberi tugas dalam melaksanakan dan pengembangan roket di Indonesia, LAPAN terus

melakukan upaya peningkatan. Peningkatan yang diharapkan, baik dalam kinerja roket secara keseluruhan, maupun dalam bahan pembentuknya. Dua komponen penting dalam sebuah roket adalah

liner dan fuel binder. Liner merupakan bahan isolator untuk melindungi tabung motor dari panas pembakaran yang ditimbulkan oleh propelan padat. Sedangkan fuel binder adalah salah satu bahan pembentuk propelan padat. Selama ini untuk keperluan tersebut digunakan bahan polimer, baik sebagai bahan liner dan fuel binder propelan komposit padat. Salah satu syarat adalah polimer-nya harus berbentuk cair yang bisa dipadatkan bila diretikulasi dengan *hardener*. Sampai saat ini LAPAN memakai poliuretan dengan bahan dasar HTPB sebagai fuel binder.

Namun demikian yang jadi kendala adalah, bahan HTPB yang digunakan sampai saat ini masih harus diimpor dan relatif mahal, oleh karena itu diperlukan suatu usaha untuk dapat diproduksi sendiri atau dapat dibuat bahan alternatif lain. Bahan ini harus dapat digunakan sebagai polioli pengganti HTPB untuk pembuatan poliuretan sebagai binder, tetapi juga diinginkan dapat digunakan sekaligus sebagai bahan liner.

Sifat utama yang harus dipenuhi untuk bahan liner adalah sifat mekanik (kuat tarik, kekerasan/elastisitas dan kuat rekat). Sedangkan untuk fuel binder adalah elastis, tidak keropos dan tidak getas. Kekuatan rekat liner untuk propelan sangat penting karena mengingat fungsi liner itu sendiri adalah sebagai material pengikat propelan dengan tabung roket. Apabila kuat rekat rendah, dikawatirkan propelan tidak terikat kuat pada tabung sehingga rentan lepas dari tabung. Ketahanan liner selama proses pembakaran mempengaruhi kinerja roket. Kegagalan dalam sistem liner, dapat menyebabkan kegagalan roket secara keseluruhan.

Sebagai salah satu upaya mendapatkan bahan liner atau fuel binder ini, telah dilakukan penelitian pembuatan polimer dari minyak kelapa sawit yang belum diolah atau minyak kelapa sawit curah (CPO). Bahan ini dipilih karena selain bahannya banyak tersedia

di pasar, minyak kelapa sawit merupakan trigliserida apabila digliserolisis akan menghasilkan monogliserida yang mempunyai gugus fungsional OH pada kedua ujung rantai. Bila monogliserida direaksikan dengan desmodur atau isosianat akan menghasilkan poliuretan. Poliuretan ini dapat digunakan sebagai bahan fuel binder. Selain itu, CPO juga memungkinkan dibuat turunan yang memiliki gugus epoksi untuk membuat poliuretan atau poliepoksi yang mempunyai sifat mekanik dan sifat rekat tahan panas yang dapat digunakan sebagai liner roket.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan polimer dari CPO yang memiliki sifat rekat tahan panas untuk bisa dipakai sebagai liner propelan roket dengan sifat mekanik, elastis, tidak keras dan tidak keropos bila direaksikan dengan binder supaya bisa dipakai untuk fuel binder propelan roket sebagai pengganti HTPB yang selama ini dipakai untuk fuel propelan.

Minyak kelapa sawit yang belum diolah atau minyak kelapa sawit curah merupakan trigliserid dari ester asam lemak dalam bentuk campuran, baik jenuh maupun tidak jenuh dan yang tidak memiliki gugus hidroksil sehingga tidak dapat bereaksi langsung dengan isosianat untuk itu kami lakukan pembuatan monogliserid dengan melakukan gliserolisis minyak kelapa sawit mentah yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) maka didapat monogliserid berupa campuran gliserida, trigliserida, digliserida dan monogliserida yang mempunyai gugus OH pada kedua ujung rantai, yang bila direaksikan dengan isosianat atau *hardener* lainnya dapat membentuk polimer yang dapat dipakai untuk perekat tahan panas, untuk fuel binder dan liner propelan padat. Dari hasil gliserolisis diharapkan hasilnya, monogliserid yang lebih dominan supaya terjadi rantai panjang dan lurus. Karena bila gliserid yang dominan akan terjadi reaksi cabang sehingga struktur tidak teratur dan keropos dan polimer yang

terjadi akan retak-retak, apabila diglisericid yang dominan maka terjadi reaksi bloking sehingga reaksi berhenti di tengah jalan. Polimer yang terjadi akan berupa rantai pendek sehingga tidak bisa mengeras untuk mengatasinya dapat ditambahkan bahan glikol seperti 1'4 botandiol untuk memperpanjang rantai. Secara umum proses gliserolisis dan polimer dapat dipengaruhi oleh waktu, suhu, dan katalisator. Konversi nabati akan semakin besar dengan bertambahnya waktu reaksi sampai dicapai kondisi seimbang. Dimana semakin panjang waktu reaksi berarti semakin luas kesempatan molekul-molekul zat pereaksi saling bertumbukan.

Kecepatan reaksi makin meningkat dengan semakin tingginya suhu reaksi, akibat makin tinggi energi kinetik yang dimiliki molekul-molekul zat pereaksi sehingga semakin banyak tumbukan antar molekul yang menghasilkan reaksi.

Katalisator akan membuat jalur baru reaksi dengan energi aktivasi yang lebih kecil dari reaksi normal, sehingga kecepatan reaksi jadi meningkat. Pencampuran katalisator yang baik dapat menurunkan tahanan perpindahan massa, makin banyak molekul-molekul yang dapat mencapai fasa reaksi sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi. Konsentrasi zat pereaksi yang tinggi dapat meningkatkan kecepatan reaksi, hal ini disebabkan oleh semakin besar konsentrasi zat pereaksi maka makin banyak pula frekuensi terjadinya tumbukan antar molekul-molekul zat yang bereaksi. Konsentarsi yang berlebih pada salah satu zat pereaksi dapat menggeser kesetimbangan reaksi.

2 METODOLOGI

Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengolahan CPO yaitu membuat monogliserid dengan cara proses gliserolisis (yang telah dilakukan sebelum ini). Setelah didapat monogliserid dipolimerisasi dengan beberapa cara sebagai berikut,

2.1 Pembuatan Poliuretan (PU-MG)

- Dimasukkan toluen dan monogliserid yang didapat dari CPO ke dalam labu leher 3, kemudian dialirkan gas nitrogen sebentar untuk mengusir udara yang ada di dalam reaktor.
- Ditambahkan 1,4 butandiol, Triethyl Amine (TEA), TDI dan Desmodur, kemudian dilakukan pengadukan selama 15 menit dengan kecepatan 100 rpm.
- Selanjutnya reaktor ini ditutup dan dimasukkan ke dalam *waterbath* yang telah diatur suhunya terlebih dahulu yaitu pada suhu 50°C-60°C, dan dilanjutkan pengadukan selama 1 jam.
- Setiap 10 menit sampel diambil untuk dianalisa Berat molekul visikositas dan densitasnya.
- Hasil akhir di *degassing* (dipanaskan sambil divakum) dengan suhu 60°C, kemudian ditambahkan 2cc dibutylamin, lalu diuji kekuatan rekat. Substrat yang digunakan adalah Al dengan AL, Steel dengan Steel dan Karet dengan Karet dioven terlebih dahulu selama 20 jam baru diuji sifat mekaniknya.

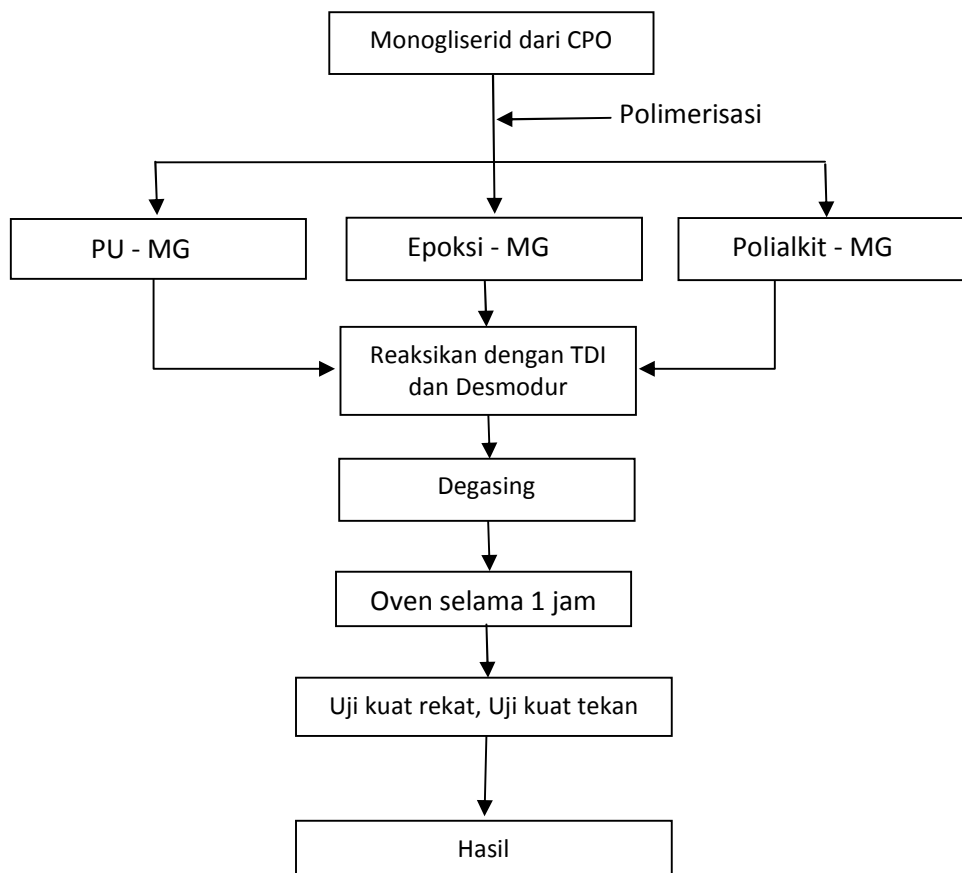
2.2 Pembuatan Poliepoksi (EPOKSI-MG)

- Pembuatan epoksi dari CPO dilakukan dengan metode *Gall* dan Greenspan yang telah dimodifikasi dalam bentuk reaktor *batch* dengan kapasitas 1000 ml yang telah dilengkapi dengan pendingin balik, thermostat dan pengaduk magnet.
- Dimasukkan ke dalam reaktor berturut-turut: Benzen, monogliserida, Resin Aberlist IR-120.
- Dilakukan pengadukan selama 15 menit dengan kecepatan pengaduk 100 Rpm.
- Diatur suhunya pada 30°C lalu ditambahkan Hidrogen peroksida (H₂O₂) dan asam asetat galaksial.
- Reaksi dilanjutkan selama 1 jam pada suhu 80°C dan kecepatan pengaduk 300 rpm.

- Setiap 10 menit sampel diambil sebanyak 10 ml untuk dianalisa.
- Hasil terakhir dicuci dengan air panas mendidih, air yang tertinggal dijerap dengan potasium karbonat didapat poliepoksi yang akan dibuat untuk perekat tahan panas atau liner dengan cara mereaksikan dengan TDI, Desmodur, di dalam reaktor, dengan pengadukan selama 1 jam lalu di *degasing* sambil divakum.
- Lalu dilakukan uji kuat rekat dan kuat tekan dengan substrat yaitu Steel dengan Steel, Al dengan Al dan karet dengan karet.

2.3 Pembuatan Polialkit-MG

- Pada pembuatan polialkit-MG ini dilakukan dalam labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan pendingin balik dan pengaduk magnet. Reaksi dilakukan pada suhu 195°C selama 1 jam dengan kecepatan pengaduk 300 rpm.
- Setiap 10 menit cuplikan diambil untuk dianalisa, sedangkan hasil akhir direaksikan dengan TDI dan desmodur untuk uji kuat rekat dengan melakukan *degassing* sambil divakum selama 1 jam.
- Lalu dilakukan uji kuat rekat dan kuat tekan dengan alat tensilemeter LR-20N dengan substrat Steel dengan Steel, Al dengan Al dan Karet dengan Karet



Gambar 2-1: Diagram alir penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

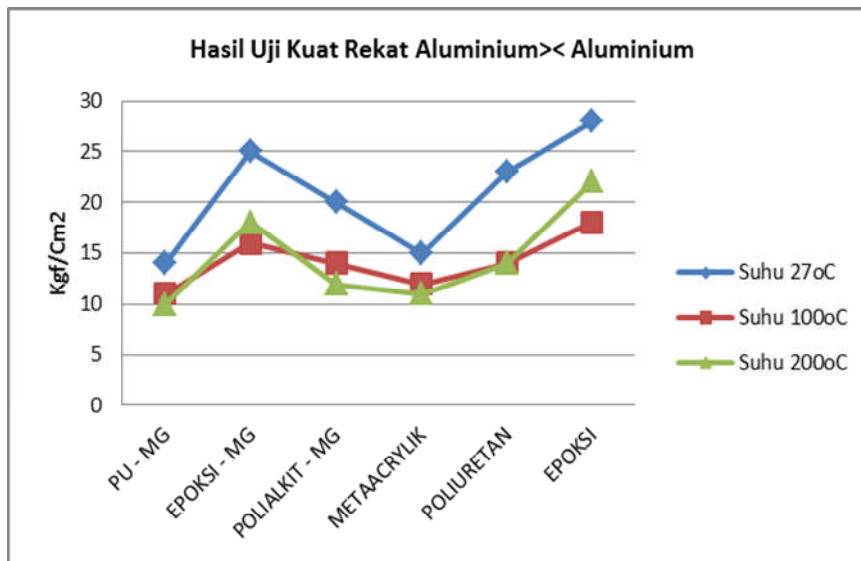
Setelah dilakukan polimerisasi didapatkan hasil poliuretan poliepoksi dan polialkit, masing-masing polimer lalu dilakukan uji kuat rekat dan kuat

tekanan terhadap suhu, dengan benda uji Aluminium dengan Alumunium, Steel dengan Steel dan Karet dengan Karet, lalu dibanding dengan perekat yang ada di pasar dimana hasilnya dapat dilihat pada tabel dan grafik, di bawah ini.

Tabel 3-1:HASIL UJI KUAT REKAT AL DENGAN AL

Sampel	Suhu 27° C	Suhu 100° C	Suhu 200° C
PU - MG	14	11	10
EPOKSI - MG	23	14	12
POLIALKIT - MG	20	14	12
METAACRYLIK	15	12	11
POLIURETAN	26	16	14
EPOKSI	28	18	22

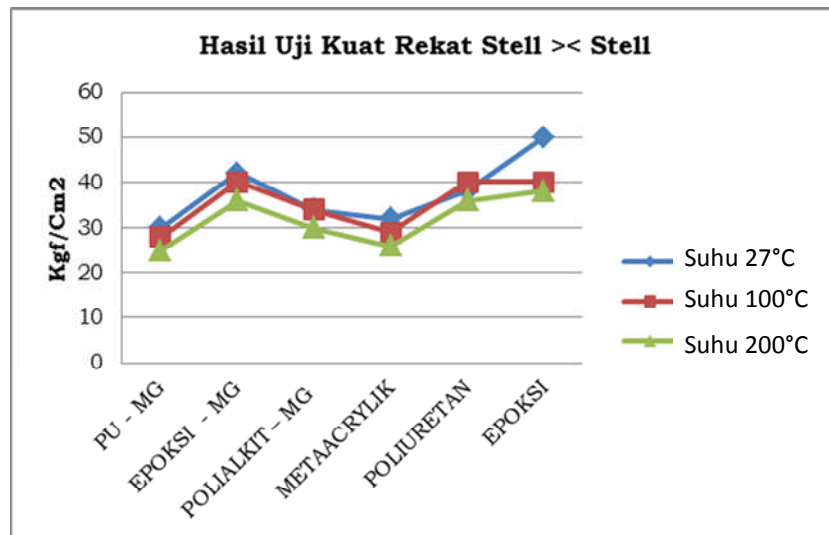
Ket: PU - MG =Poliuretan dari CPO
 METAACRYLAT =Perekat yang ada dipasar
 EPOKSI-MG =Poliepoksi hasil epoksidasi
 CPO POLIURETAN=Perekat yang ada dipasar
 POLIALKIT-MG =Polialkit - MG polimer dari CPO EPOKS
 I =Perekat yang ada dipasar



Gambar 3-1:Grafik hasil uji kuat rekat Al dengan AL

Tabel 3-2:HASIL UJI KUAT REKAT STEEL DENGAN STEEL

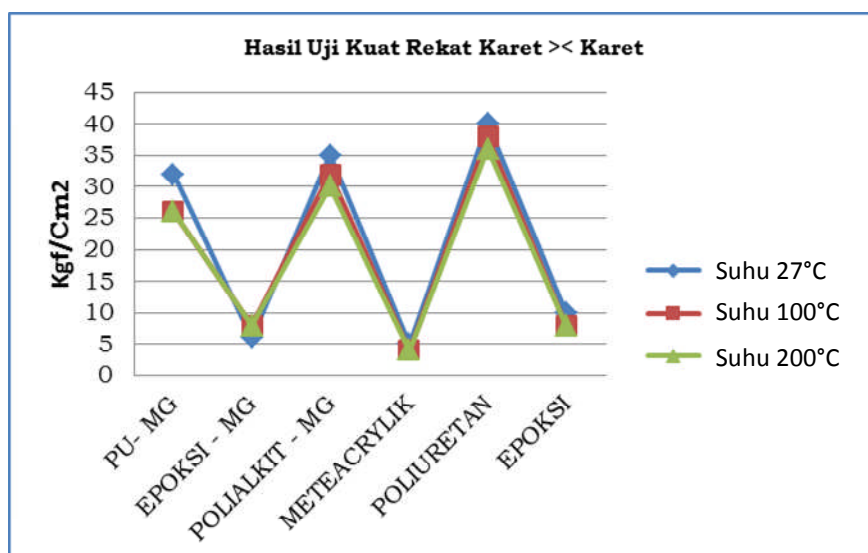
Sampel	Suhu 27° C	Suhu 100° C	Suhu 200° C
PU - MG	30	28	25
EPOKSI - MG	42	40	36
POLIALKIT - MG	34	34	30
METAACRYLIK	32	29	26
POLIURETAN	38	40	36
EPOKSI	50	40	38



Gambar 3-2:Grafik hasil kuat rekat Stell dengan Stell

Tabel 3-3:HASIL UJI KUAT REKAT KARET DENGAN KARET

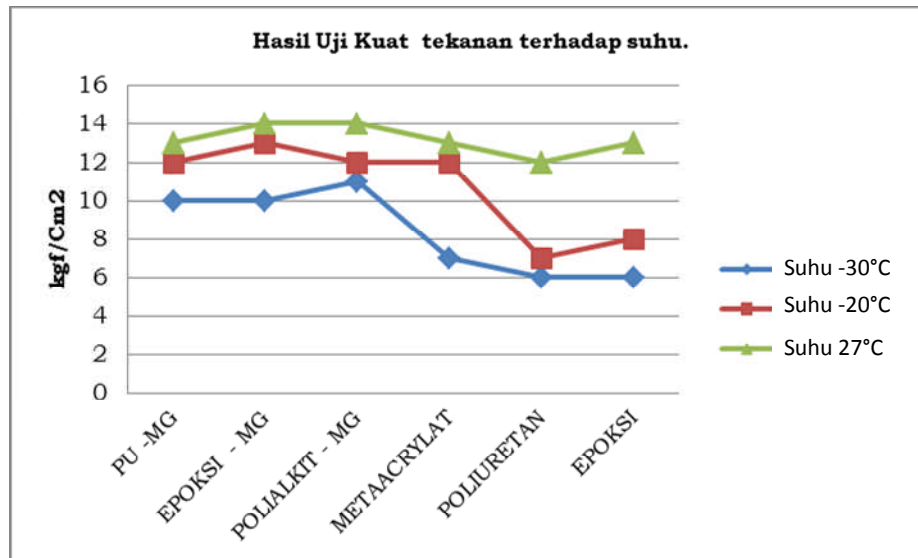
Sampel	Suhu 27°C	Suhu 100°C	Suhu 200°C
PU- MG	32	26	26
EPOKSI - MG	6	8	8
POLIALKIT - MG	35	32	30
METEACRYLIK	5	4	4
POLIURETAN	40	38	36
EPOKSI	10	8	8



Gambar 3-3:Grafik hasil uji kuat tarik Karet dengan Karet

Tabel 3-4:HASIL KUAT TEKAN TERHADAP SUHU

Sampel	Suhu - 30°C	Suhu -20°C	Suhu 27°C
PU -MG	10	12	13
EPOKSI - MG	10	13	14
POLIALKIT - MG	11	12	14
METAACRYLAT	7	12	13
POLIURETAN	6	7	12
EPOKSI	6	8	13



Gambar 3-4:Grafik hasil uji kuat tekan terhadap suhu

3.2 Pembahasan

Hasil uji kuat rekat sampel dari polimerisasi CPO adalah PU-MG, EPOKSI-MG dan Polialkit-MG dimana ini didapat dari hasil polimerisasi monogliserid dari hasil gliserolisis CPO. Setelah dilakukan uji kuat rekat dan uji kuat tekan terhadap suhu, Pada uji rekat AL dengan Al dapat dilihat hasil pada Tabel 3-1 dimana PU-MG paling rendah daya rekatnya, karena bila dilihat sifat mekanik dari monogliserid (MG) memang harus dilakukan peningkatan mutu, yaitu dengan memperpanjang rantai yaitu dengan melakukan polialkit, karena MG masih mempunyai berat molekul yang rendah dan mempunyai rantai pendek maka dari itu setelah direaksikan dengan *hardener* dilihat elastisitasnya, kuat tarik, kekerasan dan kuat rekat dibandingkan dengan polimer yang lain, baik yang dari CPO maupun yang beredar di pasar. Hal ini mungkin disebabkan masih adanya

digliserida, karena bila digliserida banyak direaksikan dengan *hardener* (TDI) akan terbentuk reaksi *blocking* (reaksi terhenti di tengah jalan) sehingga rantai jadi pendek, berat molekul kecil dan biasanya viskositas rendah, kurang kental dan daya rekat kurang. Terbukti dengan melakukan polialkit dan epoksidasi hasil kuat rekatnya meningkat dibandingkan dengan PU-MG walaupun masih di bawah epoksi dan poliuretan yang beredar di pasar, hal ini membuktikan bahwa lama reaksi, suhu reaksi mempengaruhi hasil polimerisasi sesuai dengan teori, berarti perekat dari CPO masih bisa di tingkatkan lagi mutunya untuk bisa menyamakan mutunya dengan perekat tahan panas yang ada di pasar dan dapat dipakai sebagai liner dan binder propelan roket.

Untuk uji kuat rekat antara *steel* dengan *steel* dapat dilihat PU-MG tetap paling rendah pada semua suhu, yaitu

menyangkut kurang bagus MG yang didapat atau belum murni, masih ada zat lain yang terbawa (pengotor). Hal ini terbukti dengan dilakukannya peningkatan mutu, yaitu dengan melakukan polimerisasi lagi PU-MG terbentuk Epoksi-MG dan Poliialkit. Ternyata setelah diuji terjadi peningkatan kekuatan rekatnya, karena poliialkit membuat jaringan polimer lebih teratur dengan rantai poliollnya panjang-panjang sehingga ruangan dari jaringan polimer lebih teratur dan lebih stabil, gaya tolak menolak antar molekul dapat direduksi secara maksimal. Untuk bisa dipakai sebagai liner masih perlu penelitian lanjut yaitu bisa dengan cara memurnikan Poliialkit-MG atau dengan mengambil rantai metil ester CPO yang diperpanjang rantainya sehingga diperoleh rantai polioll yang panjang dan lurus.

Untuk uji kuat rekat karet dengan karet ternyata Poliuretan lebih kuat dari pada Epoksi sedangkan PU-MG dan Poliialkit-MG lebih kuat dari pada Metaacrylat dan epoksi. Berarti untuk uji kuat rekat dengan substrat karet dengan karet PU-MG dan Poliialkit-MG lebih baik dari pada Poliuretan, Epoksi.

Uji kuat tekan dilakukan untuk menentukan pada suhu dingin sampai dimana kekuatannya, jangan sampai terjadi *rigid*. Di samping itu di dalam penggunaannya liner akan mengalami beban lingkungan yang meliputi vibrasi dan ketahanan terhadap panas yang ditimbulkan oleh pembakaran propelan, apabila liner mengalami keretakan oleh beban maka akan membuat kinerja liner tidak optimal sebagai material penahan panas.

4 KESIMPULAN

Setelah dilakukan uji kuat rekat hasil dari pengolahan CPO ternyata dapat dipakai untuk perekat tahan panas atau liner propelan walaupun harus diadakan perbaikan mutu, dimana pada masing-masing substrat ada kelebihan dan kekurangan. Hal ini dapat

dilihat pada uji kuat rekat *Steel* dengan *Steel*, Al dengan Al dan karet dengan karet dan dibandingkan dengan perekat tahan panas yang beredar di pasar dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut,

- Untuk uji kuat rekat *Steel* dengan *Steel*.
Pada suhu 27°C Epoksi- MG lebih kuat dari pada Poliuretan, PA-MG lebih kuat dari pada Metaacrylat.
- Pada suhu 100°C, Epoksi-MG, PU-MG dan Epoksi, kuat rekatnya sama, Poliialkit-MG lebih kuat dari pada Metaacrylat. Pada suhu 200°C Epoksi-MG dengan Poliuretan sama. Epoksi tetap lebih unggul untuk semua suhu.
- Untuk uji kuat rekat Al dengan Al
Pada suhu 27°C Epoksi-MG dan PA-MG lebih kuat dari Metaacrylat. Pada suhu 100°C Epoksi-MG dan PA-MG lebih kuat dari pada metaacrylat, sedangkan Poliuretan dan Epoksi tetap lebih unggul. Pada suhu 200°C Epoksi-MG dan PA-MG lebih bagus dari Metaacrylat, sedangkan poliuretan dan Epoksi tetap lebih unggul.
- Untuk uji kuat rekat Karet dengan karet
Pada suhu 27°C Poliuretan lebih kuat dari Epoksi, PU-MG dan Poliialkit-MG lebih kuat dari metaacrylat dan epoksi. Pada suhu 100°C paling kuat adalah Poliuretan sedangkan Poliialkit-MG dan PU-MG lebih bagus dari metaacrylat dan epoksi. Pada suhu 200°C sama dengan suhu 100°C dengan kata lain Epoksi tidak cocok untuk perekat karet dengan karet.
- Untuk uji kekuatan tekan pada suhu -30°C, -20°C ternyata PU-MG, Epoksi-MG dan Poliialkit-MG tahan pada suhu dingin.
Polimer dari CPO memiliki daya rekat dan tahan panas yang baik, memungkinkan dipakai untuk liner dan binder asal dilakukan perbaikan mutu terlebih dahulu, hanya saja rata-rata untuk suhu tinggi masih di bawah perekat tahan panas yang beredar di pasar kecuali untuk karet dengan

karet. Untuk suhu tinggi perekat dari CPO perlu peningkatan mutu lagi, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan epoksidasi dan polialkit dari PU-MG, kekuatan rekat Epoksi-MG dan Polialkit-MG meningkat, maka perlu penelitian lanjutan.

DAFTAR RUJUKAN

- Aranguren, M.I. dan William R. J., 1986. *Kinetic and Statistic Aspects of the Formation of Polyurethanes from Toluene Diisocyanat*, *Journal of Polymer Sciences* 27, pp. 424-428.
- Bhabhe, MD., dan Athawale, V. D., 1998. *Chemistry Synthesis of Urethane Oil Based on Special Fungtional Group Oil.*, *J. applied Polymer Sciences*.
- Flory, J., 1969. *Principles of Polymer Chemistry*, p.35, Cornell University Prees London.
- Liu, T. M dan Bui, V. T., 1995. *Instrumented Impact Testing of Castor Oil Based Polyurethanes*, *Journal of Applied Polymer Sciences* 56, pp. 345-354.
- Sarner, S. F., 1966. *Propellant Chemistry*, Reinhold Publishing Company, New York.
- Vantaprast, R. and Lemmetyien, 2000. *Cross-Linking Kinetics and Swelling Behavior of Aliphatic Polyurethane*, *Journal of Applied Polymer Science* 41, pp. 5571-5576.