

Analisis Nilai Tensile Strength Material Linier Menggunakan Filler Carbon Blak SiO₂ dan TiO₂

Oleh :

Aprilia Erryani, S.Si*

Wiwiek Utami Dewi, ST*

Email: aprilia.erryani@yahoo.co.id, wiwiekdewi@yahoo.com

Abstrak

Liner adalah material elastomer yang digunakan sebagai perekat dan insulator atau pelapis pelindung panas antara propelan dan tabung roket. Sebagaimana fungsinya, liner harus memiliki sifat termal dan sifat mekanik yang baik. Untuk meningkatkan sifat liner maka perlu ditambahkan filler yang berperan penting dalam meningkatkan sifat liner tersebut, baik itu sifat mekanik maupun sifat termal. Material liner yang akan digunakan adalah resin berbasis epoksi yang kemudian dicampur dengan hardener dan polysulfide LP3 dengan perbandingan berat 1:1:1,5. Sedangkan filler yang digunakan adalah Carbon Black, SiO₂ dan TiO₂ dengan perbandingan 2:2:1 phr (part per hundred resin). Sifat liner yang diuji adalah sifat mekanik khususnya kuat tarik (tensile strength). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Nilai tensile strength dan yield strength akan semakin meningkat seiring dengan penambahan komposisi filler. Sedangkan untuk elongation, penambahan filler akan meningkatkan nilai elongation/elastisitas hingga mencapai nilai maksimum dengan komposisi filler tertentu. Setelah itu nilai elastisitas liner akan menurun kembali. Oleh karena itu dengan masing-masing sifat yang saling meniadakan perlu pembatasan dalam penggunaan filler pada liner agar diperoleh kekuatan tarik dan elastisitas yang optimum sehingga kekuatan liner tetap terjaga.

Kata kunci: Liner, Filler, Tensile Strength .

Abstract

Liner is elastomer materials used as adhesives and coatings insulator or heat shield between the propellant and rocket tubes. As functions, the liner must have exceptional thermal and mechanical properties. To improve the properties of the liner should be added filler plays an important role in improving the properties of the liner, both mechanical properties and thermal properties. Liner material that will be used is an epoxy-based resin which is then mixed with a hardener and LP3 polysulfide 1:1:1,5 weight ratio. While the filler used is Carbon Black, SiO₂ and TiO₂ with a ratio of 2:2:1 phr (parts per hundred resin). The nature liner is tested mechanical properties especially tensile strength. The results of this study indicate that the value of tensile strength and yield strength will increase along with the addition of filler composition. As for the elongation, the addition of filler will increase the value of elongation / elasticity until it reaches the maximum value at a certain filler composition. After that the elasticity of the liner will decrease again. Therefore, with each of the mutually exclusive nature necessary restrictions in the use of filler on the liner in order to obtain the tensile strength and elasticity so that optimum power is maintained liner.

Keyword: Liner, Filler, Tensile Strength

1. PENDAHULUAN

Pada sebuah motor roket yang menggunakan propelan padat, propelan diikat di dalam tabung menggunakan material elastis yang disebut liner. Liner adalah material elastomer yang digunakan sebagai perekat dan insulator termal atau pelapis pelindung panas antara propelan dan tabung roket. Pada performa sebuah roket, pembakaran propelan akan menghasilkan gas bertekanan tinggi dalam jumlah yang cukup banyak. Gas bertekanan tinggi ini akan bergerak dari dalam tabung menuju nozel dengan kecepatan tinggi sehingga menghasilkan daya dorong yang kuat. Insulator motor roket sangat diperlukan untuk melindungi tabung dari erosi akibat gas panas hasil pembakaran propelan tersebut.

* Peneliti Bidang Teknologi Propelan, Pusat Teknologi Roket, LAPAN

Saat ini LAPAN menggunakan propelan berbahan dasar HTPB (Hydroxyl-terminated polybutadiene) dan menggunakan liner berbasis epoxy. LAPAN melakukan pengembangan variasi filler pada liner bertujuan untuk mendapatkan komposisi liner dengan sifat mekanik dan termal yang lebih baik dari sebelumnya. Dengan adanya variasi filler diharapkan akan diperoleh banyak alternatif material insulator pada roket.

Pemilihan filler adalah hal yang sangat penting bagi liner sebagai material insulator. Liner harus memiliki sifat termal dan sifat mekanik yang baik. Kedua hal ini adalah syarat penting untuk kelayakan sebuah material liner. Filler yang digunakan harus memiliki sifat-sifat tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap guncangan dan melindungi tabung roket dari pengaruh aliran gas yang dihasilkan propelan. Filler maksimum bisa digunakan hingga 50% dari total massa liner. Tulisan ini akan membahas pengaruh penambahan filler terhadap sifat mekanik material liner

2. DASAR TEORI

2.1 Liner

Pada sebuah motor roket yang menggunakan propelan dalam bentuk padat, propelan diikat dengan tabung menggunakan material elastis yang disebut liner. Liner adalah material elastomer yang digunakan sebagai perekat dan insulator termal atau pelapis pelindung panas antara propelan dan tabung roket. Komponen liner diharapkan memiliki resin curable polimer dan curative yang sama dengan binder propelan. Performa dan hasil karakteristik yang diinginkan untuk sebuah propelan bergantung kepada kelayakan sebuah liner dalam mengikat tabung sehingga diperoleh proses pembakaran yang stabil dan tercapainya sifat balistik yang diinginkan. Setelah pembakaran, propelan akan menghasilkan gas bertekanan tinggi dalam jumlah yang cukup banyak dari tabung menuju nozel dengan kecepatan tinggi. Reaksi dari gas yang berkecepatan tinggi melalui nozel menghasilkan daya dorong yang cukup kuat. Insulasi motor roket juga diperlukan untuk melindungi tabung dari erosi akibat gas panas hasil pembakaran propelan tersebut. Liner diletakkan diantara propelan dan tabung roket. Sebagai material struktur

Untuk itu material liner yang digunakan harus memenuhi syarat tertentu. Selain harus memiliki ketahanan termal yang merupakan faktor penting sebagai penunjang fungsi liner tersebut sebagai perekat dan material insulator (penahan panas), liner juga harus memiliki sifat mekanik yang baik. Insulator harus memiliki elongasi dan tensile strength yang tinggi untuk menahan tekanan mekanik yang ditimbulkan oleh motor roket selama casting propelan, penyimpanan, transportasi dan juga pengujian.

2.2 Material Liner dan Fillernya

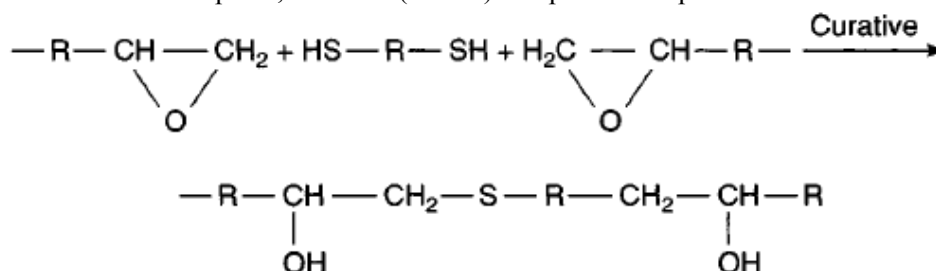
Pada dasarnya material liner yang baik dan cocok digunakan pada motor roket adalah komponen liner yang hampir sama dengan propelan agar propelan tersebut bisa merekat kuat padanya. Umumnya liner memiliki komponen yang sama dengan propelan hanya saja tanpa kandungan oksidator. Komponen liner diharapkan memiliki resin *curable polymer* dan *curative* yang sama dengan *binder* propelan. Material liner biasanya terdiri dari empat komponen utama yaitu:

1. Binder

Secara umum, *binder* merupakan komposisi resin polimer yang memiliki gugus hidroksil atau thiol reaktif. *Binder* dapat berupa jenis *curable* polimer seperti: epoksi, poliuretan, polisulfida, atau pre-polimer seperti: polietilen oksida, polibutadien, poliester, CTPB dan HTPB. Sebaiknya, jika diperlukan, *binder* yang digunakan mempunyai kesamaan fungsi kimia / jenis dengan *binder* yang digunakan pada propelan. Hal ini dimaksudkan agar daya rekat liner yang dihasilkan lebih kuat. Sebagai contoh, jika *binder* yang digunakan dalam propelan adalah HTPB maka *binder* yang digunakan pada liner sebaiknya juga HTPB.

Propelan LAPAN menggunakan binder HTPB, namun berbeda dengan binder propelan yang dipakai, material liner yang dipakai pada penelitian ini adalah resin epoksi polisulfida. Epoksi dipilih karena memiliki ketahanan panas yang baik, tingkat adesifitas yang tinggi dan mudah didapat (tingkat aksesibilitas dan ketersediaan baik). Sementara polisulfida bertindak sebagai *epoxy modifier* yang akan meningkatkan fleksibilitas epoksi. Epoksi dapat merekat kuat pada propelan HTPB karena epoksi, sama

seperti HTPB, juga memiliki gugus hidroksil atau thiol reaktif dalam struktur kimianya. Berikut adalah perkiraan reaksi kimia antara epoksi, hardener (kuratif) dan polisulfida pada liner LAPAN.



Gambar 2.1. Perkiraan reaksi epoksi, hardener (kuratif) dan polisulfida pada liner LAPAN (LP-Epoxy Resin Tecnical Catalogue,1988)

Tidak seperti proses curing HTPB dan CTPB yang memakan waktu selama 5 - 6 jam pada suhu tinggi (70 - 80°C) atau memakan waktu hingga lima hari pada kondisi ambien, proses curing epoksi polisulfida memakan waktu sekitar 2 - 3 jam pada kondisi ambien sehingga akan mempersingkat proses produksi dan menghemat penggunaan energi (tidak menggunakan suhu tinggi). Selain keunggulan tersebut, epoksi polisulfida adalah material yang biasa digunakan dalam memproduksi lapisan penahan panas (liner, insulator, dan inhibitor) pada motor roket padat LAPAN sehingga tidak diperlukan pembelian material baru dan material yang tersedia dapat dimaksimalkan penggunaannya.

2. Curing Agent

Curing agent adalah zat yang akan membantu membentuk ikatan silang (*crosslink*) antara polimer *binder* sehingga sesama molekul polimer binder dapat berikatan dan akhirnya matang (*curing*). Jenis *curing agent* berbeda-beda tergantung pada jenis *binder*. Bila bindernya epoksi maka *curing agent* dapat berupa *hardener* jenis poliamid, asam anhidrida atau basa lewis. Bila bindernya adalah HTPB maka *curing agent*nya dapat berupa poliisosiyanat.

3. Katalis

Katalis merupakan zat yang mengatur / mengarahkan laju reaksi curing. Contohnya adalah dibutil tin dilaurat, tripenil bismut, maleic anhidrid. Dalam liner, katalis biasanya bertindak sebagai *delay-quick cure*. Katalis akan memperlambat laju reaksi curing agar tidak terlalu cepat sehingga reaksi ikatan silang antara *binder* dan *curing agent* dapat berlangsung lebih sempurna dan teratur.

4. Filler

Filler merupakan komponen lain atau bahan pengisi yang terdistribusi merata dalam sebuah matriks. Filler memegang peranan penting dalam menguatkan komposit, sehingga disebut penguat atau reinforcing material. Filler harus memiliki nilai kekuatan/strength, kekerasan/ hardness, dan elastic modulus yang besar. Sifat-sifat ini harus lebih besar daripada yang dimiliki matriks. Sifat-sifat material komposit bisa juga dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, konsentrasi dan distribusi filler. Filler dengan bentuk berbeda-beda digunakan untuk mendapatkan sifat-sifat yang lebih lengkap atau untuk meningkatkan sifat tertentu dari suatu komposit

Filler untuk termoplastik dan termoset kemungkinan adalah material inert dimana bertindak menurunkan *resin cost* dan menaikkan proses atau menahan panas pada reaksi termosetting eksotermis. Contoh dari beberapa filler adalah serbuk kayu, tanah liat, talc, sand, mica, dan butiran kaca. Mica juga bisa digunakan sebagai modifikasi antara sifat elektrik polimer dan penahan panas. Partikel filler lainnya bisa juga digunakan untuk menurunkan mold shrinkage atau untuk mengurangi muatan elektrostatis. Yang termasuk ke dalam jenis filler ini adalah grafit, carbon black, serbuk aluminium, logam atau serat lapisan logam.

Penambahan filler berguna untuk menaikkan beberapa sifat-sifat mekanik seperti *modulus*, *tensile* atau *tear strength*, ketahanan abrasi, dan *fatigue strength*. Contoh, filler seperti carbon black atau silica secara luas digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan abrasi dari elastomer komersial. Filler merupakan bahan padat pengisi liner yang berfungsi memperkuat liner (*reinforce*), memperbaiki sifat mekanis dari liner (seperti: meningkatkan kekerasan), meningkatkan ketahanan erosi, menurunkan pembentukan asap pada saat operasional roket dan dapat juga berperan sebagai komponen yang memperlambat liner turut terbakar di ruang bakar (*flame retardant*).

Filler dalam liner juga berfungsi memperkuat liner (*reinforce*), memperbaiki sifat mekanis dari liner (seperti: meningkatkan kekerasan), meningkatkan ketahanan erosi, menurunkan pembentukan asap pada saat operasional roket dan dapat juga berperan sebagai komponen yang memperlambat liner turut terbakar di ruang bakar (*flame retardant*). Filler yang baik adalah yang bersifat inert terhadap komponen lain dalam liner, tidak mudah terbakar, dan memiliki luas permukaan spesifik yang luas. Pada umumnya, *filler* terdiri dari setidaknya campuran dua komponen. *Filler* yang biasa digunakan untuk liner antara lain: *carbon fiber*, *fiber cloth*, *aramid fiber*, borat, metal borat, seng borat, oksida logam, alumina trihidrat, TiO_2 , dan SiO_2

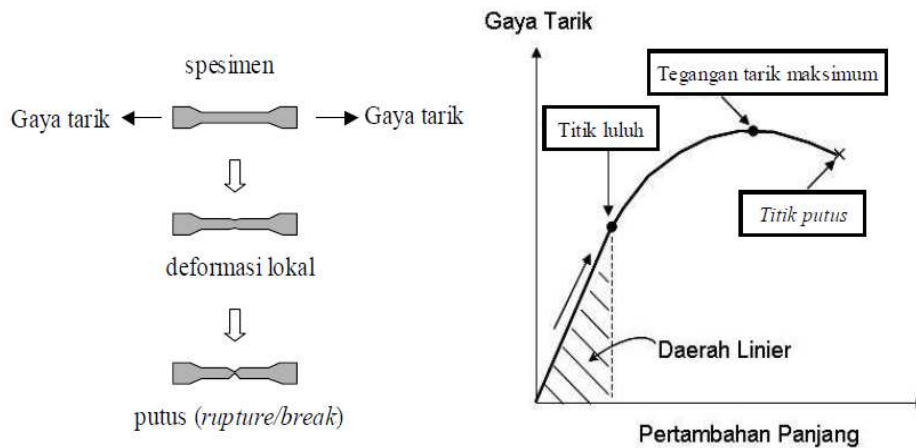
Berbagai jenis filler menurut kegunaannya, yang sering digunakan pada roket propelan padat meliputi :

- Coolants fillers : oxalates, carbonates, ammonium compounds.
- Flame retardant fillers : phosphates, chalogenates, silica.
- Refractory fillers : zirconium oxide, titanium dioxide, alumina oxide.
- Melt of char forming fillers : boron oxide.
- Low density fillers : phenol resins (hardablatives).
- Glow suppressants: antimonyoxide.
- Hydrated fillers for transpirational cooling : boric acid.

2. 3 Tensile Strength (Kuat Tarik)

Tensile Strength (Kuat Tarik) adalah kekuatan bahan yang dikaitkan dengan beban maksimum yang dapat dipikul oleh bahan. Sedangkan kekuatan luluh (*yield strength*) dan penurunan laju deformasi plastik mula-mula.hal ini berkaitan dengan tegangan-regangan (*stress-strain*) dan penurunan laju deformasi sama pengaruhnya dengan kenaikan suhu terhadap sifat tegangan-regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut modulus elastisitas (*modulus young*) yang juga dipengaruhi oleh nilai regangan sebelum patah (perpanjangan patah-elongation at break).

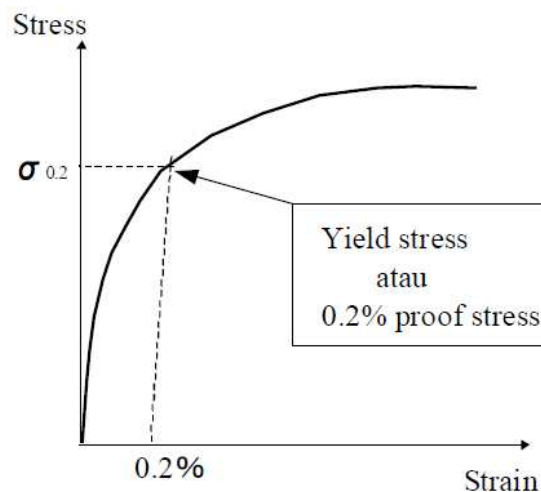
Salah satu uji sifat mekanik yang umum dilakukan adalah uji kuat tarik unaksial dengan metode sampel *JANAF* (Joint - Army – Navy – Air – Force). Pada pengujian ini, batang uji dengan panjang L_0 dikenai gaya longitudinal sehingga panjang akhir menjadi L . Besarnya gaya per satuan luas penampang lintang spesimen disebut dengan kuat tarik (σ). Sedangkan persentase pertambahan panjang $(L-L_0)/L_0$ atau $\Delta L/L_0$ disebut regangan (ϵ). Bagi material yang elastis, homogen dan isotropik, hubungan antara kuat tarik dan regangan akan mengikuti hukum Hooke sesuai dengan persamaan $\sigma = E \epsilon$ dimana jika dibuat kurva antara kuat tarik dengan regangan diperoleh kemiringan (slope) sebesar E yang disebut *Modulus Young*.



Gambar 2.2. Profil Data Hasil Uji Kuat Tarik (Calister,2004)

Dalam uji kuat tarik linier (polimer yang mengandung isian), bentuk kurva tersebut biasanya akan tampak seperti Gambar 2.2. Daerah elastis dibatasi oleh koordinat (ϵ_E , σ_E), pada linier (polimer dengan isian), titik tersebut menunjukkan terjadinya pemecahan ikatan antara permukaan binder dengan bahan padat (isian). Apabila regangan bertambah, kurva akan melewati titik kuat tarik maksimum (yield point, σ_Y) selanjutnya keadaan tidak elastis lagi. Pada titik ini akan terjadi aliran viscous dan regangan bertambah secara cepat dengan sedikit atau tanpa kenaikan kuat tarik dan akhirnya putus.

Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, regangan ini disebut offset-strain. Seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.3. Penentuan tegangan luluh (*yield stress*) untuk kurva tanpa daerah linier (Calister,2004)

3. METODOLOGI

Material linier yang akan digunakan sebagai linier adalah resin berbasis epoksi yang kemudian dicampur dengan hardener dan polysulfide LP3. Disini epoksi bertindak sebagai resin polimer, hardener akan bertindak sebagai curing agent dan polysulfide LP3 akan bertindak sebagai softener yang akan meningkatkan fleksibilitas resin sekaligus akselerator proses curing. Epoksi resin, hardener dan LP3 akan dicampur dengan perbandingan berat 1:1:1,5. Proses pencampuran linier menggunakan mixer berkecepatan 60 rpm dengan kondisi atmosfer. Dengan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 3.1. Komposisi Sampel Liner

No Sampel	Komposisi-phr (part per hundred resin)				
	Total Resin	Filler			
		Total	CB	SiO ₂	TiO ₂
L1	100	5	2	2	1
L2	100	10	4	4	2
L3	100	15	6	6	3
L4	100	20	8	8	4
L5	100	25	10	10	5

Pertama epoxy resin dicampur dengan polisulfid LP3, setelah homogen selama kira-kira 5 menit kemudian dimasukkan filler masing-masing tiap 3 menit dengan urutan TiO₂, SiO₂ dan terakhir Carbon Black. Setelah homogen kira-kira 5 menit, terakhir campurkan epoxy hardener dan biarkan 5 menit pula hingga homogen. Selanjutnya slurry di vacuum dengan menggunakan vacuum chamber hingga gelembung udara yang terperangkap dalam slurry menguap dan habis. Setelah itu dituang dalam kotak sampel yang telah disiapkan sebelumnya dengan ukuran 18 x 15 x 2 cm dan dibiarkan curing pada suhu kamar. Setelah curing sampel diukur *tensile strength*-nya (kuat tarik) dengan menggunakan Mesin Uji Tensilon UTM 100.

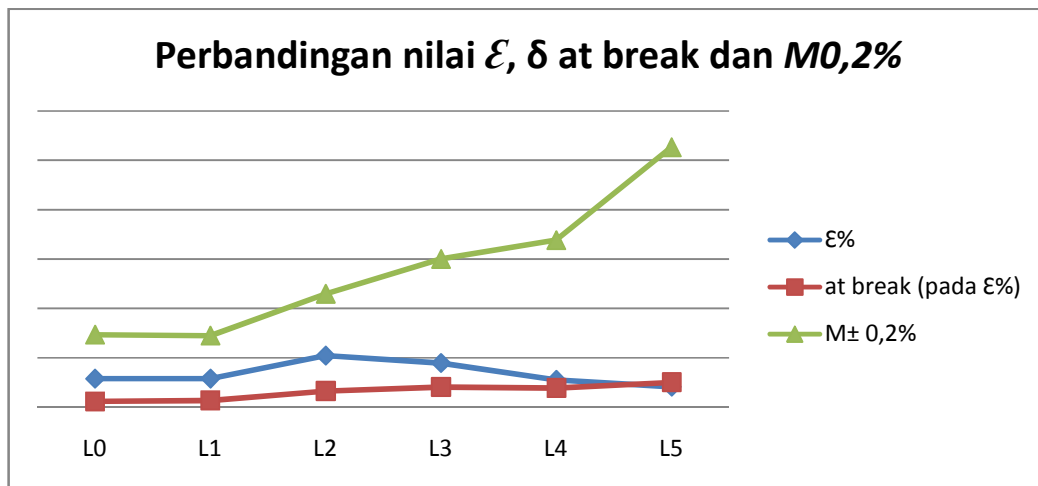
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Liner adalah material elastomer yang digunakan sebagai perekat dan insulator termal atau pelapis pelindung panas antara propelan dan tabung roket. Material liner yang digunakan harus memenuhi syarat tertentu. Selain harus memiliki ketahanan termal yang merupakan faktor penting sebagai penunjang fungsi liner tersebut sebagai perekat dan material insulator (penahan panas), liner juga harus memiliki sifat mekanik yang baik. Insulator harus memiliki elongasi dan *tensile strength* yang tinggi untuk menahan tekanan mekanik yang ditimbulkan oleh motor roket selama *casting* propelan, penyimpanan, transportasi dan juga pengujian.

Nilai *tensile strength* (kuat tarik) sangat dipengaruhi oleh filler yang ditambahkan pada liner. Filler memegang peranan penting dalam menguatkan komposit, sehingga disebut penguat atau reinforcing material. Hasil pengujian *tensile strength* pada material liner dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan interpretasi dalam bentuk grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Nilai hasil Uji Mekanik Sampel Liner.

Sampel	Elongation	Tensile strength	Yield strength
	ϵ (%)	δ at break (Kg/cm ²)	M \pm 0,2% (Kg/cm ²)
L0	28,92667	5,763945572	73,59161
L1	28,98583	6,850959085	72,57617
L2	52,13542	16,25639217	115,0076
L3	44,67958	20,34537619	150,3103
L4	28,48375	23,82157028	223,30623
L5	20,78472	25,17492604	263,5024



Gambar 4.1. Perbandingan nilai *elongation*, *tensile strength* dan *yield strength* pada sampel liner

Nilai L0 adalah liner tanpa ditambahkan filler, nilai ini dijadikan pedoman awal untuk mengetahui perubahan sifat mekanik pada liner setelah diisi filler. Elastisitas liner atau persen perpanjangannya dapat dilihat pada nilai besaran ϵ (elongasi). Berdasarkan data pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 diatas, terlihat bahwa awalnya semakin banyak komposisi liner yang digunakan akan meningkatkan nilai elastisitas. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kata lain penambahan filler meningkatkan keelastisitasan material liner. Namun hal ini tidak berlangsung terus-menerus, pada komposisi L2, nilai elongasi mencapai pada titik maksimum. Setelah melewati nilai tersebut, pada komposisi L3 hingga L5, justru sebaliknya, nilai elastisitas liner kembali menurun seiring dengan bertambahnya jumlah filler yang dicampurkan ke dalam liner. Penambahan filler setelah komposisi L2 tidak lagi dapat berfungsi meningkatkan nilai elastisitas liner.

Kekuatan tarik, yaitu kekuatan maksimum yang dimiliki material sebelum mengalami patah (*break*). Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat bahwa, penambahan filler pada material liner akan meningkatkan nilai kekuatannya. Dengan kata lain kontak antara partikel-partikel filler dengan material liner dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik liner. Partikel filler mengisi kekosongan diantara struktur molekul organik material matriks sehingga komposit menjadi lebih padat dan oleh karena itu ketahanannya terhadap tegangan tarik bertambah. Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, regangan ini disebut *offset-strain*. Nilai tegangan luluh ($M_{0,2\%}$) untuk material liner dapat dilihat dari hasil pengukuran yang ada pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1. Semakin banyak jumlah filler yang ditambahkan ke dalam material liner maka nilai tegangan luluhnya semakin meningkat.

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat untuk nilai *tensile strength* dan *yield strength* membentuk garis liner terhadap pertambahan komposisi filler yang artinya semakin banyak komposisi filler yang ditambahkan maka nilai *tensile strength* dan *yield strength* semakin bertambah. Berbeda dengan nilai *tensile* dan *yield strength*, nilai perpanjangan atau *elongation* membentuk kurva parabola ke atas, kurva tersebut memiliki titik puncak atau titik maksimum yang artinya nilai elastisitas akan meningkat seiring bertambahnya komposisi filler yang ditambahkan hingga mencapai nilai maksimum kemudian kembali menurun seiring dengan bertambahnya komposisi filler yang dicampurkan. Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka perlu diketahui dan ditentukan kondisi optimum dimana kekuatan tarik dan elastisitas tetap pada range yang diinginkan sehingga kekuatan liner tetap terjaga. Ini bisa dilakukan dengan cara membatasi jumlah atau komposisi filler yang ditambahkan pada matriks (liner).

5. KESIMPULAN

Pembahasan yang telah dilakukan diatas menyimpulkan bahwa penambahan filler pada material liner sangat perlu dan sangat berpengaruh terhadap peningkatan sifat-sifat liner terutama sifat mekaniknya. Nilai *tensile strength* dan *yield strength* akan semakin meningkat seiring dengan penambahan komposisi filler. Sedangkan untuk elongation, penambahan filler akan meningkatkan nilai elongation/elastisitas hingga mencapai nilai maksimum dengan komposisi filler tertentu. Setelah itu penambahan filler tidak lagi berfungsi meningkatkan nilai elastisitas liner. Justru sebaliknya, nilai elastisitas liner akan kembali menurun dengan ditambahkannya komposisi filler yang dicampurkan ke dalam liner. Oleh karena itu masing-masing sifat yang saling meniadakan perlu pembatasan dalam penggunaan filler pada liner agar diperoleh kekuatan tarik dan elastisitas yang optimum. Dengan kata lain, diperlukan kondisi optimum untuk penambahan filler dimana kekuatan tarik dan elastisitas tetap pada range yang diinginkan sehingga kekuatan liner tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Calister, W.D, *Material Science and Engineering*. John Wiley&Sons, 2004.
 Gibson, Ronald F. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw-Hill, Inc,1994.
 Gordon,S., Evans, G.I & Jones, P.G. *Solid Propellants with Inhibitor Layer in Rocket Motor*. United States Patent, Patent Number 3.991.565, 1976.
 Harvey, A.R & Ellertson, J.W. *Elastomeric Rocket Motor Insulation*. United States Patent, Patent Number 7.012.107 B2, 2006.
 Navele, S.B., Sriraman, S., Wani, V.S., Manohar, M.V & Kakade, S.D. *Effect of Additives on Liner Properties of Case-bonded Composite Propellants*. Defence Science Journal Vol. 54 No.3. 2004.
 Sinclair, J.W., Lefgren, D & Kyung J.Min. *Method and Compositions for Bonding Propellants Within Rocket Motors*. United States Patent, Patent Number 5.273.785. 1993.
 Wrightson, J.M *Polimeric Isocyanate-Hidroxy Terminated Polybutadiene Compositon*. United States Patent, Patent Number 4.187.215, 1980.
LP-Epoxy Resin Tecnical Catalogue Morton International LTE Coventry, UK, 1988.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Aprilia Erryani S.Si M.Si
 Tempat & Tgl. Lahir : Surabaya 7 April 1984
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Instansi Pekerjaan : LAPAN
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Bidang Teknologi Propelan
 Agama : Islam
 Status Perkawinan : Belum Kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU Negeri 2 Payakumbuh Tahun: 1999-2002
 STRATA 1 (S.1) : Kimia Universitas Negeri Padang Tahun: 2002-2007
 STRATA 2 (S.2) : Ilmu Material Universitas Indonesia Tahun: 2009-2011

ALAMAT

Alamat Rumah : Alam Asri 3 Blok J17/3 Vila dago Pamulang Tangerang Selatan
 HP. : 081389945450/0817837884
 Email: aprilia.erryani@gmail.com / aprilia.erryani@yahoo.co.id

Alamat Kantor / Instansi : JL. Raya Lapan No.2 Mekarsari, Rumpin Kab. Bogor 16350
Telp. : 021-70952065

HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

1. Komposisi mana yang terbaik dari hasil uji kuat tersebut. Errya Satria (LAPAN)
2. Cari literatur yang ada dan dikoreksi. Ilham Hatta (BPPT)

Jawaban :

1. Komposisi terbaik yang diambil adalah komposisi L3.
2. Dipakai 0.2% karena untuk komposit tidak memiliki daerah landing yang jelas. Sebenarnya tidak ada ketetapan universal mengenai titik ini. Dipakai 0.2 karena sejauh ini dibaca dari literatur untuk material polimer atau komposit yield strength adalah 0.2%. Jika digunakan 0.1 terlalu kecil tetapi akan dicoba lagi mengenai hal ini