

PENENTUAN KOMPOSISI KOMBINASI FILLER CARBON BLACK, SiO₂, Al₂O₃ DAN ZnO SEBAGAI MATERIAL LINER MOTOR ROKET CASE BONDED

Oleh:
Wiwiek Utami Dewi*

Abstrak

Pengembangan metode produksi motor roket secara case bonded yang saat ini sedang dilaksanakan LAPAN menuntut penggunaan material liner yang lebih tahan panas dan lebih mudah dalam teknik aplikasinya. Pada metode case bonded ini liner diaplikasikan dengan teknik spinning (sentrifugasi). Dengan teknik tersebut, material fiber yang biasa digunakan dalam produksi motor roket metode free standing tidak dapat digunakan. Walaupun fiber memberikan kinerja insulasi, reinforcing dan kerekatan yang baik tetapi akan sangat tidak praktis dan sulit diaplikasikan.

Oleh karena itu, saat ini telah dilakukan riset yang berfokus pada upaya pembaharuan komposisi resin penyusun liner dan upaya substitusi komponen reinforcement yang semula menggunakan material fiber menjadi menggunakan filler. Material yang dipakai sebagai liner adalah material liner biasa yang berbasis epoksi sementara filler yang digunakan adalah carbon black, SiO₂, Al₂O₃ dan ZnO.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa resin liner yang cocok digunakan adalah epoksi : hardener : LP3 dengan komposisi 1 : 2 : 1. Sementara filler total digunakan sebanyak 20 phr dengan komposisi carbon black 8 phr, SiO₂ 8 phr, Al₂O₃ 2 phr dan ZnO 2 phr. Material baru ini memiliki ketahanan panas, kekuatan dan kelenturan yang lebih baik namun sangat ringan. Selain itu juga mudah dalam pengaplikasiannya.

Kata kunci: case bonded, liner, spinning, filler

Abstract

The development of case bonded motor rocket production method that nowadays LAPAN does, requires the use of better thermal resistance and easy-to-apply liner material. In this case bonded method, the liner material is applied by spinning (centrifugation) techniques. By using this technique, the fiber material used for free standing rocket motor production has to be eliminated. Even though fiber gives good insulation, reinforcing and adhesives performance but it is very unpractical and inapplicable.

Hence, the research about case bonded liner material has been done. This research was focus on the effort to renew the composition of liner resin and the effort to substitute the reinforcement material from fiber to filler. The material used for liner was the same material that we commonly use (epoxy base), while the fillers were carbon black, SiO₂, Al₂O₃ and ZnO.

The result of this research shows that the suitable liner resin composition for case bonded are epoxy : hardener : LP3 = 1 : 2 : 1 as for filler are carbon black 8 phr, SiO₂ 8 phr, Al₂O₃ 2 phr and ZnO 2 phr. The new material not only proved to be better in thermal resistance, strength and flexibility but also lighter and easy-to-apply.

Key words: case bonded, liner, spinning, filler

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan LAPAN dalam meluncurkan roket nasional RHAN-122 telah membuktikan kemampuan LAPAN dalam menguasai teknologi peroketan nasional. Oleh karena keberhasilan tersebut, LAPAN saat ini berusaha memfasilitasi permintaan motor roket dari departemen pertahanan maupun TNI. Teknologi pembuatan motor roket yang ada di LAPAN saat ini hanya mampu memproduksi motor roket dalam jumlah kecil saja sehingga perlu dilakukan riset khusus mengenai peningkatan kapasitas produksi motor roket. Salah satu upaya peningkatan kapasitas produksi yang sedang dikembangkan adalah penggunaan metode case bonded dalam sistem produksi motor roket.

Salah satu bagian yang sangat penting dalam tahapan produksi pembuatan motor roket padat adalah teknologi proses pembuatan propelan. Selama ini proses pembuatan propelan yang dilakukan

* Perekraya Pusat Teknologi Roket LAPAN

oleh LAPAN dilakukan secara *free standing* dimana propelan dibuat menggunakan cetakan propelan. Propelan yang dihasilkan dilapisi dengan protektor termal dan dimasukkan ke dalam tabung motor roket. Selanjutnya celah antara permukaan propelan dengan dinding tabung diisi dengan material tahan panas sebagai liner. Proses pembuatan yang seperti ini mengakibatkan massa propelan yang ada dalam motor roket tidak optimal. Selain itu proses assembling motor roket juga memakan waktu relatif lebih lama.

Solusi untuk permasalahan di atas adalah melalui penggunaan teknologi proses propelan secara *case bonded*. Pada metode ini propelan langsung dicetak didalam tabung motor roket yang sebelumnya sudah diberi lapisan penahan panas (liner). Massa propelan yang dihasilkan akan lebih besar karena lapisan liner yang dibuat lebih tipis. Volume tabung motor roket akan terisi lebih optimal. Guna terciptanya metode produksi motor roket *case bonded*, material liner yang digunakan akan berbeda dari pada metode *free standing*. Lapisan liner-insulator yang sebelumnya menggunakan material fiber, yang sudah tentu memiliki massa yang lebih besar dan kurang praktis, akan digantikan dengan penggunaan material yang lebih ringan tetapi sama-sama tahan suhu tinggi. Material baru ini diharapkan dapat memiliki ketahanan panas dan kerekatan yang lebih baik serta mudah dalam pengaplikasiannya

Tujuan penelitian adalah mendapatkan komposisi material penyusun lapisan liner baru yang akan digunakan pada motor roket *case bonded* LAPAN. Material liner *case bonded* diharapkan memiliki kekerasan yang tidak melebihi 60 shoreA, densitas dibawah 1,1 gram/cm³, kuat tarik diatas 6,5 kg/cm², ketahanan termal yang lebih baik (berat hilang kurang dari 80%) dan viskositas kurang dari 300 poise sehingga dapat diproses dengan mudah.

2. METODOLOGI

Material dasar yang dipilih sebagai liner pada motor roket *case bonded* sama dengan material liner yang dipakai pada motor roket *free standing*. Ada dua komposisi slurry liner yang digunakan yaitu perbandingan epoksi : hardener : LP3 = 1 : 1 : 1 (L1) dan 1 : 2 : 1 (L2). Filler yang digunakan pada riset ini ada 4 yaitu carbon black, SiO₂, ZnO dan Al₂O₃ dengan ukuran partikel 170 mesh. Proses pencampuran resin akan dilakukan pada mixer dengan kecepatan pengadukan 60 rpm dalam kondisi atmosferik selama 5 menit. Setelah resin homogen, akan dilakukan penambahan filler dan diaduk kembali selama 10 menit. Urutan pemasukan filler setiap 1 menit adalah Al₂O₃, ZnO, SiO₂ dan terakhir carbon black. Filler dicampur dengan menggunakan komposisi phr atau *parts per hundred rubber* artinya untuk setiap 100 gram resin akan ditambahkan x gram filler. Proses pembuatan dan curing liner dilakukan pada suhu ambien. Slurry dan filler dicampur dengan komposisi seperti terlihat pada tabel berikut ini

Tabel 2.1. Komposisi Sample Liner

No Sample	Filler (phr)				
	Carbon Black	SiO ₂	ZnO	Al ₂ O ₃	Total
E1	2	2	0,5	0,5	5
E2	4	4	1	1	10
E3	6	6	1,5	1,5	15
E4	8	8	2	2	20

Slurry dari sampel dengan berbagai komposisi tersebut dicetak ke dalam kotak aluminium berukuran 18 cm x 15 cm x 2 cm untuk selanjutnya dibiarkan memadat (curing). Sebelum dicetak pada kotak aluminium, slurry diukur viskositasnya dengan menggunakan Rion Viscometer VT-04. Selama proses curing dilakukan observasi visual dan sentuhan setiap 1 jam sekali. Ketika sudah curing, sampel padat dikeluarkan dari cetakan untuk diuji besaran karakteristiknya. Besaran yang diuji antara lain:

1. Kekerasan diukur dengan Hardness Tester Tecklock Type GS-709N
2. Densitas diukur dengan Densitometer AD-1653
3. Kuat tarik dan kuat rekat diukur dengan Alat uji tarik mesin UTM III – 100, dan
4. Ketahanan termal diukur dengan DTG-60 (Simultaneous DTA-TG) Shimadzu



Gambar 3.2. Sample Liner



Gambar 3.3. Slurry Liner Setelah 1 Jam, Belum Curing



Gambar 3.4. Slurry Liner Setelah 2 Jam, Sudah Mulai Curing

Gambar 3.3 dan 3.4 menampilkan hasil observasi curing resin liner. Pada satu jam pertama, liner belum mulai curing. Liner masih berupa larutan viskos. Setelah 2 jam, liner menunjukkan tanda-tanda mulai curing. Walau belum sepenuhnya curing karena hanya bagian atasnya saja yang mulai mengeras, akan tetapi liner sudah mulai memadat dan tidak lengket.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa nilai kekerasan liner dengan komposisi slurry L1 sangat tinggi (diatas 80 shore A). Material bersifat sangat keras, kaku dan tidak lentur sama sekali. Kekerasan dengan nilai sebesar ini sangat tidak diinginkan bila dijadikan material liner. Material memang kuat tapi akan rapuh bila terpapar suhu dan tekanan tinggi. Liner juga menjadi tidak fleksibel sehingga mengurangi fungsi liner sebagai peredam getaran pada motor roket. Pengujian besaran karakteristik yang lain untuk komposisi liner L1 tidak dilanjutkan karena nilai parameter utama yaitu kekerasan ternyata sangat jauh dari harapan (diatas 60 shoreA).

Komposisi slurry liner yang lain kemudian dibuat namun tetap memiliki komposisi filler seperti tertera diatas. Berikut ini adalah hasil pengujian liner dengan komposisi epoksi : hardener : LP3 = 1 : 2 : 1. Selanjutnya komposisi liner ini diberi kode L2.

Tabel 2.2. Hasil Pengujian Liner Komposisi L2

Besaran	No filler	Sample			
		L2E1	L2E2	L2E3	L2E4
Viskositas (poise)	50	150	200	250	300
Kekerasan (Shore A)	30	32	43,6	51,7	55,3
Weight Loss (%)	84,983	77,106	76,267	72,381	70,761
Uji tarik (kg/cm ²)	6,012	6,826	9,652	9,878	11,035
Densitas (gr/cm ³)	1,156	1,0588	1,0103	0,9897	0,9371

Serupa dengan slurry liner komposisi L1, Slurry liner komposisi L2E1- L2E4 juga curing dalam waktu 4 jam saja dari 16 jam bila tanpa filler. Nilai kekerasan pada liner komposisi L2 sangat sesuai dengan yang diharapkan. Kekerasan tidak melebihi 60 shoreA walau komposisi filler sudah mencapai 20 phr. Berdasarkan hasil ini maka komposisi slurry liner yang dipilih adalah L2.

Pada L2E1 hingga L2E4, harga viskositas, kekerasan dan kuat tarik menjadi semakin besar seiring dengan semakin banyaknya filler yang dicampur. Hal ini wajar karena filler mengisi ruang kosong antar matriks polimer sehingga selain meningkatkan kekentalan dan kekerasan. Selain mengisi ruang kosong, pada penggunaan dengan resin tertentu filler dapat juga bertindak sebagai pelarut/pengencer. Filler digunakan sebagai bahan tambahan (*additive*) yang berfungsi untuk memperbaiki atau memodifikasi properti baik fisik maupun kimia senyawa karet dan plastik. Pada kasus kuat tarik, semakin besar kuat tarik maka energi yang diperlukan untuk mendeformasi material (menarik material tersebut hingga putus) akan semakin besar. Itu berarti material menjadi semakin kuat.

Densitas liner komposisi L2E1-L2E4 lebih kecil dibandingkan dengan liner lama. Penambahan filler bukannya menaikkan densitas malah menurunkan densitas. Hal ini mungkin terjadi karena salah satu filler yaitu SiO₂ memiliki densitas yang cukup rendah (bulk density ~ 0,76 gr/cm³) sehingga menurunkan densitas liner L2. Liner L2 dapat dikatakan lebih kuat, memiliki ketahanan termal yang lebih baik namun ringan. Densitas liner yang rendah akan mereduksi berat liner dan berat roket secara keseluruhan.

Ketahanan termal suatu polimer ditandai dengan, salah satunya, nilai berat yang hilang (*loss weight*) selama proses pemanasan (dekomposisi). Semakin rendah nilai berat hilang suatu polimer pada suhu tertentu maka ketahanan termalnya makin baik. Sample L2E1 hingga L2E4 memiliki persen berat hilang daripada rendah liner saja tanpa filler. Penambahan filler terbukti memperbaiki properti termal resin liner.

Melihat dari hasil yang tersaji pada Tabel 3 maka komposisi liner yang dipilih adalah L2E4. Semua parameter pada liner L2E4 berada pada kondisi optimum dari semua sample yang dibuat. Walaupun memiliki viskositas yang paling besar diantara sample yang lain namun parameter yang lain menunjukkan hasil yang baik. Kekerasan tidak melebihi 60 shoreA, ketahanan termal dan kuat tarik paling baik diantara semua sample serta memiliki densitas terendah. Kuat namun ringan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari riset ini antara lain:

- Komposisi liner yang dipakai adalah komposisi L2E4 yaitu liner dengan komposisi slurry epoksi : hardener : Lp3 = 1 : 2 : 1 dan komposisi filler carbon black 8 phr, SiO₂ 8 phr, ZnO 2 phr dan Al₂O₃ 2 phr (total 20 phr)
- Material liner case bonded yang dihasilkan memiliki karakteristik : viskositas 300 poise, kekerasan 55,3 shore A, berat hilang 70,761%, kuat tarik 11,035 kg/cm² dan densitas 0,9371 gram/cm³
- Material liner case bonded yang diperoleh pada riset ini memiliki ketahanan panas, kekuatan dan kelenturan yang lebih baik namun sangat ringan. Selain itu juga mudah dalam proses dan pengaplikasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Menczel, Joseph D. & R. Bruce Prime, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. John Willey & Sons. New York. 2005.
- Perry, H. Robert and Don Green, *Perry's Chemical Engineering's Handbook, 6th Edition*. McGraw-Hill International. Singapore. 1984.
- Rogers, Martin .E. & Timothy E. Long. *Synthetic Method in Step Growth Polymer*. Wiley Interscience. New Jersey. USA. 2003.
- Sayles, David C. *Cloth-Line Interceptor Motor Insulation For Strong Insulation-to-Propellant Interlock*, US Patent 5.209.876. 1993.
- Nelson, dkk. *Errrosion Resistant-Low Signature Liner For Solid Propellant Rocket Motors*, US Patent 6.054.521. 2000.
- Martin, dkk, *Carbon and Silicone Polymer Ablative Liner Material*, US Patent 5.212.944. 1993.
- Schaffling, Otto G., *Solid Rocket Motor*, US Patent 3.965.676. 1976.
- Smythe, Kenneth R., *Rotary Atomizer For Coating Workpieces With A Fine Layer of Liquid Material, And A Method of Operating The Said Atomizer*, US Patent 4.521.462. 1985.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Wiwiek Utami Dewi
Tempat & Tgl. Lahir : Jakarta, 18 Agustus 1984
Jenis Kelamin : Perempuan
Instansi Pekerjaan : LAPAN
NIP. / NIM. : 19840818 200801 2 003
Pangkat / Gol. Ruang : Penata Muda - III /a
Jabatan Dalam Pekerjaan : Perakayasa
Agama : Islam
Status Perkawinan : Single

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMUN 21 Tahun: 2002
STRATA 1 (S.1) : Teknik Kimia UI Tahun: 2006

ALAMAT

Alamat Rumah : Jl. Cipinang Timur RT 07 RW 02 No. 10
Jakarta Timur 13240
Telp. : 021-47862453. HP. : 0813 1818 1485
Alamat Kantor / Instansi : Pusat Teknologi Wahana Dirgantara
Jl. Raya LAPAN, No. 2, Mekarsari, Rumpin, Bogor
Jawa Barat

HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

1. Bagaimana pengembangan lain dari **linier** dan kekurangannya? (Bayu Utama – PUSTEKBANG)
2. **Untuk** dari daya tahan liner bagaimana? (Eko Budi – PUSTEKBANG)
3. Perbandingan campuran **bambel** lagi bagaimana apakah density **bambel**? (Mabe Siahaan – PUSTEKBANG)

Jawaban :

1. -
2. -
3. -