

## APLIKASI LINER DENGAN METODE LINING SENTRIFUGAL PADA MOTOR ROKET PADAT CASE-BONDED

Oleh:  
Fathur Rohman\*

### **Abstrak**

*Penelitian ini merupakan langkah awal dari rangkaian pembuatan motor roket padat dengan metode propellant case-bonded dan lapisan penahan panas motor roket menggunakan metode lining sentrifugal. Proses pelapisan tabung motor roket menggunakan material liner berbasis epoxy dengan filler berupa carbon black, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan ZnO. Material liner tersebut di cetak dalam tabung motor roket dengan cara memutar tabung motor roket, agar material liner terdistribusi pada permukaan akibat adanya gaya sentrifugal. Setelah curing, tebal liner diukur di titik-titik yang ditentukan. Hasil penelitian ini diperoleh kecepatan putar yang optimal pada 1.000 rpm.*

*Kata kunci : liner, casting, case-bonded*

### **Abstract**

*This research is the first step of making a solid rocket motor by propellant case-bonded method and the liner-thermal insulation used centrifugal lining method. Process of coating the rocket motor tube by using the liner material (epoxy-based) and the fillers were carbon black, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnO. The liner material was casted inside the rocket motor tube by rotating the rocket motor tube, so that the liner material distributed on the surface due to centrifugal force. After curing, the liner thickness were measured at specified points. The results of this research was obtained optimum speed at 1000 rpm.*

*Key words : liner, casting, case-bonded*

## **1. PENDAHULUAN**

Saat ini, LAPAN sedang melakukan penelitian dan pengembangan dalam bidang peroketan untuk meningkatkan kapasitas produksi roket padat. Metode pembuatan motor roket padat yang digunakan LAPAN saat ini adalah *free standing*, dimana propelan dicetak di dalam tabung cetakan. Setelah itu, baru diintegrasikan ke dalam tabung motor roket. Metode ini kurang efektif untuk produksi roket dalam skala besar, karena waktu proses yang relatif lama dan hasil yang kurang optimal. Hal tersebut dapat dilihat pada beberapa proses yang seharusnya bisa diperpendek/dihilangkan sehingga waktu proses dapat lebih optimal, dan sering terjadi kendala dalam proses pembuatan propelan. Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode pembuatan motor roket padat yang akan dikembangkan adalah metode *propellant case-bonded* dimana propelan langsung dicetak di dalam tabung motor roket tersebut. Proses ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas motor roket secara umum, khususnya propelan. Dalam metode *case-bonded*, langkah awal yang dilakukan adalah penelitian pada teknik *lining*. Lapisan *liner-insulator* pada proses *free standing* menggunakan material fiber sehingga kurang praktis waktu diproses. Sedangkan material *liner-insulator* yang digunakan pada metode *propellant case-bonded* menggunakan filler antara lain : carbon black, SiO<sub>2</sub>, ZnO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

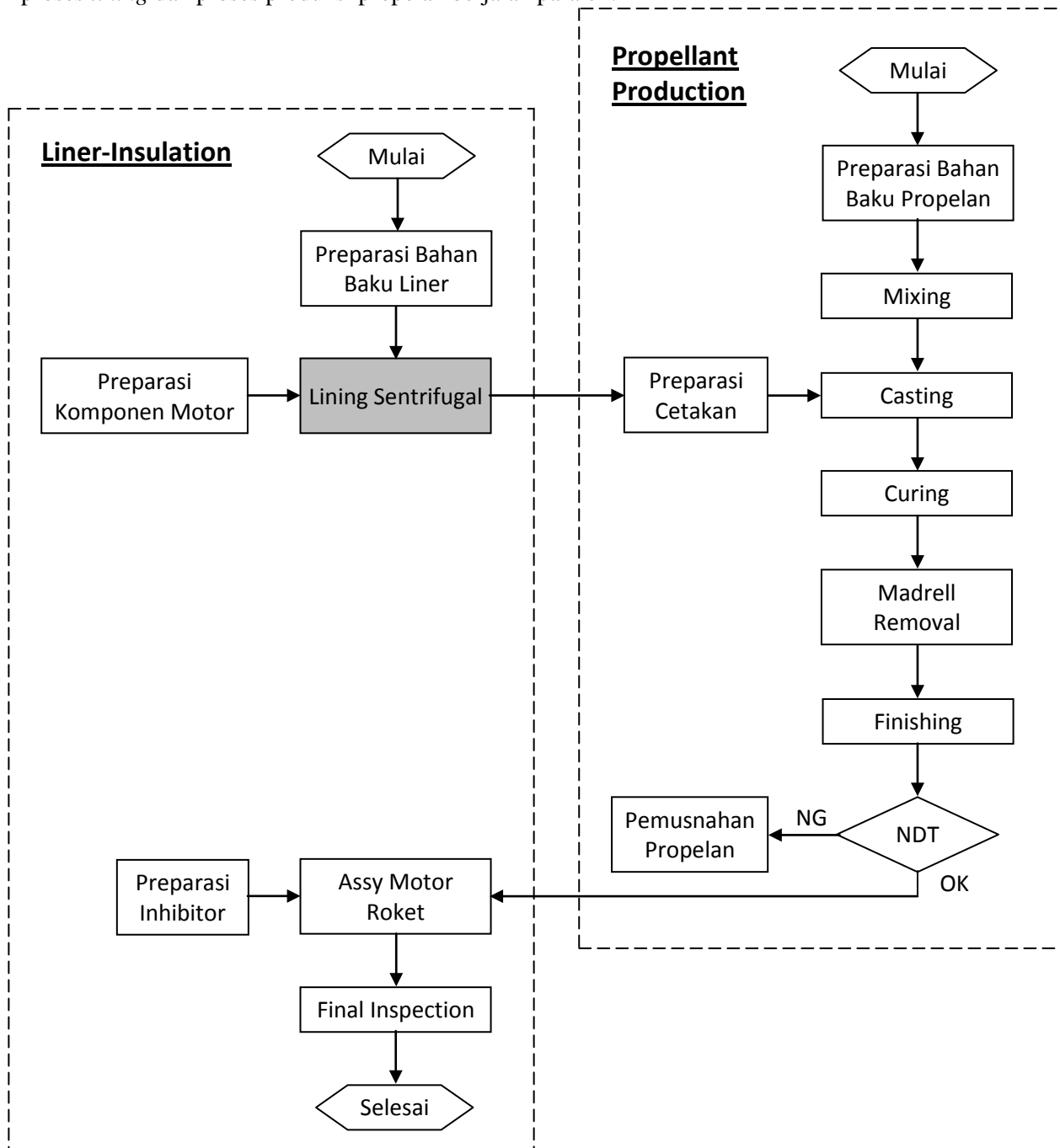
Skema proses produksi motor roket *case-bonded* ditunjukkan pada gambar 1.1 yang dijelaskan dalam dua bagan. Beberapa teknik pengembangan tersebut, diharapkan dapat mendorong kemajuan teknologi peroketan nasional. Hal tersebut sangat bermanfaat bagi perkembangan kemandirian teknologi bangsa yang bisa diaplikasikan dalam skala industri yang lebih profesional, karena selama ini sumber-sumber informasi yang berkaitan dengan teknologi proses manufaktur roket sangat dibatasi oleh *Missile Technology Control Regime* (MTCR). Dengan penguasaan teknologi peroketan, diharapkan bangsa Indonesia akan lebih dihargai oleh negara-negara lain.

Rangkaian pembuatan motor roket padat dengan metode *casting solid propellant case-bonded* selanjutnya adalah teknik casting propelan dengan prinsip *vacuum casting* dan aplikasi *release agent*. Sehingga secara keseluruhan dapat menghasilkan suatu proses yang lebih baik.

---

\*Perekayasa Pustekroket - LAPAN

Berikut adalah diagram alir proses produksi motor roket dengan metode *case-bonded*, dimana proses *lining* dan proses produksi propelan berjalan paralel :



Gambar 1.1. Diagram alir proses produksi motor roket dengan metode *case-bonded*

Dari Diagram alir pada gambar 1.1 di atas, produksi motor roket terbagi dua seksi pokok yang berjalan paralel yaitu *Propellant Production* dan *Liner-Thermal Insulation*. Berikut adalah penjelasan tentang *Propellant Production* :

- Persiapan bahan baku propelan antara lain : AP, HTPB, TDI dan Al powder
- Proses *Mixing* adalah pencampuran bahan baku dengan mesin mixer
- Proses *Casting* yaitu tahapan pencetakan propelan *slurry* (hasil proses *mixing*) ke dalam tabung motor roket metode *vacuum casting*
- Proses *Curing* yaitu tahapan mematangkan propelan dengan cara memanaskan pada temperatur dan waktu tertentu

- Proses *Mandrell removal* adalah tahapan melepaskan/mencabut mandrel dari tabung motor roket sehingga diperoleh propelan dengan *grain* sesuai konfigurasi mandrel
- Setelah propelan jadi, proses selanjutnya adalah uji kualitas propelan. Pada tahap ini metode pengujian yang digunakan yaitu metode *non destructive test* (NDT). Setelah dinyatakan OK, tabung motor roket di *assembling* dengan komponen motor roket lainnya.

Sedangkan untuk *Liner-Thermal insulation* akan dijelaskan pada penelitian ini. Liner berfungsi sebagai insulator dan perekat antara propelan dan tabung motor roket. Ada beberapa metode pembuatan liner pada motor roket padat antara lain : pengecatan (*painting*), pelapisan (*coating*), penyemprotan (*spraying*) pencelupan (*dipping*) dan penempelan lembaran dengan propelan atau tabung motor roket (*gluing*). Metode pembuatan liner tersebut diaplikasikan sesuai dengan material liner dan ukuran motor roket yang akan digunakan.

Tulisan ini menyajikan upaya pembuatan *liner-insulator* pada motor roket *case-bonded* dengan metoda lining sentrifugal untuk memperoleh parameter proses yang paling baik.

## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, teknik yang diaplikasikan adalah metode *sling lining* yang diuji dengan pipa paralon PVC. Dalam metode ini, liner diaplikasikan dengan gaya sentrifugal yang prinsip kerjanya seperti *rotary atomizer*. Material liner dituangkan ke dalam pipa paralon, lalu diratakan hingga seluruh permukaan pipa paralon bagian dalam tertutup material liner. Selanjutnya pipa paralon diputar pada mesin dengan variabel kecepatan, sehingga diharapkan diperoleh putaran yang optimal.

Tahap-tahap percobaan pembuatan liner dengan metode *sling lining* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Menetapkan konfigurasi percobaan  
Percobaan dilakukan dengan metode *lining sentrifugal* bertujuan untuk mendapatkan putaran yang optimal, agar distribusi material pelapis merata mengisi tabung motor roket. Pada percobaan awal ini, bahan motor roket diganti dengan pipa paralon yang dimensinya similar dengan dimensi motor roket.
- Membuat benda uji
  - Memotong paralon sesuai ukuran yang ditentukan dengan mesin gerinda potong (gambar 2.1)
  - Mencetak *Fixture* Pembatas sesuai cetakan
  - Membuat material liner sesuai komposisi yang ditentukan



Gambar 2.1. Membuat benda uji

- Menetapkan sistem perolehan dan pengolahan data
  - Data putaran mesin bubut (rpm)
  - Data tebal liner di permukaan bagian dalam pipa paralon dengan cara memotong paralon melintang menjadi dua bagian. Kemudian diukur tebal liner pada bagian atas, tengah dan bawah di kedua sisi potongan paralon tersebut.

- Melaksanakan operasi percobaan
  - Menyiapkan dan *setting* mesin dan peralatan (Gambar 2.2a)
  - Menyiapkan bahan dan benda uji
  - Melakukan *setting* kerataan benda uji pada mesin bubut dengan waterpass (Gambar 2.2b)



Gambar 2.2a. Setting rpm mesin



Gambar 2.2b. Setting benda uji

- Mengisi material liner ke dalam benda uji (pipa paralon)
- Meratakan material liner yang telah terisi di pipa, dengan cara memutar pipa secara perlahan dan memastikan seluruh permukaan bagian dalam tertutup material liner.
- Setelah material liner dipastikan rata pada permukaan pipa paralon, putar mesin bubut dengan putaran yang telah disetting
- Mencatat waktu mulai mesin bubut beroperasi, dan matikan mesin bubut setelah empat jam beroperasi.



Gambar 2.3a. Loading material liner

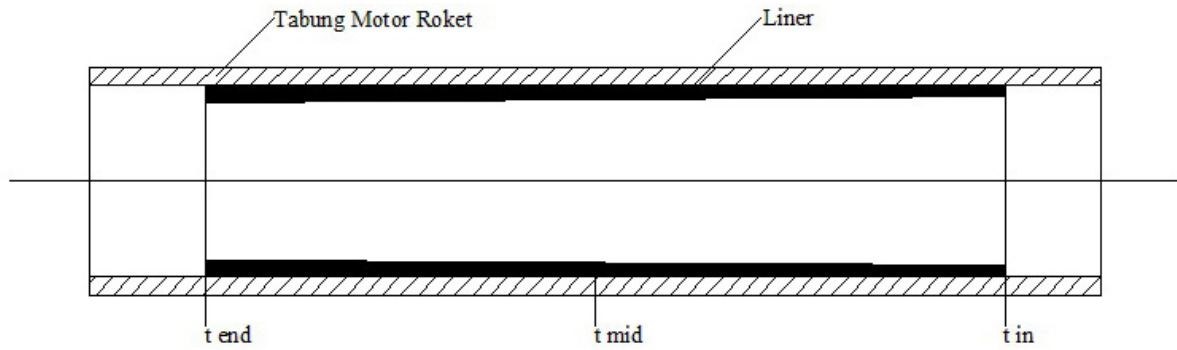


Gambar 2.3b. Proses lining sentrifugal

- Melepaskan benda uji dari mesin bubut, diamkan selama 5 jam (curing)
- Memotong benda uji secara melintang menjadi dua bagian
- Mengukur tebal liner pada bagian atas, tengah dan bawah di kedua sisi potongan benda uji

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dengan variabel kecepatan putaran mesin pada 360, 600, 800, 1000 dan 1400 (rpm). Kecepatan putar tersebut merupakan standar mesin dan dapat diatur sesuai kebutuhan, dengan kecepatan putar maksimum 1400 (rpm). Pengukuran tebal liner yang terbentuk pada proses lining sentrifugal diukur dengan cara membelah pipa paralon tersebut, dan diambil titik pengukuran di bagian ujung, bagian tengah dan bagian pangkal paralon seperti gambar 3.1

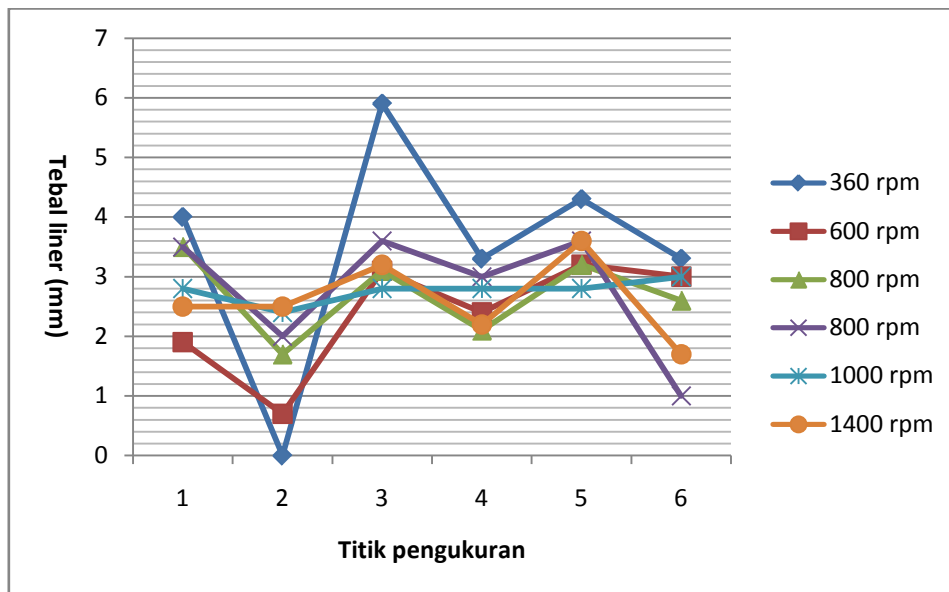


Gambar 3.1. Titik pengukuran liner

Berikut ini data hasil percobaan lining sentrifugal ditunjukkan pada tabel 3.1 dan analisa data dapat dilihat pada grafik di gambar 3.2.

Tabel 3.1. Hasil pengukuran tebal liner

Percobaan	Putaran (rpm)	t in (mm)		t mid (mm)		t end (mm)	
		Sisi kanan	Sisi Kiri	Sisi kanan	Sisi Kiri	Sisi kanan	Sisi Kiri
1	360	4	-	5,9	3,3	4,3	3,3
2	600	1,9	0,7	3,1	2,4	3,2	3
3	800	3,5	1,7	3,1	2,1	3,2	2,6
4	800	3,5	2	3,6	3	3,6	1
5	1000	2,8	2,4	2,8	2,8	2,8	3
6	1400	2,5	2,5	3,2	2,2	3,6	1,7



Gambar 3.2. Grafik distribusi tebal liner

Dari gambar 3.2. dapat dilihat trendline tebal liner tiap variabel putaran. Pada percobaan ke-1 dengan kecepatan putar 360 (rpm), garis yang terbentuk terlihat ekstrim. Hal itu menunjukkan distribusi material liner pada saat proses lining sentrifugal tidak merata, sehingga hasil percobaan tidak sesuai yang diharapkan. Hal tersebut disebabkan karena putaran kurang cepat dari perhitungan awal dan pengisian material liner yang tidak merata.

Pada percobaan ke-2, kecepatan putar dinaikkan menjadi 600 (rpm). Dari gambar 3.2 terlihat trendline lebih baik dari percobaan ke-1, tetapi tebal liner di bagian ujung masih tipis. Percobaan terus dilakukan dengan menaikkan kecepatan putar, sehingga terlihat trendline grafik semakin membaik. Pada percobaan ke-5 dengan kecepatan putar 1000 (rpm), dari grafik terlihat trendline yang datar. Sehingga data yang di dapatkan telah sesuai harapan, karena penyimpangan trendline kecil.

Pada percobaan ke-6 dengan kecepatan putar 1400 (rpm), terlihat trendline grafik tidak lebih baik dari percobaan ke-5. Maka untuk percobaan selanjutnya, akan difokuskan pada metode pengisian material liner ke dalam tabung motor roket. Sedangkan kecepatan putaran mesin, ditetapkan pada 1000 (rpm). Data visual hasil percobaan lining sentrifugal dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3. Hasil lining sentrifugal percobaan 1 s/d 5 (dari kanan ke kiri)

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan tentang percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

- ❖ Kecepatan putar optimum adalah 1000 (rpm)
- ❖ Penuangan material liner ke dalam pipa paralon harus merata di seluruh bagian permukaan bagian dalam pipa paralon agar tebal liner sama
- ❖ Setting kerataan permukaan benda uji pada mesin bubut dengan *centre bor* dan atau *waterpass* sangat menentukan tebal liner pada bagian ujung pipa paralon.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Davenas, Alain, “*Solid Rocket Propulsion Technology*”, 1<sup>st</sup> edition, Pergamon Press, Oxford, 1993
- Schaffling, Otto G, “*Solid Rocket Motor*”, US Patent 3.965.676., 1976
- Rodic, Vesna, “*Case-Bonded System for Composite Propellant*”, Scientific Technical Review, Vol.LVII, No.3-4, 2007
- Smythe, Kenneth R, “*Rotary Atomizer for Coating Workpieces with a Fine Layer of Liquid Material, and Method of Operating the Said Atomizer*”, US Patent 4.521.462., 1985, 2004
- MacDonald, dkk, “*Double-Cast Slush Molding Method*”, US Patent 6.709.619B2  
Dolata-Grosz, J. Leziona, J. Wieczorek, M. Dyzia, “*Control dari Penguatan Distribusi oleh Sentrifugal Casting di Aluminium Matrix Komposit*”, Proceeding Konferensi Euromat, Lozanna, www.junior.euromat.fems.org, 2002
- Kang CG, PK Rohatgi, CS Narendranath, GS Cole, “*Analisis Solidifikasi Pengecoran Sentrifugal di Metal Partikel Komposit Matriks mengandung Grafit*”, ISIJ International 34 247-254, 1994
- JR Hartin, Tims ML, Wang CM, E. Meyer, “*Solidifikasi Pemodelan Cast Titanium Sentrifugal Aluminides*”, Konggres EPD, 899-914, 1992.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA PRIBADI

Nama : Fathur Rohman, S.T  
Alamat : Medang Lestari Blok A3/B5 RT 003 RW 007, Kel. Medang,  
Kec. Pagedangan, Kab. Tangerang 15334  
Tempat, Tgl. Lahir : Kudus, 4 April 1980  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Status : Menikah  
Agama : Islam  
Pekerjaan : PNS Pusat Teknologi Roket – LAPAN  
Alamat Kantor : Jl. Raya LAPAN No. 2 Ds. Mekarsari Kec. Rumpin Kab. Bogor 16350  
Pangkat / Gol. Ruang : Penata Muda / IIIA  
Jabatan Pekerjaan : Perekayasa Muda  
No. Telpn : 081 381 242 778 / 021 447 33 0 33  
Email : [fatur\\_jazzy@yahoo.com](mailto:fatur_jazzy@yahoo.com) / [fatur.tozzy@gmail.com](mailto:fatur.tozzy@gmail.com)

### PENDIDIKAN

1. SMU Negeri 1 Kudus Tahun 1995 – 1998
2. Politeknik Negeri Semarang Tahun 1998 – 2001
3. Universitas Diponegoro Tahun 2002 – 2006

### PEKERJAAN

1. PT. OSRAM INDONESIA Tahun 2001 – 2002 DIV. Produksi
2. PT. SHOWA INDONESIA MFG Tahun 2007 – 2008 DIV. Procurement
3. LAPAN Tahun 2008 – sekarang Eng. Staff Pustekroket

### RISET DAN REKAYASA

1. Kegiatan rekayasa sistem Bowl Turner Mixer 300 Liter Tahun 2008
2. Kegiatan penelitian pengaruh kelembaban pada AP Tahun 2009
3. Kegiatan rekayasa sistem casting propelan RX-550 Tahun 2010
4. Kegiatan rekayasa metode case-bonded RX-100 Tahun 2011

## HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

Bp. R. Irfan Fajar P (Pustekroket-LAPAN)

1. Berapa diameter motor roket yang diaplikasikan pada metode lining sentrifugal ini?
2. Kenapa diameter tersebut yang dipilih?

Jawaban :

1. Diameter motor yang digunakan adalah  $i\varnothing$  108 (mm) dengan panjang 506 (mm)
2. Penentuan diameter itu berdasarkan program Roket R-Han 122, yang berdiameter hampir sama yaitu  $i\varnothing$  109 (mm). Diharapkan akan menghasilkan metode baru yang lebih efektif dan efisien serta standard untuk produksi massal.