

PROSES PRODUKSI PROPELAN RX 550 MENUJU TERWUJUDNYA ROKET PENGORBIT SATELIT (RPS)

Sutrisno

Peneliti Pusat Teknologi Wahana Dirgantara, LAPAN
e-mail: strn.tyb@gmail.com

RINGKASAN

RX 550 merupakan komponen tingkat pertama dan kedua dari Roket Pengorbit Satelit (RPS). Propelan yang digunakan pada motor roket ini mempunyai bobot kurang lebih 1600 kg dengan panjang 5769 mm. Guna mewujudkan propelan tersebut telah dilakukan proses produksi propelan sebanyak delapan kali menghasilkan propelan sebanyak delapan segmen. Satu segmen propelan yang dihasilkan dalam sekali produksi mempunyai bobot 230 kg dengan panjang 80 cm. Proses produksi propelan RX550 dilakukan dengan metode *freestanding* dan memerlukan waktu 32 hari.

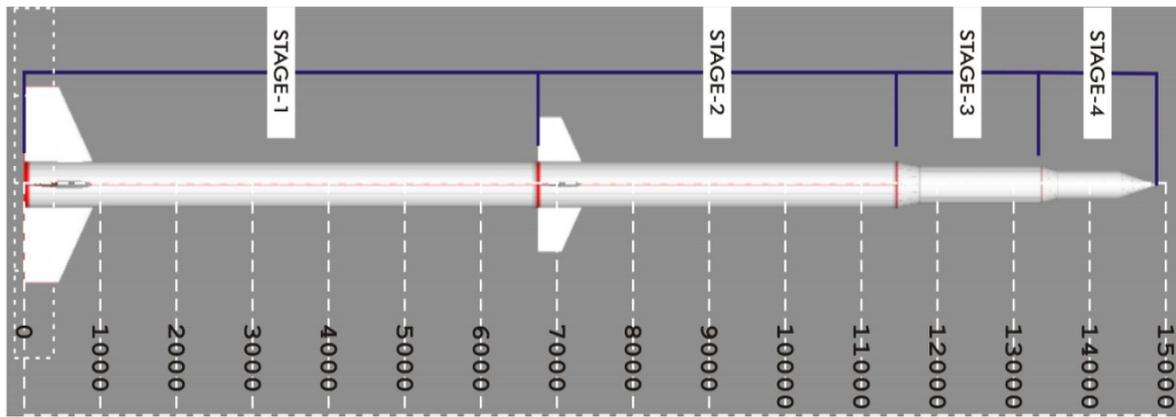
1 PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan dan memiliki aset sangat lengkap berupa daratan, lautan dan udara serta terletak di daerah katulistiwa. Posisi geografis yang demikian menjadikan negara ini mempunyai nilai yang sangat strategis. Guna memantau dan mengamankan seluruh wilayah dan aset tersebut diperlukan peralatan dan teknologi canggih yang mendukung seperti teknologi komunikasi, serta teknologi pertahanan dan keamanan. Salah satu teknologi yang mendukung tersebut adalah roket dan satelit. Satelit mampu memantau kondisi alam dengan cakupan wilayah dan akurasi yang memadai serta efektif. Adapun roket selain dapat membawa satelit ke orbitnya teknologi ini juga dapat digunakan sebagai sarana pertahanan dan keamanan yang sangat efektif dibandingkan dengan teknologi senjata lain. Oleh karena itu penguasaan teknologi roket menjadi sangat penting.

Sementara itu LAPAN telah berhasil mengembangkan satelit bernama LAPAN-TUBSAT atau LAPAN-A1 yang sudah diluncurkan menggunakan kendaraan peluncur PSLV dari negara India dan telah beroperasi hingga saat ini. Satelit generasi selanjutnya yaitu LAPAN-A2 dan LAPAN-ORARI juga sudah

dikembangkan oleh LAPAN. Dalam rangka mengupayakan kemandirian teknologi roket dan satelit maka LAPAN juga telah merencanakan kendaraan peluncur satelit sendiri yang dinamakan Roket Pengorbit Satelit (RPS). Roket ini dirancang menggunakan empat tingkat motor roket berbahan bakar padat. Roket ini terdiri dari motor roket yang berdiamater 550 mm (tingkat pertama dan kedua), 420 mm (tingkat ketiga) dan 320 mm (tingkat keempat) seperti ditunjukkan pada Gambar 1-1.

Berbeda dengan teknologi satelit maka alih teknologi untuk penguasaan teknologi roket dari luar negeri lebih sulit diperoleh. Beberapa negara maju yang telah menguasai teknologi roket telah semakin ketat menerapkan sistem pengawasan *Missile Technology Control Regime* (MTCR) terhadap negara-negara berkembang. Komponen-komponen penting dari suatu roket sangat sulit diperoleh walaupun mempunyai anggaran yang mencukupi. Perolehan teknologi roket yang sangat dibatasi ini meliputi bahan baku dan sarana produksi propelan, material struktur motor roket, komponen muatan roket dan lain-lain. Oleh karena itu upaya penguasaan teknologi roket di Indonesia lebih banyak dilakukan secara mandiri (*learning by doing*).



Gambar 1-1:Rancangan Roket RPS (Sumber: Tim Engineering Pustekwagan)

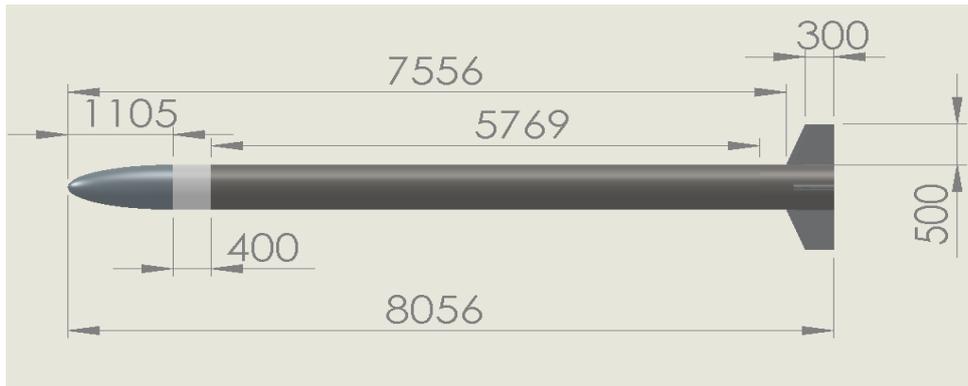
Salah satu komponen penting dari motor roket adalah propelan. Komponen ini merupakan sumber penghasil gaya dorong roket. Karakteristik dari propelan digunakan sebagai data masukan untuk merancang suatu motor roket. Propelan dengan kualitas yang tinggi akan menghasilkan motor roket yang berkualitas tinggi pula. Oleh karena itu upaya menghasilkan propelan yang berkualitas menjadi sangat penting untuk dilakukan. Selama ini LAPAN telah memproduksi propelan yang digunakan pada roket-roket berdiameter 70 mm, 80 mm, 100 mm, 200 mm, 250 mm, 320 mm, dan 420 mm. Dalam rangka mewujudkan roket RPS maka telah dilakukan pembuatan propelan untuk motor roket RX 550. Roket ini merupakan roket terbesar yang dikembangkan LAPAN selama ini. Tulisan ini membahas tentang proses produksi propelan untuk roket RX 550 menggunakan peralatan dan teknologi yang dimiliki LAPAN.

2 DISAIN ROKET RX 550

Roket RX 320 dan RX 420 telah berhasil diuji statik dan uji terbang.

Kedua motor roket ini direncanakan untuk digunakan sebagai motor roket tingkat ketiga dan keempat dari Roket Pengorbit Satelit (RPS). Selanjutnya motor roket RX 550 yang akan digunakan sebagai motor roket tingkat pertama dan kedua harus segera diwujudkan guna menuju terwujudnya RPS. Dalam rangka mewujudkan motor roket RPS tingkat pertama dan kedua ini maka akan dilakukan pengujian roket RX 550 melalui uji statik maupun uji terbang.

Roket RX 550 dirancang memiliki panjang 8056 mm dengan panjang motor 6000 mm. Motor roket ini akan membutuhkan kurang lebih 1600 kg propelan padat HTPB yang akan menghasilkan gaya dorong sebesar 25 ton gaya dengan waktu pembakaran propelan 14 detik. Propelan yang digunakan pada motor roket ini mempunyai konfigurasi bintang delapan dengan panjang 5769 mm. Rancangan roket RX 550 ini diperlihatkan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Rancangan Roket RX 550 (Sumber: Tim Engineering Pustekwagan)

3 PROSES PRODUKSI PROPELAN

Propelan adalah komponen utama dari motor roket sebagai penghasil sumber tenaga gaya dorong. Pada dasarnya propelan adalah campuran yang terdiri dari *fuel* (bahan bakar) dan oksidator (sebagai sumber oksigen). Berdasarkan wujudnya propelan dibedakan menjadi propelan cair dan propelan padat. Pada propelan cair baik *fuel* maupun oksidator berupa cairan sedangkan propelan padat merupakan campuran antara *fuel* (cair) dan oksidator serta beberapa aditif (padat) yang dapat dimatangkan menjadi bentuk padat (*grain*). Apabila propelan terbakar akan menghasilkan gas dalam jumlah yang sangat besar dengan temperatur yang tinggi. Gas ini akan diekspansikan keluar melalui bagian nosel sehingga menghasilkan gaya dorong pada roket tersebut. Tulisan ini hanya membahas propelan padat yang berupa propelan padat komposit HTPB.

Proses pembuatan propelan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *free standing* dan *case bonded*. Pada proses *free standing* propelan dicetak menggunakan tabung cetakan di dalam *vacuum chamber* dan dimatangkan ke dalam *curing chamber*. Selanjutnya propelan yang sudah memadat (matang) dikeluarkan dari cetakan tersebut. Pada proses propelan *case bonded* propelan langsung dicetak ke dalam tabung motor roket dan dimatangkan ke dalam *curing chamber*. Adapun proses pembuatan propelan

yang dilakukan oleh LAPAN menggunakan metode *free standing*. Satu kali proses dihasilkan satu batang propelan dengan panjang sesuai dengan panjang tabung cetakan.

3.1 Peralatan Utama

Peralatan utama yang digunakan pada proses produksi propelan *free standing* terdiri dari mixer, tabung cetakan, mandrel, *casting chamber* dan *curing chamber*.

Mixer

Pada proses produksi propelan RX 550 ini dilakukan menggunakan Planetary Mixer model YC DPM-300. Mixer ini mempunyai tiga macam pisau pengaduk (*blade*), dimana pisau yang di tengah berotasi dengan kecepatan 42 rpm sedangkan dua pisau yang di pinggir bergerak mengitari pisau yang di tengah dengan kecepatan 8,5 rpm. Mixer ini sebenarnya bukan diperuntukkan khusus untuk propelan karena kekuatan mekaniknya tidak mampu mengaduk *slurry* propelan yang mempunyai viskositas tinggi (70.000 – 90.000 poise). Hasil percobaan untuk mengaduk material dengan jumlah tinggi (kurang lebih 40 % dari kapasitas maksimumnya) telah mengakibatkan kerusakan mixer. Agar dapat digunakan untuk memproduksi propelan, mixer ini telah dimodifikasi dan jumlah material yang diaduk dibatasi. Gambar 3-1 memperlihatkan mixer dan tiga pisau pengaduk yang digunakan.



Gambar 3-1: Mixer model YC DPM-300

Mixer yang mempunyai kapasitas maksimum 425 liter ini digunakan untuk membuat propelan dengan jumlah material propelan 242 kg untuk menghasilkan 230 kg produk akhir propelan dalam sekali produksi. Pembatasan material yang diproduksi dengan jumlah tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan sistem mekanik dari mixer dan kemampuan pelepasan mandrel.

Tabung Cetakan Propelan

Propelan RX 550 ini mempunyai diameter luar 530 mm dengan panjang 80 cm dalam sekali produksi. Guna menghasilkan propelan dengan dimensi tersebut dibuat suatu cetakan propelan yang terdiri dari tabung utama, dudukan tabung cetakan dan cap bagian atas. Cetakan propelan RX 550 ditunjukkan pada Gambar 3-2.

Casting Chamber

Guna menghasilkan propelan, adonan propelan (*slurry*) hasil pencampuran bahan baku propelan dimasukkan ke dalam tabung cetakan propelan. Suatu propelan harus dijamin tidak keropos maupun retak serta mempunyai kepadatan tinggi. Kekeroposan propelan bisa terjadi jika terdapat udara yang terjebak. Proses pencetakan propelan harus dilakukan

dalam tabung hampa udara (vakum). Oleh karena itu diperlukan ruangan pencetakan propelan yang vakum (*casting chamber*). Alat ini terdiri dari suatu ruangan (*chamber*) yang udaranya dapat dipompa keluar menggunakan pompa vakum sehingga tekanan udara dalam ruang tersebut jauh di bawah tekanan udara luar (0-10 cm Hg). Bagian atas dari alat ini terdapat *hoper* sebagai tempat untuk memasukkan *slurry* propelan. Proses pemasukan *slurry* propelan ke dalam tabung cetakan dilakukan dengan cara dihisap menggunakan bantuan tekanan vakum dari *casting chamber*. Alat *casting chamber* yang digunakan pada proses produksi propelan RX 550 diperlihatkan pada Gambar 3-3.

Mandrel

Propelan RX 550 mempunyai konfigurasi bintang delapan yang direncanakan untuk pembakaran secara radial. Guna membuat konfigurasi tersebut maka propelan harus dicetak dengan memasukkan suatu *core* (mandrel) di dalamnya. Apabila mandrel ini dicabut maka akan dihasilkan propelan dengan konfigurasi yang diinginkan. Gambar 3-5 memperlihatkan mandrel propelan RX 550.



Gambar 3-2: Cetakan Propelan RX 550



Gambar 3-3: Casting chamber



Gambar 3-4: Curing chamber



Gambar 3-5: Mandrell Pencetak Propelan RX 550

Curing Chamber

Setelah *slurry* propelan diisi ke dalam tabung cetakan propelan maka harus dimatangkan dengan jalan dipanaskan pada temperatur 60°C di dalam suatu ruang pemanas (proses *curing*). Ruang ini dialiri udara panas yang dapat dikontrol pada temperatur selama waktu tertentu. Peralatan untuk mematangkan propelan ini dinamakan *curing chamber* seperti ditunjukkan pada Gambar 3-4.

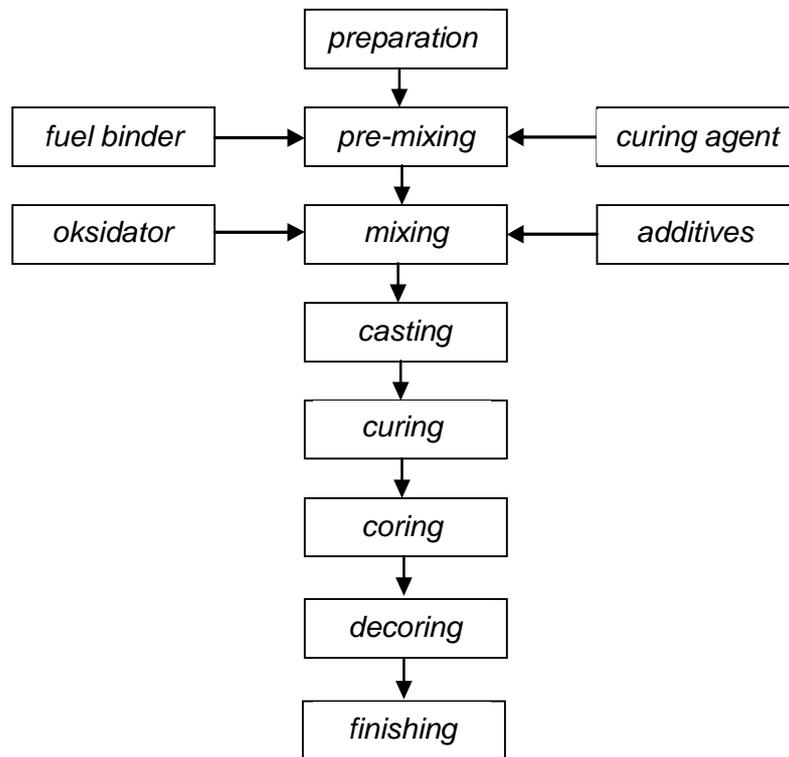
3.2 Tahap Proses Pembuatan Propelan

Proses pembuatan propelan komposit HTPB yang dilakukan LAPAN terdiri dari beberapa tahap yaitu *preparation*, *pre-mixing*, *mixing*, *casting*, *coring*, *curing*, *decoring* dan *finishing* seperti ditunjukkan pada Gambar 3-6.

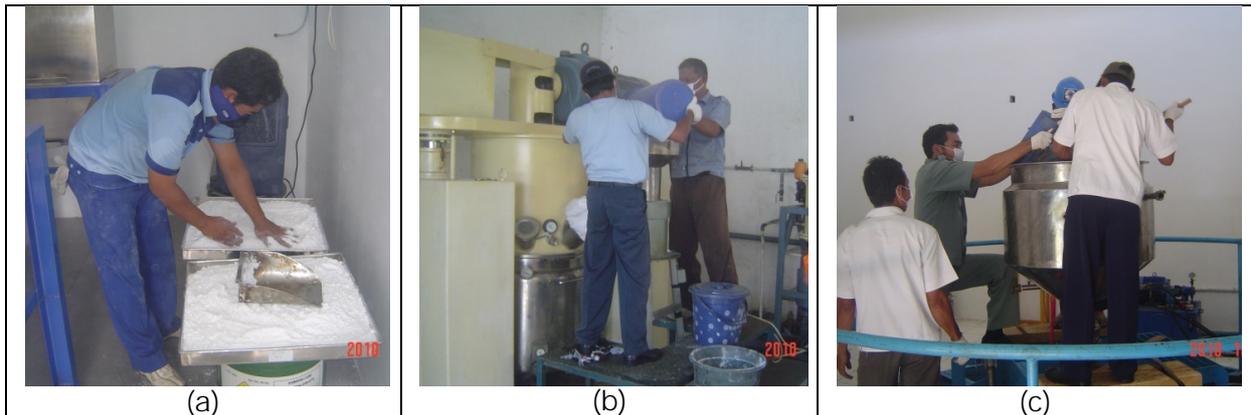
- *Preparation* merupakan proses penyiapan bahan baku berupa penghalusan oksidator (*ginding process*), pengayakan dan penimbangan.
- *Pre-mixing* merupakan proses pencampuran *fuel* dan *curing agent* agar terjadi reaksi polimerisasi membentuk rantai polimer yang lebih panjang.

- *Mixing* adalah proses pencampuran komponen padat berupa oksidator dan additives ke dalam fuel binder sehingga terbentuk *slurry*.
- *Casting* merupakan proses pencetakan *slurry* propelan ke dalam tabung cetakan / *motor case*.
- *Coring* merupakan proses pembentukan konfigurasi propelan dengan cara memasukkan mandrel ke dalam cetakan propelan.
- *Curing* adalah proses pemanasan propelan pada temperatur 60°C , sehingga terjadi pematangan propelan dimana terjadi perubahan *slurry* menjadi fase padat.
- *Decoring* yaitu pencabutan mandrel dari propelan sehingga terbentuk konfigurasi grain sesuai dengan yang diinginkan.
- *Finishing*, adalah proses akhir setelah propelan tercetak sehingga siap untuk digunakan.

Proses *preparation*, *mixing* dan *casting* ditunjukkan pada Gambar 3-6 sedangkan proses *coring*, *curing*, dan *decoring* ditunjukkan pada Gambar 3-7.



Gambar 3-6: Proses pembuatan propelan komposit



Gambar 3-6: Proses: preparation (a), mixing (b) dan casting (c)



Gambar 3-7: Proses: coring (a), curing (b) dan decoring (c)

Guna memproduksi sebuah propelan ini diperlukan waktu total empat hari yang terdiri dari satu hari untuk penyiapan bahan oksidator (penimbangan, grinding dan pemanasan oksidator), satu hari untuk penimbangan bahan baku yang lain, *mixing*, *casting*, *coring* dan *curing*, satu hari untuk *decoring* dan *finishing*, serta satu hari untuk kegiatan penyiapan peralatannya. Roket RX 550 membutuhkan propelan sepanjang 5769 mm sehingga diperlukan 8 (delapan) kali proses produksi. Hasil akhir propelan yang akan digunakan pada roket RX 550 ini ditunjukkan pada Gambar 3-8.

Proses produksi propelan adalah pekerjaan yang banyak mengandung resiko kecelakaan. Selama proses pembuatan propelan telah diterapkan standar pengamanan terhadap bahaya baik terhadap personil maupun lingkungan. Pengamanan terhadap kemungkinan bahaya dilakukan dengan mempertimbangkan aspek bahan kimia beracun maupun timbulnya panas, friksi dan arus listrik yang tidak diinginkan yang mengenai material propelan.



Gambar 3-8: Propelan untuk roket RX 550

4 PEMBAHASAN

Propelan roket RX 550 mempunyai diameter luar 530 mm dengan panjang 5769 mm yang mempunyai bobot kurang lebih 1600 kg. Hal ini berarti harus dibuat propelan dengan beberapa kali proses produksi tergantung dimensi cetakan propelan yang digunakan. Dimensi tabung cetakan propelan dibuat dengan mempertimbangkan kemampuan *mixer* dalam mengaduk *slurry* propelan dan kesulitan dalam mencabut mandrel (*decoring*).

Hasil pencampuran material propelan (proses *mixing*) adalah *slurry* dengan viskositas tinggi 40.000 – 90.000 *poise*. Guna mengaduk *slurry* ini diperlukan *mixer* yang mempunyai kekuatan mekanik tinggi. Saat ini LAPAN hanya memiliki sebuah *mixer* yang khusus untuk propelan dengan kapasitas 100 liter yang mempunyai tipe horizontal dan mempunyai kekuatan mekanik tinggi. *Mixer* ini hanya mampu untuk memproduksi propelan hingga roket RX 250. Adapun untuk memproduksi propelan dengan jumlah yang lebih besar (RX 320, RX 420 dan RX 550) digunakan *mixer* vertikal *Planetary Mixer* YC DPM 300 yang kekuatannya lebih rendah dari tipe horizontal. Seperti telah diuraikan di atas bahwa *mixer* ini sebenarnya bukan diperuntukkan khusus untuk propelan sehingga perlu modifikasi agar dapat digunakan dan jumlah material propelan dibatasi. Selain itu pada proses pencabutan mandrel (*decoring*) diperlukan gaya yang cukup besar. Semakin luas bidang kontak antara mandrel dengan permukaan propelan maka gaya yang diperlukan akan makin besar pula. Selanjutnya makin besar gaya yang dibutuhkan untuk mencabut mandrel akan terjadi gaya gesek (friksi) antara permukaan propelan dengan permukaan mandrel yang makin besar pula. Hal ini akan menimbulkan panas yang dapat membakar propelan. Proses pencabutan mandrel ini termasuk

bagian kritis yang dapat menimbulkan bahaya kecelakaan akibat terbakarnya propelan. Oleh karena itu panjang tabung cetakan dan mandrel dibatasi agar gaya gesek yang terjadi tidak tinggi. Berdasarkan hal ini maka dibuat mandrel dan tabung cetakan propelan dengan panjang 800 mm. Oleh karena itu untuk mewujudkan propelan pada RX 550 ini dilakukan proses produksi propelan sebanyak delapan kali menghasilkan propelan dengan panjang 6400 mm.

Sekali proses produksi propelan memerlukan waktu total empat hari. Lama waktu tersebut terdiri dari satu hari untuk menyiapkan bahan baku (penimbangan bahan baku, grinding dan pemanasan oksidator), satu hari untuk mixing, curing, dan coring serta satu hari untuk proses *decoring* dan *finishing*. Selanjutnya setelah digunakan proses produksi semua mesin harus dicek dan dipersiapkan agar dapat digunakan lagi. Kegiatan penyiapan peralatan ini memerlukan waktu satu hari. Oleh karena itu untuk memproduksi propelan RX 550 sebanyak delapan segmen diperlukan waktu 32 hari.

5 PENUTUP

Motor roket RX 550 mempunyai propelan dengan diameter luar 530 mm dengan panjang 5769 mm. Propelan ini terdiri dari delapan segmen yang dibuat secara *free standing*. Dalam satu kali

proses produksi dihasilkan propelan dengan panjang 800 mm. Panjang cetakan propelan dan mandrel dibuat dengan mempertimbangkan kemampuan *mixer* dalam mengaduk *slurry* propelan dan kesulitan dalam mencabut mandrel (*decoring*). Proses produksi propelan RX 550 ini dilakukan untuk menghasilkan propelan berkualitas dengan mempertimbangkan bahaya kecelakaan yang dapat terjadi. Guna mewujudkan roket RX 550 telah dilakukan proses produksi propelan sebanyak delapan kali dengan memakan waktu 32 hari.

DAFTAR RUJUKAN

- Davenas, Alain, 1993. *Solid Rocket Propulsion Technology*, 1st edition, Pergamon Press, Oxford.
- Fordam, S, 1980. *High Explosives and Propellants*, 2nd edition, Pergamon Press, Oxford.
- Sasser, Kirt N and Speed, Thaddeus C, 2005. *In-Process Hazard Classification of Explosives*, <http://sms-ink.com>, download Nopember 2010.
- Shumacher, JC, 1969. *Decomposition and Combaustion of Ammonium Perchlorates*, <http://pubs.acs.org>, download Nopember 2010.
- Sutton, George P and Ross, Donald M, 1976. *Rocket Propulsion Elements, An Introduction to The Engineering of Rockets*, 4th ed, John Wiley and Sons, New York.