

# INDUSTRI DAN MATERIAL ENGINE PROPULSI ROKET

## INDUSTRY AND ENGINE MATERIAL OF ROCKET PROPULSION

Sovian Aritonang<sup>1</sup>, Nugroho Adi Sasongko<sup>2</sup>, Asril Arifin<sup>3</sup>, Hanung Bayu Setiawan<sup>4</sup>,  
Imastuti<sup>5</sup>, M.Abdi S.Gilman<sup>6</sup>, Putri Herdiyana<sup>7</sup>

Universitas Pertahanan  
(sovian.aritonang@idu.ac.id)

**Abstrak** - Ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) merupakan hal utama dalam membentuk masyarakat yang berbasis pengetahuan. IPTEK dapat dikatakan sebagai unsur kemajuan dari sebuah peradaban manusia. Melalui pengetahuan dalam bidang IPTEK, manusia dapat memanfaatkan kekayaan alam untuk menunjang kesejahteraan dan meningkatkan kualitas hidupnya. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah pengembangan teknologi roket. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengidentifikasi mineral serta material yang terdapat pada *engine* propulsi roket. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode penelitian studi literatur dengan pengumpulan data yang digunakan adalah data sekunder yang merupakan data pendukung yang bersumber dari literatur atau referensi-referensi yang ada seperti jurnal, buku, dan internet. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa material dan mineral yang terdapat pada *engine* propulsi roket terdiri dari aluminium, beryllium, dan zirconium. Dimana material dan mineral tersebut belum dapat mengolah dan memurnikan, *manufacturing* ataupun proses fabrikasi.

**Kata Kunci:** Industri, Material Engine, Propulsi Roket.

**Abstract** - Science and technology is the main component of shaping a knowledge-based society. Science and technology is elements that composes human civilization. Through knowledge in science and technology, people can utilize the natural resources to support the improvement of their wealth and living standards. One of the most advanced technologies developed is the technology of rocket propulsion. This study aims to examine and identify the minerals and materials contained in the rocket propulsion engine. This Research conducted using literature study through data collection as secondary data, and other data sources such as existing literature or references, journals, books, and online articles. The results of this study shows that the materials and minerals found in the rocket propulsion engine consist of aluminum, beryllium, and zirconium. These materials and minerals have not been able to process, refine, manufacturing or fabricate the process.

**Keywords:** Industry, Material Engine, Rocket Propulsion.

---

<sup>1</sup> Sesprodi Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan

<sup>2</sup> Dosen Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan Unhan

<sup>3</sup> Mahasiswa Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan

<sup>4</sup> Mahasiswa Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan

<sup>5</sup> Mahasiswa Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan

<sup>6</sup> Mahasiswa Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan

<sup>7</sup> Mahasiswa Teknologi Daya Gerak Fakultas Teknologi Pertahanan

## Pendahuluan

Ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) merupakan hal utama dalam membentuk masyarakat yang berbasis pengetahuan. IPTEK dapat dikatakan sebagai unsur kemajuan dari sebuah peradaban manusia. Melalui pengetahuan dalam bidang IPTEK, manusia dapat memanfaatkan kekayaan alam untuk menunjang kesejahteraan dan meningkatkan kualitas hidupnya. Hal ini tidak berbeda jauh untuk meningkatkan kemandirian industri pertahanan Indonesia. Kemampuan pertahanan dan keamanan negara membutuhkan dukungan teknologi sesuai dengan tingkat perkembangan teknologi pertahanan. Dalam rangka menuju kemandirian teknologi pertahanan diperlukan penguasaan teknologi serta aktivitas penelitian dan pengembangan sumber daya yang ada yang didukung oleh sumber daya manusia yang berkualitas. Industri pertahanan mempunyai peranan yang strategis dalam berperan untuk memenuhi kebutuhan Alat Utama Sistem Pertahanan (Alutsista) Nasional, supaya

tidak bergantung pada luar negeri.<sup>8</sup> Hal ini tercantum dalam peraturan Menteri Pertahanan Nomor 17 tahun 2014 tentang pelaksanaan pengadaan alat utama sistem senjata di lingkungan Kementerian Pertahanan dan TNI:

Industri Pertahanan Nasional adalah industri nasional baik Badan Usaha Milik Nasional Industri Pertahanan/Badan Usaha Milik Nasional Industri Strategis, atau Badan Usaha Milik Swasta yang produknya baik secara mandiri maupun konsorsium/Kerja Sama Operasional atas penilaian pemerintah dapat dimanfaatkan untuk kepentingan.<sup>9</sup>

Pengembangan dan penelitian terus dilakukan oleh kementerian Pertahanan selain untuk kemandirian Industri Pertahanan akan tetapi pengembangan Alutsista dalam menghadapi ancaman dari luar negeri dan dalam negeri. Salah satu pengembangan yang dilakukan adalah pengembangan teknologi roket. Upaya pengembang roket sudah dimulai sejak tahun 1976 dengan melakukan berbagai cara seperti “*reverse engineering*” dari roket Russia.<sup>10</sup> Teknologi roket merupakan teknologi yang dapat digunakan sebagai

---

<sup>8</sup> Kemenristek RI, *Buku Putih: Indonesia 2005-2025, Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Pertahanan dan Keamanan*, (Jakarta: Kemenristek RI, 2006).

<sup>9</sup> Peraturan Menteri Pertahanan Nomor 17 Tahun 2014 Tentang Pelaksanaan Pengadaan Alat

Utama Sistem Senjata Di Lingkungan Kementerian Pertahanan Dan TNI, Pasal 1 ayat (7).

<sup>10</sup> Wahyuni Astrid. 2010. *Aspek-aspek terkait Dalam Merancang Roket kendali RXX Tahap Awal*. Tersedia di [www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirga](http://www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirga)

kunci suatu negara dalam memberikan efek “*deterent*” dan meningkatkan martabat bangsa dari negara lain. Dalam bidang IPTEK, pengembangan roket diarahkan untuk keperluan ilmiah maupun kesejahteraan. Sedangkan dalam bidang pertahanan untuk menjaga wilayah negara Indonesia. Pengembangan dilakukan pada komponen-komponen yang terdapat dalam roket seperti material, mineral untuk propelan, propeler, dan *engine* propulsi roket. Dalam upaya mewujudkan keinginan agar Indonesia mampu meluncurkan satelit sendiri atau senjata dengan roket buatan sendiri, yang harus dipersiapkan sebuah roket yang baik. Sebuah roket yang baik harus memiliki sistem *engine* propulsi yang baik agar mampu mengangkat beban muatan dan juga berat beban pada roket itu sendiri.<sup>11</sup>

Salah satu komponen terpenting dalam sebuah roket adalah *engine* propulsi roket, dimana terdapat sebuah nosel yang harus dirancang dengan baik agar mampu menahan beban-beban yang ada, namun tetap harus seringan mungkin.

Beban-beban yang bekerja pada nosel merupakan tekanan dan suhu yang cukup tinggi sebagai akibat dari pembakaran propelan untuk menghasilkan gaya dorong roket. Untuk itu dalam perancangan dan pemilihan material struktur nosel dan mineral dalam propelan harus seakurat mungkin (Samosir, 2010)<sup>12</sup>.

Pada kenyataannya, dibandingkan dengan negara lain penguasaan teknologi Indonesia terbilang lamban dan perlu ditingkatkan. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) telah lama melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi roket. Selama ini roket-roket LAPAN menggunakan material yang terlalu berat. *Nose Cone* dibuat ringan berupa komposit. Bagian sirip dan tabung muatan dibuat dari aluminium. Sedangkan bagian strukture roket yang memberi kontribusi besar terhadap terhadap roket adalah *cap*, *nosel*, dan tabung motor roket. Bagian-bagian ini dibuat dari berbagai jenis baja atau aluminium yang masih terlalu tebal. Sehingga sering mengalami kegagalan

---

ntara/article/download/707/625 . Diakses pada tanggal 17 November 2017.

<sup>11</sup> Qadri Munzir. 2014. *Perancangan Sistem Propulsi Motor Roket Untuk Gaya Dorong 1 Ton*. Tersedia di <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article>

/view/155. Diakses pada tanggal 16 November 2017.

<sup>12</sup> Samosir Ganda, “Penerapan FEM untuk menentukan Material Komponen Propulsi Roket RKX-10C16”, *Jurnal Sains Dirgantara*, Volume 8 Nomor 2, Desember 2010. Diakses pada tanggal 16 November 2017.

karena kurangnya sempurna struktur *engine* propulsi roketnya.<sup>13</sup>

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, terdapatnya kendala dalam pembuatan roket banyak terjadi dikarenakan ketidakakuratan dalam penyusunan material dan mineral dalam pembuatan struktur dan *engine* propulsi roket. Hal lain juga diakibatkan adanya pembatasan pendistribusian teknologi roket, yang menyebabkan fasilitas komponen dan bahan baku bahan bakar roket. Oleh sebab itu, kami akan mengkaji dan mengidentifikasi mengenai material, mineral, proses manufaktur dari *engine* propulsi roket, supaya dapat mengetahui apa saja yang terdapat dalam pembuatan struktur dan *engine* propulsi roket. Selain itu untuk mewujudkan cita-cita Indonesia dalam meningkatkan kemandirian Industri pertahanan, kami akan mengkaji rencana dalam masa depan dalam pembentukan industri-industri yang mendukung industri pertahanan nasional agar tidak bergantung pada negara lain dengan memanfaatkan potensi alternatif nasional yang dapat mendukung pengembangan peroketan.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengkaji material dan apa saja yang terdapat pada *engine* propulsi roket, serta bagaimana proses manufaktur yang terdapat pada *engine* propulsi roket dan rencana selanjutnya dalam mendukung kemandirian industri nasional.

### **Metode**

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode studi literatur, yaitu dengan mencari teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang sedang diteliti. Dapat dikatakan studi literatur merupakan cara yang dipakai dalam menghimpun data-data dan sumber yang masih memiliki hubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Dengan menggunakan studi literatur akan memperoleh referensi berbagai macam teori. Referensi teori yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dan alat utama dalam praktek penelitian ditengah lapangan.

### **Pembahasan**

#### **Material Engine Propulsi Roket**

---

<sup>13</sup> Sutrisno. 2015. *Rancang Bangun Roket Lapan Dan Kinerjanya*. Tersedia di [www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirga](http://www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirga)

[ntara/article/viewFile/700/618](http://ntara/article/viewFile/700/618). Diakses pada tanggal 17 November 2017.

Menurut Peneliti Pusat Teknologi Satelit dari Lapan (2013)<sup>14</sup>, Kriteria umum yang digunakan sebagai pertimbangan untuk memilih material terbaik sebagai bahan struktur :

- *Stiffness to Mass Ratio*
- *Manufacturing Time*
- *Uniformity* (Kerataan Permukaan)
- *Durability* (Daya tahan)

*Stiffness to Mass Ratio* merupakan ukuran kekakuan dan kekuatan terhadap masa. Sifat ini sangat penting dalam memilih material struktur satelit sehingga diberi bobot 40%. *Manufacturing Time* adalah sifat yang berhubungan dengan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengubah sebuah *raw material* menjadi suatu bentuk yang diinginkan. Bobot dari sifat ini adalah paling rendah, yaitu 15%, karena satelit memerlukan kesempurnaan dalam pembuatannya waktu menjadi tidak sepenting kriteria yang lain. Suatu material yang tidak rata pada permukaannya akan menjadikan instrumen yang menempel pada permukaan itu cepat rusak. Oleh karena itu kerataan permukaan cukup penting, dan diberi bobot 25%, lebih besar

dari pada *Manufacturing Time*. Daya tahan (*Durability*) material diberi bobot 20%, lebih rendah dari pada kerataan permukaan. Seperti diketahui, instrumen elektronik akan ditempelkan pada permukaan material struktur sehingga kerataan memiliki peran lebih besar dibandingkan dengan *durability*. Berdasarkan kriteria-kriteria di atas maka disusunlah tabel bobot terhadap kriteria material struktur.

Uji terhadap kriteria tersebut di atas dilakukan terhadap aluminium Al 7075-T6 dan Al 6061-T6 dengan ketebalan 2,54 cm. Hasil uji, dengan memberikan pembobotan, ditunjukkan oleh Tabel 2-1. Dari Tabel 2-1 tersebut, aluminium 7075-T6 memiliki sedikit kelebihan dari pada Al6061-T6. Inilah alasan mengapa Al 7075-T6 lebih dipilih dari pada Al6061-T6.

Seleksi material roket: <sup>15</sup>

1. Kekuatan Tertentu Tinggi;
2. Modulus Tertentu Tinggi;
3. Fabrication Easiness;
4. Ketersediaan mudah;
5. Kebutuhan kritis;
6. Servis Ketentuan.

---

<sup>14</sup> Widodo Slamet. 2013. *Proses Manufaktur dan Integrasi Struktur Inasat-1 LAPAN*. Berita Dirgantara Volume 14 Nomor 1. Tersedia di [http://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirga](http://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirga)

[ntara/article/download/2063/1874](http://ntara/article/download/2063/1874). Diakses pada tanggal 17 November 2017.

<sup>15</sup> Ganda Samosir, *Op.Cit.*

**Tabel 1.** Pemilihan material berdasarkan pembobotan pada kriteria material

Kriteria	Bobot	Al 7075-T6		Al 6061-T6	
		Nilai	Bobot nilai	Nilai	Bobot nilai
Stiffness to Mass Ratio	40	10	400	9	360
Manufacturing Time	15	10	150	10	150
Kerataan (Uniformity) Permukaan	25	10	250	10	250
Durability	20	10	200	10	200
Total			1000		960
Prioritas		1		2	

Sumber: Hasil Olahan Penelitian Pusat Satelit dan Tkenologi LAPAN oleh Widodo Slamet tahun 2013 mengenai Proses Manufaktur dan Integrasi Struktur Inasat-1 LAPAN

Persyaratan khusus material roket dalam kondisi buruk adalah:

1. Tekanan tinggi;
2. Suhu tinggi;
3. Kebutuhan Thermo-Struktural;
4. Magnet lembut;
5. HED Permanent Magnets;
6. Bi-metalik;
7. Opto-Electronics;
8. Electro-Optik.

Tipe-tipe material pada roket: <sup>16</sup>

1. Bahan Logam Struktural;
2. Bahan Komposit;
3. Bahan Thermo-Struktural;
4. Thermal Protection Materials;
5. Bahan Khusus;

6. Bahan kimia.

Struktur metal roket:

1. 15 CDV6: Baja karbon rendah yang digunakan dalam padatan kasus motor roket;
2. M250: Maraging baja dengan kekuatan tinggi dan ketangguhan tinggi yang digunakan dalam booster solid kasus motor roket;
3. Paduan titanium: (Ti-6Al-4V) yang digunakan tinggi botol gas bertekanan;
4. Paduan Aluminium: digunakan dalam tangki propelan cair, komponen mesin, badan pesawat dalam Peluncuran Reusable Kendaraan. Jenis: AA 2219, A2014, AA6061;

<sup>16</sup> Sarmidi Amin, Pemillhan Material Nosel Motor ROket Padat Dengan Metode Pendekatan Kondisi Operasi, *Jurnal M.P.I*, Volume 1 Nomor 3, 2007, tersedia di

[http://lib.kemenperin.go.id/neo/download\\_artikel.php?id=36](http://lib.kemenperin.go.id/neo/download_artikel.php?id=36). Diakses pada Tanggal 17 November 2018.

5. Paduan magnesium / Mg-Lithium: digunakan di atas tahap struktur seperti payload adopter, avionic deck, struktur peralatan teluk;
6. Powder metallurgy products: used in nozzle throat untuk pendorong kontrol bi-propelan.

Panduan material:

1. Karbon F/Kevlar F - Epoxy Resin: digunakan di kasus motor padat, bejana tekan, interstages, pengadopsi muatan
2. Karbon C/Silika C - Resin Fenolis: digunakan dalam liner ablatif, sisipan tenggorokan nosel.

Struktur tahan panas:

1. Carbon Fiber/Silicon Carbide Ceramic Matriks Digunakan di tutup hidung perisai panas, ujung tombak dan kontrol permukaan RLV.
2. Komposit Matrik Keramik SiC F/SiC: digunakan di suhu tinggi/panas struktur.

Sistem proteksi panas :

1. Karbon/Komposit Karbon: digunakan dalam nosel tenggorokan, nosecone (SiC Coating).
2. Ubin silika: (Silica Fiber in Si gel) yang digunakan pada pesawat ruang angkasa dan misi SRE (kapsul).
3. Isolasi busa poliuretan untuk kriogenik tangki propelan dan subsistem.

4. Isolasi Permukaan Bersihkan Reusable-FRSI yang Fleksibel Selimut / felt dengan lapisan Teflon yang digunakan permukaan leeward RLV.

Mateial Khusus:

1. Paduan magnetik lunak: Fe-Co-V: digunakan di motor torsi di pesawat ruang angkasa.
2. HED magnet permanen: Sm-Co: digunakan di giroskop, navigasi inersia, panduan & sistem kontrol, roda momentum reaksi masuk pesawat ruang angkasa
3. Bimetalik: (SS-Al dan SS-Ti) digunakan di Indonesia Cryosystem untuk perakitan barang-barang yang berbeda.
4. Opto-elektronik: digunakan pada sensor foto dan foto dioda dan perangkat foto volta untuk pembangkit listrik di satelit
5. Elektro-optik: digunakan dalam resolusi tinggi pencitraan di Spacecrafts.

Bahan kimia:

1. Bahan pelapis yang berbeda digunakan untuk perlindungan dan penyampaian karakteristik tertentu ke permukaan, pot konektor.
2. Ragam perekat / agen pengikat Digunakan dalam pengolahan, pemasangan sensor, perakitan dan operasi integrasi.

Sebagian besar bahan kimia ini adalah polimer.

### **Mineral Engine Propulsi Roket**

Prinsip dasar di balik mesin roket sangat mudah. Mesin adalah sarana untuk mengubah energi termokimia potensial dari satu atau lebih propelan ke dalam kinetika jet buang energi. Bahan bakar dan oksidator dibakar di ruang bakar tempat mereka membuat gas panas di bawahnya tekanan tinggi. Gas panas ini diizinkan untuk meluas melalui nosel. Molekul gas panas pertama kali dibatasi oleh tenggorokan nosel (de-Laval nozzle) yang memaksa mereka untuk mempercepat; Kemudian saat nosel bergetar ke luar, mereka mengembang dan mempercepatnya. Ini adalah massa dari gas pembakaran kali kecepatan mereka, bereaksi terhadap dinding ruang bakar dan nosel, yang menghasilkan dorong sesuai dengan hukum ketiga Newton: untuk setiap tindakan ada yang setara dan reaksi berlawanan.

Faktor operasional mesin roket cair dapat digambarkan dalam hal ekstrem:<sup>17</sup> suhu mulai dari hidrogen cair (-423°F) sampai 6000°F gas panas; besar sekali thermal shock (7000°F / sec); perbedaan suhu yang besar antara komponen bersebelahan; propelan reaktif; lingkungan akustik yang ekstrem; kecepatan rotasi tinggi untuk mesin turbo dan kerapatan daya ekstrim. Faktor-faktor ini menempatkan tuntutan besar pada pemilihan bahan dan masing-masing harus ditangani dengan tetap menjaga mesin dengan berat yang sedap mungkin.

### **Mesin Ringan Cair**

Mesin roket cair<sup>18</sup> adalah propelan mono-propelan atau bi-propelan. Mono-propelan mesin menggunakan sistem gas lurus atau menggunakan katalis untuk menguraikan propelan di sebuah reaksi eksotermik. Contohnya adalah sistem kontrol reaksi pada kapsul Merkurius yang di setiap pendorong kecil menggunakan hidrogen peroksida yang didekomposisi oleh katalis perak untuk diberikan kontrol

---

<sup>17</sup> NASA. 2015. *NASA Technology Roadmaps TA 1: Launch Propulsion Systems*. Tersedia di [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015\\_nasa\\_technology\\_roadmaps\\_ta\\_1\\_launch\\_propulsion\\_systems\\_final.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_1_launch_propulsion_systems_final.pdf). Diakses pada tanggal 17 November 2017.

<sup>18</sup> William A. Amborse, 2013. *The Significance of Lunar Water Ice and Other Mineral Resources for*

*Rocket Propellants and Human Settlement of the Moon*. Bureau of Economic Geology, John A. and Katherine G. Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, University Station. Tersedia di <http://store-assets.aapg.org/documents/previews/1179M101/CHAPTER01.pdf>. Diakses pada tanggal 17 November 2017.

untuk kendaraan. Pendorong mono-propelan biasanya digunakan hanya untuk daya dorong rendah sistem seperti sistem propulsi satelit.

Sistem bi-propelan menggunakan hypergolic propelan atau propelan yang membutuhkan sumber penyalan. Propelan hiperolik biasanya storable, yaitu, mereka cukup stabil untuk tetap berada dalam tangki mereka untuk jangka waktu yang cukup lama waktu di bawah kondisi bumi atau ruang yang normal. Propelan hypergolic yang paling umum digunakan adalah asam nitrat, nitrogen tetra oksida (NTO), hidrogen peroksida, mono-metil hidrazin (MMH) dan unsimmetric di-methyl hydrazine (UDMH). Propelan non-hypergolic yang paling banyak yang umum digunakan adalah cairan oksigen, alkohol, minyak tanah, dan hidrogen cair.

Mesin roket cair sangat berbeda tergantung pada misi, bahan konstruksi, dan peluncuran desain kendaraan. Itu kontrol kendaraan, gimbal mesin atau baling-baling di knalpot dapat digunakan; antara ini membutuhkan aktuator.

### **Pemilihan Mineral Propellant**

Pilihan kombinasi propelan untuk tahap roket cair<sup>19</sup> adalah fundamental pentingnya, karena membantu menentukan ukuran, berat, karakteristik kinerja dan biaya kendaraan yang dihasilkan propelan roket cair dapat dibagi menjadi dua kategori besar: propelan propelan, yang berada dalam keadaan cair pada suhu dan tekanan ruangan, dan cryogens, yang harus tetap dingin agar tidak mendidih.

Propelan yang sangat bagus mungkin disimpan di dalam kendaraan untuk waktu yang lama sebelum diluncurkan, dan banyak propelan yang bagus kombinasi juga hiperglikus, yang berarti mereka menyalakan kontak dan tidak memerlukan sumber pengapian Cryogens, di sisi lain, menawarkan dorongan spesifik yang lebih tinggi (Isp) daripada storable propelan, dan sering digunakan untuk aplikasi di mana kinerja sangat penting.

Pemilihan kombinasi propelan dipengaruhi oleh dua faktor penting: lingkungan operasi mesin (booster atau

---

<sup>19</sup> *Ibid.*

upper stage), dan ukuran dorongnya. Tahapan atas memiliki sering digunakan hidrogen cair sebagai bahan bakar, karena performa manfaat dari bahan bakar kriogenik ini sering lebih besar daripada kesulitan dan biaya mempertahankannya dalam keadaan cair. Penampilan mesin panggung atas sangat penting, karena setiap kehilangan efisiensi akan memerlukan lebih banyak propelan untuk diangkat sebuah muatan yang diberikan, berdampak pada disain kedua panggung atas dan tahap booster yang harusnya angkat itu. Namun, untuk tahap-tahap kecil, kinerjanya kurang berdampak pada keseluruhan kendaraan, dan Banyak mesin kecil telah dirancang untuk menggunakan propelan yang sangat bagus. Tahap booster, yang mana performanya agak kurang kritis, seringkali sudah menggunakan RP-1, bentuk minyak olahan, atau bahan bakar storable seperti hydrazine. Bahan bakar yang lebih padat mengurangi ukuran fisik panggung, yaitu bermanfaat karena tahap booster merupakan tahap terbesar dalam kendaraan, dan menentukan ukuran penanganan dan fasilitas peluncuran. Tahapan menggunakan minyak olahan

atau bahan bakar hidrogen umumnya menggunakan cairan oksigen, yang bisa didapat dan disimpan cukup mudah, seperti oksidator, sedangkan pada tahap tersebut menggunakan bahan bakar storable seperti hidrazin biasanya menggunakan pengoksidasi nitrogen tetra oksida ( $N_2O_4$ ) menciptakan kombinasi propelan yang bersifat storable dan hypergolic.

### Proses Manufaktur

Proses manufaktur<sup>20</sup> adalah proses untuk mengubah bahan baku (*raw material*) menjadi suatu bentuk yang sesuai dengan keinginan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, antara lain adalah kebutuhan, teknologi, dan ekonomi. Proses manufaktur untuk sebuah struktur satelit, aspek ekonomi dikesampingkan karena faktor jumlah yang terbatas, dan mengutamakan keamanan karena sekali diluncurkan tidak bisa diperbaiki lagi.

Dari komponen atau bagian-bagian struktur dapat dikelompokkan berdasarkan posisi pendukung struktur, yaitu struktur utama (primer), struktur sekunder, dan struktur tersier (Ulrich, 2000).

---

<sup>20</sup> Catharina Badra Nawangpalupi, 2005, *Proses manufaktur adalah proses untuk mengubah bahan baku (raw material)*. Tersedia di <http://repository.unpar.ac.id/bitstream/handle/>

123456789/4060/LPD\_Catharina\_Hubungan%20antara%20Proses%20Manufaktur-p.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diakses pada tanggal 18 November 2018.

## Struktur Primer

### a. Aluminium

Proses pengolahan aluminium umumnya dengan cara mengelektrolisis bijih aluminium atau bauksit dengan metode elektrolisis, untuk memisahkan unsur aluminium dengan pengotornya, setelah bahan aluminium bersih dari pengotor, lalu aluminium masuk ke tungku pelebur untuk proses pemadatan struktur material dan untuk membentuk menjadi batang atau plat, aluminium yang dilebur di rol atau di cetak dengan mesin pengerol dan cetakan.

### b. Beryllium

Logam-logam yang terbentuk dari alkali tanah diproduksi melalui sebuah proses elektrolisis lelehan garam halida (biasanya klorida) atau melalui reduksi halida atau oksida. Berilium juga merupakan logam yang diperoleh dari elektrolisis senyawa berilium klorida ( $\text{BeCl}_2$ ), dan Natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) ditambahkan untuk meningkatkan daya hantar listrik dari lelehan  $\text{BeCl}_2$ . Cara untuk mendapatkan logam berilium

tidak hanya dengan elektrolisis akan tetapi juga melalui reduksi garam fluoridanya yang dilakukan oleh logam magnesium. Sehingga dapat dikatakan Berilium merupakan logam yang memiliki harga yang mahal. Selain itu, disebabkan dari manfaatnya yang tinggi. Contohnya adalah Jika sejumlah kecil tembaga ditambahkan ke dalam berilium, maka akan menghasilkan paduan yang kerasnya sama dengan baja (Nafiun, 2013)<sup>21</sup>.

### c. Zirconium

Zircon adalah mineral yang ditemukan dalam bentuk mineral aksesori pada batuan beku yang merupakan hasil pembekuan dari magma yang kaya akan silika seperti granit, pegmatit, dan nepheline syenite. batuan sedimen sebenarnya juga mengandung zircon, namun zat yang dikandungnya dalam jumlah yang kecil. Zircon yang ditemukan sudah terkonsentrasi dengan mineral berat lainnya seperti ilmenit, rutile, monazite, leucoxene, dan garnet yang terdapat pada pasir sungai dan pantai dengan kandungan

---

<sup>21</sup> Nafiun, 2013 *Pembuatan dan Kegunaan Logam Magnesium Kalsium Berilium barium*, Tersedia di <http://www.nafiun.com/2013/07/pembuatan->

[dan-kegunaan-logam-magnesium-kalsium-berilium-barium.html](http://www.nafiun.com/2013/07/pembuatan-dan-kegunaan-logam-magnesium-kalsium-berilium-barium.html).

utama besi dan titanium. Zircon memiliki titik lebur sekitar 2550 °C.<sup>22</sup>

Zircon juga merupakan mineral yang memiliki sifat tahan terhadap korosi dan memiliki kestabilan pada temperatur tinggi yang baik. Zircon merupakan mineral yang tidak dapat larut dalam air namun larut dalam larutan asam serta dapat menghasilkan endapan pada larutan basa. Pada umumnya warna dari zircon memiliki berbagai macam variasi dari putih bening, kuning, kehijauan, coklat kemerahan, kuning kecoklatan, hingga gelap. Dan sistem kristalnya dapat berupa monoklinik, heksagonal, tetragonal dan dipiramid.<sup>23</sup>

### Struktur Pengikat dalam Bahan Propelan Roket

Struktur pengikat dalam bahan propelan roket adalah senyawa atau unsur yang digunakan sebagai pengikat seluruh komposisi yang ada pada propelan, antara lain:

1. *Hidroxy-terminated polybutadiene* (HTPB);
2. *Carboxyl-terminated polybutadiene*

(CTPB);

3. *Polybutadiene acrylonitrile acrylic acid* (PBAN);
4. *Polybutadiene acrylic acid* (PBAA).

Struktur *plasticizer* dalam bahan propelan roket. *Plasticizer* adalah senyawa atau unsur yang memberikan efek plastis pada propelan, antara lain:

1. *Diocyladipate* (DOA);
2. *Diocyl phthalate* (DOP);
3. *Diocylsebacate* (DOS);
4. *Dimethyl phthalate* (DMP);
5. *Isodecylpelargonate*.

Struktur *curing agent* dalam bahan propelan roket. *Curing agent* adalah senyawa atau unsur yang berfungsi untuk mematangkan propelan agar propelan mengeras, antara lain:

1. Isophorone diisocyanate (IPDI),
2. Toluene-2,4-diisocyanate (TDI),
3. Methyl aziridinyl phosphine oxide (MAPO),
4. Hexamethylene diisocyanide (HMDI),
5. Dimeryl diisocyanate (DDI),
6. Trimethylol propane (TMP),
7. Trimesoyl-1 (2-ethyl)
8. Aziridine (BITA)

<sup>22</sup> Newton, *Free Energy of Zircon Based on Solubility Measurements at High and Pressure*, (Canada: Memorial University, 2010).

<sup>23</sup> Sajima, dkk., *Pembuatan Konsentrat Zircon dari Pasir Zircon Kalimantan Barat*, (Yogyakarta: Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, 2012).

## Produksi di Indonesia dan Rencana Masa Depan

Indonesia secara geologi, sangat menarik untuk terbentuknya mineral, batu bara, panas bumi, minyak dan gas bumi. Kekayaan alam Indonesia seharusnya dapat digunakan sebaik mungkin. Pembangunan sektor nasional telah mendorong sektor industri termasuk industri penggunaan Mineral. Sebuah ironi jika Indonesia yang memiliki sumber daya mineral yang cukup besar dan sebagai penghasil beberapa jenis mineral terkemuka di dunia, akan tetapi belum bisa memanfaatkan potensi tersebut untuk mendukung kemandirian industri pertahanan nasional dalam pembuatan alutsista. Indonesia cenderung mengekspor mineral mentah. Negara lain mengolah mineral-mineral tersebut untuk

dibentuk barang produksi yang memiliki nilai jual yang lebih tinggi.<sup>24</sup>

Indonesia memiliki beberapa Perusahaan yang memanfaatkan potensi mineral dan sub sektor pertambangan logam dan mineral seperti dapat dilihat dalam Tabel 2.

Seharusnya dari perusahaan-perusahaan tambang mineral dapat mendukung Industri Pertahanan dalam mewujudkan roket dan program alutsista lain. Kekayaan mineral Indonesia dapat dilakukan dengan metode industri terpusat agar dapat memepermudah akses perindustrian bagian yang perakitan.

Dalam hal ini pembuatan *engine* propulsi roket di Indonesia belum ada perusahaan yang bergerak dibidang ini. Apabila adanya perusahaan ini, Indonesia

**Tabel 2.** Perusahaan Penghasil Bahan Baku

No	Kode Saham	Nama Emiten
1	ANTM	Aneka Tambang (Persero) Tbk
2	CITA	Citra Mineral Investindo Tbk
3	CKRA	Cakra Mineral Tbk ( <i>d.h Citra Kebun Raya Agri Tbk</i> )
4	DKFT	Central Omega Resources Tbk ( <i>d.h Duta Kirana Finance Tbk</i> )
5	INCO	Vale Indonesia Tbk ( <i>d.h Inco Indonesia Tbk</i> )
6	MDKA	Merdeka Copper Gold Tbk
7	PSAB	J Resources Asia Pasific Tbk ( <i>d.h Pelita Sejahtera Abadi Tbk</i> )
8	SMRU	SMR Utama Tbk
9	TINS	Timas (Persero) Tbk

Sumber: Sub Sektor Pertambangan Logam dan Mineral, <https://www.sahamok.com/emiten/sektor-pertambangan/sub-sektor-pertambangan-logam-mineral-lainnya/>. Diakses pada tanggal 17 November 2017

<sup>24</sup> H. Djamaludin, dkk. 2012. *Potensi Dan Prospek Peningkatan Nilai Tambah Mineral Logam Di Indonesia (Suatu Kajian Terhadap Upaya Konservasi Mineral)*. Tersedia di

[www.download.portalgaruda.org/article.php?article=94526&val=2170](http://www.download.portalgaruda.org/article.php?article=94526&val=2170) . Diakses pada tanggal 17 November 2017.

tidak perlu untuk impor mesin motor dari luar negeri, sehingga yang dibuat oleh Indonesia dapat dikatakan murni buatan Indonesia.

## Referensi

- Amborse, William A. 2013. The Significance of Lunar Water Ice and Other Mineral Resources for
- Amin, Sarmidi. 2007. Pemilihan Material Nosel Motor ROket Padat Dengan Metode Pendekatan Kondisi Operasi.. Jurnal M.P.I Volume 1 nomor 3. Tersedia di [http://lib.kemenperin.go.id/neo/download\\_artikel.php?id=36](http://lib.kemenperin.go.id/neo/download_artikel.php?id=36). Diakses pada Tanggal 17 November 2018.
- Astrid, wahyuni. 2010. Aspek-aspek terkait Dalam Merancang Roket kendali RXX Tahap Awal. Tersedia di [www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirgantara/article/download/707/625](http://www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/download/707/625) . Diakses pada tanggal 17 November 2017.
- Ganda, Samosir. 2010. Penerapan FEM untuk menentukan Material Komponen Propulsi Roket RXX-10C16. Tersedia di [www.jurnal.lapan.go.id](http://www.jurnal.lapan.go.id) > Home > Vol 8, No.2 Desember (2010). Diakses pada tanggal 16 November 2017.
- H.Djamaludin, dkk. 2012. Potensi Dan Prospek Peningkatan Nilai Tambah Mineral Logam Di Indonesia (Suatu Kajian Terhadap Upaya Konservasi Mineral). Tersedia di [www.download.portalgaruda.org/article.php?article=94526&val=2170](http://www.download.portalgaruda.org/article.php?article=94526&val=2170) . Diakses pada tanggal 17 November 2017.
- Kemenristek RI. 2006. Buku Putih: Indonesia 2005-2025, Penelitian , Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Pertahanan dan Keamanan. Jakarta: Kemenristek RI.
- Munzir, Qadri dkk. 2014. Perancangan Sistem Propulsi Motor Roket Untuk Gaya Dorong 1 Ton. Tersedia di <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/155>. Diakses pada tanggal 16 November 2017.
- Nafiun, 2013. Pembuatan dan Kegunaan Logam Magnesium Kalsium Berilium barium. Tersedia di <http://www.nafiun.com/2013/07/pembuatan-dan-kegunaan-logam-magnesium-kalsium-berilium-barium.html>.
- NASA. 2015. NASA Technology Roadmaps TA 1: Launch Propulsion Systems. Tersedia di [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015\\_nasa\\_technology\\_roadmaps\\_ta\\_1\\_launch\\_propulsion\\_systems\\_final.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_1_launch_propulsion_systems_final.pdf). Diakses pada tanggal 17 November 2017.
- Nawangpalupi, Catharina Badra. 2005. Proses manufaktur adalah proses untuk mengubah bahan baku (raw material). Tersedia di [http://repository.unpar.ac.id/bitstream/handle/123456789/4060/LPD\\_Catharina\\_Hubungan%20antara%20Proses%20Manufaktur-p.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.unpar.ac.id/bitstream/handle/123456789/4060/LPD_Catharina_Hubungan%20antara%20Proses%20Manufaktur-p.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Diakses pada tanggal 18 November 2018.
- Newton, 2010. Free Energy of Zircon Based on Solubility Measurements at High and Pressure, Memorial University, Canada
- Peraturan Menteri Pertahanan Nomor 17 Tahun 2014 Tentang Pelaksanaan Pengadaan Alat Utama Sistem Senjata Di Lingkungan Kementerian Pertahanan Dan TNI, Pasal 1 ayat (7).

Rocket Propellants and Human Settlement of the Moon. Bureau of Economic Geology, John A. and Katherine G. Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, University Station. Tersedia di <http://store-assets.aapg.org/documents/previews/1179M101/CHAPTER01.pdf>. Diakses pada tanggal 17 November 2017.

Sajima,dkk. 2012. Pembuatan Konsentrat Zirkon dari Pasir Zirkon Kalimantan Barat, Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Yogyakarta

Samosir, Ganda. 2010. Penerapan FEM Untuk Menentukan Material KOmponen Propulsi ROket RKX-10C16. Jurnal Teknologi Dirgantara Volume 8 Nomor 2. Tersedia di [http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal\\_tekgan/article/viewFile/1523/1367](http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal_tekgan/article/viewFile/1523/1367). Diakses pada tanggal 17 November 2017.

Slamet,Widodo. 2013. Proses Manufaktur dan Integrasi Struktur Inasat-1 LAPAN.Berita Dirgantara Volume 14 nomor 1. Tersedia di [http://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirgantara/article/download/2063/1874](http://jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/download/2063/1874). Diakses pada tanggal 17 November 2017.

Sutrisno. 2015. Rancang Bangun Roket Lapan Dan Kinerjanya. Tersedia di [www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita\\_dirgantara/article/viewFile/700/618](http://www.jurnal.lapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/viewFile/700/618). Diakses pada tanggal 17 November 2017.