

# PRODUKSI AMONIUM PERKLORAT ( $NH_4ClO_4$ ) SEBAGAI SIMBOL KEMAJUAN TEKNOLOGI ROKET DAN RUDAL

**Bayu Prianto**

Peneliti Bidang Material Dirgantara, LAPAN

## RINGKASAN

Senyawa-senyawa perklorat merupakan oksidator kuat yang dapat berperan sebagai bahan penyedia oksigen dalam proses pembakaran. Senyawa-senyawa perklorat tersebut banyak macamnya, tetapi yang banyak digunakan dalam dunia komersil di antaranya adalah kalium perklorat, magnesium perklorat, sodium perklorat, litium perklorat dan amonium perklorat. Senyawa-senyawa perklorat tersebut digunakan sebagai komponen dari "fireworks", piroteknik, "flare", bahan peledak, dan sebagai bahan propelan roket. Ketertarikan dunia akan perklorat dimulai pada akhir 1890-an atau pada awal 1900-an di Eropa dan Amerika Serikat. Sejak tahun 1950-an, mulai ditemukan bahwa senyawa amonium perklorat memiliki standar energi yang lebih tinggi (untuk propelan dan rudal) dibanding dengan senyawa perklorat yang lain. Hal ini menyebabkan produksi senyawa perklorat dunia lebih banyak terkonsentrasi pada produksi 1 (satu) senyawa yaitu amonium perklorat, produksinya mencapai 36 juta pound (16 juta Kg). Sejak tahun 1994, data-data produksi amonium perklorat dunia mulai dirahasiakan, karena amonium perklorat dianggap sebagai senyawa strategis bidang rudal dan roket.

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komponen utama pada propelan padat adalah fuel, oksidator, dan aditif. Bahan fuel yang biasa digunakan pada propelan adalah HTPB (*Hydroxyl Terminated Poly Butadiene*). Bahan oksidator yang biasa digunakan pada propelan adalah amonium perklorat. Komposisi amonium perklorat yang diperlukan untuk propelan padat mencapai 70% sampai dengan 80%.

Komponen utama dari suatu roket padat adalah motor roket, sedangkan komponen utama dari motor roket adalah propelan, dan komponen utama dari propelan adalah amonium perklorat. Hal ini berarti amonium perklorat sangat identik dengan penggunaannya untuk roket padat. Produksi amonium perklorat suatu negara tujuan utamanya adalah untuk dipergunakan pada roket padat. Oleh karena itu data kebutuhan produksi amonium perklorat suatu

negara dapat mencerminkan kemajuan teknologi roket padat negara tersebut.

### 2.1 Tujuan

Tujuan dari tulisan ini adalah sebagai studi banding mengenai kemampuan produksi amonium perklorat dalam negeri dalam kaitannya dengan penggunaannya sebagai oksidator propelan roket padat. Dengan mengetahui data produksi amonium perklorat di negara maju seperti Amerika Serikat, diharapkan dapat memotivasi upaya meningkatkan teknologi produksi amonium perklorat dan teknologi roket dalam negeri.

## 2 PROSES PRODUKSI AMONIUM PERKLORAT

Proses produksi senyawa perklorat secara komersil pada umumnya melalui 3 (tiga) tahapan. Tahap pertama adalah pengubahan klorida menjadi perklorat, dengan menggunakan metode elektrolisa. Bahan dasar yang umum

digunakan adalah NaCl, karena NaCl memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan garam klorida lainnya. Pada proses elektrolisa, ion klorida akan dioksidasi menjadi ion perklorat secara bertahap, melalui pembentukan hipoklorit ( $\text{ClO}^-$ ), pembentukan klorit ( $\text{ClO}_2^-$ ), pembentukan klorat ( $\text{ClO}_3^-$ ), dan terakhir pembentukan perklorat ( $\text{ClO}_4^-$ ). Karena larutan elektrolit yang dipergunakan adalah NaCl, maka pada tahap pertama ini hasil akhir yang diperoleh adalah larutan sodium perklorat ( $\text{NaClO}_4$ ).

Tahap kedua adalah pengubahan senyawa  $\text{NaClO}_4$  menjadi senyawa perklorat lain sesuai dengan kebutuhan. Pengubahan senyawa  $\text{NaClO}_4$  pada umumnya menggunakan metoda pembentukan garam perklorat. Pembentukan garam perklorat dapat dilakukan dengan cara penambahan basa dan garam lain terhadap larutan  $\text{NaClO}_4$ . Secara komersil senyawa sodium perklorat tersebut akan dikonversikan menjadi magnesium perklorat, potasium perklorat, litium perklorat, dan amonium perklorat.

Tahap ketiga adalah pemurnian garam perklorat yang dihasilkan, dengan menggunakan metoda rekristalisasi dan pengeringan. Proses rekristalisasi bertujuan memurnikan garam perklorat tersebut dari pengotor atau sisa-sisa garam lain yang tidak diharapkan. Proses pengeringan bertujuan menghasilkan produk butiran kering yang homogen.

Senyawa perklorat yang telah diproduksi dengan kuantitas yang besar adalah amonium perklorat, natrium perklorat, dan potasium perklorat. Ketiga jenis garam perklorat tersebut merupakan mayoritas pembuatan perklorat. Amonium perklorat sendiri mencapai 90% dari keseluruhan pembuatan perklorat di Amerika Serikat. Amonium perklorat digunakan pada propelan padat untuk program persenjataan dan pesawat ruang angkasa. Penggunaan lain yang utama dari perklorat adalah meliputi persenjataan rudal, "fireworks", "flares", generator gas, dan sebagai pereaksi kimia.

### 3 PERKLORAT SEBAGAI SENYAWA KOMERSIL

Perancis, Jerman, Switzerland, dan Amerika Serikat telah memulai produksi perklorat sejak tahun 1890-an. Senyawa perklorat digunakan pada sejumlah aplikasi antara lain sebagai oksidator dalam bahan bakar roket padat, dan sebagai komponen dari "fireworks", piroteknik, "flares", dan bahan peledak. Penggunaan lain adalah sebagai bahan obat untuk hipertiroid, penghasil gas, elektrolit untuk sel litium, dan sebagai pereaksi kimia.

Data perusahaan yang memproduksi amonium perklorat di Amerika Serikat saat ini, dapat dilihat pada Tabel 2-1.

Material perklorat terdiri dari produk yang mengandung perklorat, produk yang mengandung perklorat sebagai impuritas atau hasil samping, limbah dengan kadar perklorat masih dapat terdeteksi, limbah perklorat berbahaya dan media lingkungan yang terkontaminasi sejumlah renik perklorat. Melepaskan material perklorat tersebut ke dalam tanah atau air dapat menyebabkan air tanah terkontaminasi. Dalam kaitannya dengan mobilitas perklorat di lingkungan, perklorat dapat bermigrasi melalui media air tanah, karena perklorat tersebut sangat mudah larut dalam air, sulit berinteraksi dengan tanah, dan tidak dapat terdegradasi dengan kehadiran oksigen.

Sumber utama kontaminasi perklorat adalah dari pembuangan air limbah proses produksi perklorat dengan konsentrasi tinggi ke tanah. Saat ini, tidak ada proses penghilangan perklorat dengan harga yang efisien untuk memperlakukan air limbah yang mengandung perklorat untuk dapat diaplikasikan pada skala yang lebih luas. Teknologi pemurnian air, pelepasan udara, adsorpsi karbon aktif, oksidasi kimia, dan biodegradasi aerob diketahui tidak efektif untuk penghilangan perklorat dari air. Kolom butiran karbon teraktifasi tidak cukup ekonomis untuk menghilangkan anion perklorat dari air. Karena waktu hidup penggunaan kolom tersebut mengalami reduksi, waktu hidup yang seharusnya 18 bulan menjadi 1 bulan untuk pemurnian air yang terkontaminasi perklorat.

Tabel 2-1: DATA PRODUKSI PERKLORAT DI AMERIKA SERIKAT

Pabrik	Magnesium Perklorat	Kalium Perklorat	Amonium Perklorat	Sodium Perklorat	Litium Perklorat
GFS Chemicals, Inc. Columbus Ohio 43222	√	√		√	√
Western Electrochemical Co. Cedar City, Utah 84720		√	√	√	
Barium and Chemicals, Inc. Steubenville, Ohio 43952		√			

Sumber : DTSC

Proses penghilangan perklorat dari air secara fisik yang cukup menjanjikan adalah dengan menggunakan teknologi pertukaran ion. Di California dilaporkan, bahwa metode ini telah berhasil memurnikan 9 juta galon air yang telah tercemar perklorat dengan konsentrasi tinggi. Hasilnya cukup memuaskan, dengan kadar akhir perklorat setelah proses pemurnian adalah  $< 4$  ppb.

#### 4 PENGGUNAAN AMONIUM PERKLORAT UNTUK PROPELAN

Propelan adalah material energetika yang memberikan kendali propulsi dari sebuah rudal atau roket ketika terbang. Propelan meliputi propelan untuk roket dan propelan untuk senjata.

Sangat sulit atau bahkan tidak mungkin untuk membangun wahana roket yang besar dengan menggunakan "black powder" (serbuk hitam, campuran sulfur, karbon dan kalium nitrat) atau bahan peledak "double-base" (dua senyawa peledak) sebagai propelannya. Material seperti itu sulit dan berbahaya untuk penanganan dalam jumlah yang besar. Material tersebut sangat cepat terbakar dan memberikan gaya dorong yang tinggi dalam waktu yang singkat. Hal ini sangat baik untuk roket senjata dengan jarak yang pendek, namun tidak layak untuk roket wahana besar yang mengangkut muatan ke ruang angkasa.

Setelah perang dunia, propelan padat dikembangkan, menggunakan polimer sintesis yaitu polibutadiene, yang dicampur dengan oksidator amonium perklorat (yang memberikan kemampuan lebih tinggi dibandingkan dengan

potassium perklorat) dan sejumlah besar aluminium bubuk. Aluminium bubuk terbakar pada temperatur tinggi, membantu dalam memberikan gaya dorong. Campuran propelan tersebut didasarkan pada polimer seperti karet yang bertindak sebagai fuel yang dapat memberikan rangkaian blok ikatan yang besar, yang dapat memberikan pengaruh pembakaran yang kontinu/berkelanjutan.



Gambar 4-1: Penggunaan Amonium Perklorat Pada Pesawat Ruang Angkasa (NASA)

Amonium perklorat digunakan dalam pesawat ruang angkasa, wahana luncur, dan untuk rudal taktis dan strategis berbahan bakar padat. Inventarisasi Amerika Serikat untuk rudal taktis dan strategis adalah sebagai berikut :

Tabel 4-1: DATA INVENTARIS AMERIKA SERIKAT UNTUK RUDAL TAKTIS DAN STRATEGIS YANG MENGGUNAKAN AMONIUM PERKLORAT SEBAGAI OKSIDATOR PROPELAN

Air Force	Army	Navy	NASA
Peacekeeper	Multiple Launch Rock System	Trident	Shuttle solid rocket motor
Minuteman	Chapparral	Tamahawk Cruise Missile	
Maverick	Army Tactical missile system	Sparrow	
Advanced range air to air missile	Hawk	Harpoon	
Titan	Patriot	Sidewinder	
Delta II	Stinger	Phoenix	
Inertial upper stage		Harm	
		Standard missile	

Sumber : DTSC

## 5 KEBUTUHAN PRODUKSI AMONIUM PERKLORAT

Sebelum tahun 1940-an, produksi global perklorat tiap tahunnya diperkirakan mencapai 1.800 ton. Pada pertengahan tahun 1940-an, produksi perklorat tiap tahunnya mengalami peningkatan yang drastis. Produksinya mencapai 18.000 ton/tahun, karena tingginya kebutuhan terhadap rudal dan roket. Nilai produksi saat ini sulit untuk diperkirakan, karena amonium perklorat saat ini telah diklasifikasikan sebagai senyawa strategis.

Di Amerika Serikat, mencapai 90% perklorat yang diproduksi adalah dalam bentuk amonium perklorat yang digunakan dalam motor roket padat dan penggunaan yang terbatas pada komposisi piroteknik dan bahan peledak.

Sodium perklorat digunakan sebagai senyawa antara (*precursor*) untuk mencapai potassium perklorat dan amonium perklorat.

Jumlah amonium perklorat yang dibutuhkan dalam sebuah motor roket bervariasi bergantung pada jenis propelan roket padat atau propelan rudal. Sebagai contoh, Sekitar 70% dari berat propelan motor roket padat pesawat ruang angkasa mengandung amonium perklorat. Masing-masing set motor pesawat ruang angkasa tersebut menggunakan 0,8 juta Kg amonium perklorat. Pesawat ruang angkasa adalah pengguna terbesar dari amonium perklorat. Perkiraan kebutuhan amonium perklorat di U.S untuk tahun 1988 – 1994, dilaporkan sebagai berikut :

Tabel 5-1: DATA KEBUTUHAN PRODUKSI AMONIUM PERKLORAT DI AMERIKA SERIKAT, TAHUN 1988 – 1994

Pengguna	Perkiraan kebutuhan (juta Kg)						
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Air Force	3,7	6,4	7,3	5,9	4,5	4,5	4,5
Army	2,6	7,5	5,3	4,1	4,1	4,3	4,7
Navy	1,4	1,9	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3
NASA	3,9	8	10	11	12,7	14,2	13,5
Komersil		1,7	2,4	0,2	0,5	0,3	0,3
European Multiple Launch Rocket system	1,4	2	2,4	2,4	3,2	2,4	2,4
Lain-lain		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Total Penggunaan</b>	<b>12,9</b>	<b>28,3</b>	<b>30,8</b>	<b>26,8</b>	<b>28,2</b>	<b>28,9</b>	<b>28,6</b>

Sumber : DTSC

## **6 PRODUKSI AMONIUM PERKLORAT LAPAN SAAT INI**

Di Indonesia sampai saat ini, belum ada perusahaan yang bergerak di bidang produksi amonium perklorat. Teknologi produksi amonium perklorat di Indonesia saat ini dikuasai oleh LAPAN, akan tetapi kemampuan produksi amonium perklorat LAPAN masih pada skala laboratorium. Peralatan produksi amonium perklorat yang tersedia di LAPAN sampai tahun 2007 ini hanya bisa menghasilkan 20 Kg amonium perklorat tiap bulannya. Kapasitas produksi tersebut masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penelitian roket LAPAN yang mencapai 5000 Kg (5 ton) tiap tahunnya.

Kebutuhan amonium perklorat LAPAN tersebut jika dibandingkan dengan kebutuhan amonium perklorat NASA terlihat perbedaan yang signifikan. Kebutuhan amonium perklorat NASA mencapai 2500 kali dari kebutuhan amonium perklorat LAPAN. Hal ini berarti teknologi roket LAPAN masih sangat jauh tertinggal dari teknologi roket NASA.

Bahkan dengan Negara India pun, teknologi roket LAPAN sudah jauh tertinggal. Seperti kita ketahui bahwa India telah berhasil meluncurkan roket pembawa satelit ke ruang angkasa. Amonium perklorat yang diperlukan untuk roket tersebut minimal 800 ton. Artinya kapasitas produksi amonium perklorat India minimal 800 ton tiap tahunnya. Data produksi amonium perklorat India yang sebenarnya

tidak dapat diketahui pasti, karena sejak tahun 1994 semua data produksi amonium perklorat dilarang dipublikasikan untuk umum.

## **7 KESIMPULAN**

- Amonium perklorat bernilai strategis, karena AP merupakan oksidator dengan standar energi tinggi. Sehingga amonium perklorat banyak digunakan sebagai propelan roket dan rudal.
- Data produksi amonium perklorat di Amerika Serikat : sebelum tahun 1940 = 1.800 ton/tahun, pertengahan tahun 1940 = 18.000 ton/tahun, dan tahun 1994 = 28.600 ton/tahun.
- Teknologi roket dan rudal LAPAN sangat jauh tertinggal dari NASA. Bahkan dibandingkan dengan India pun Teknologi roket dan rudal LAPAN sudah jauh tertinggal.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- DTSC, *Perchlorate: Manufacture and Distribution*, 2007. [http://www.dtsc.ca.gov/LawsRegs/Policies/Regs/upload/HWMP\\_WS\\_dPerch-Sec5.pdf](http://www.dtsc.ca.gov/LawsRegs/Policies/Regs/upload/HWMP_WS_dPerch-Sec5.pdf), 28 Agustus.
- Mendiratta SK; Dotson RL; Brooker RT, 1996. *Perchloric acid and perchlorates*, Howe-Grant M, eds. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, Vol. 18, New York.
- Okamoto HS; Rishi DK; Steeber WR, et al., 1999. *Using ion chromatography to detect perchlorate*, J Am Water Works Assoc 91(10):73-84.