

**STRATEGI PENGUASAAN TEKNOLOGI CAST DOUBLE BASE (CDB)
DALAM RANGKA MENUNJANG LITBANG PROPELAN ROKET DAN
MEMBANGUN INDUSTRI PROPELAN DI INDONESIA
(CONTROL STRATEGY OF CASTING DOUBLE BASE PROPELLANT
(CDB) TECHNOLOGY IN ORDER TO SUPPORT R&D OF ROCKET
PROPELLANT AND BUILD INDUSTRY OF PROPELLANT
IN INDONESIA)**

Heri Budi Wibowo

Pusat Teknologi Roket

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Raya LAPAN, No. 2 Mekarsari, Rumpin Bogor 16350 Indonesia

e-mail: heribw@gmail.com

ABSTRACT

In order to master the technology of propellant CDB, it is necessary to remember the research and development of raw materials and technology is a strategic material and sensitive technology and protected by their respective owners technologies. The objective is to make the strategy a step in the control of national CDB propellant technology. CDB propellant technology mastery must be identified existing problems, needs, existing sources of raw materials, technological developments DB propellant, and eventually gained control of the strategy in the form of propellant CDB technology. Indonesia is very important for the supply of propellant for rockets and munitions, pending realization of the construction industry are still long enough propellant. Based on the analysis and mapping in order mastery CDB propellant production technology, was the availability of raw materials such as nitrocellulose propellant and nitroglycerin are not yet available, so it should do some research material that is essentially glycerol and cellulose. To master the CDB propellant technology, it must master the technology to change the raw material in accordance with the grade 'pyro', so that the procurement of technology should be up to the upper reaches. The main raw material cellulose and glycerin sufficiently available in Indonesia. Based on existing technology mastery, then the proper development is the mastery of propellant types free standing, given the need for propellant relatively small, involving several different sizes, and ease of handling. Results of this analysis are expected to be used as a cornerstone in the development of propellant double base in Indonesia. With the mastery of a systematic and do not overlap, then the control propellant technology will be more quickly achieved. The expected benefits of the research tree is obtained maps of good research in order propellant production technology mastery CDB. With the research tree, can be used as a reference of the relevant institutions or R&D institutions, so that existing research does not overlap and accelerate the propellant CDB master the technology.

Keywords: *Propellant, Double-base, Rockets, Nitrocellulose, Nitroglycerine*

ABSTRAK

Dalam rangka menguasai teknologi propelan *Cast Double Base* (CDB), maka perlu dilakukan penelitian dan pengembangan mengingat bahan baku dan teknologi adalah bahan strategis dan teknologi yang sensitive dan dilindungi oleh masing-masing pemilik teknologi. Tujuan penulisan ini adalah untuk membuat langkah strategis dalam penguasaan teknologi propelan CDB nasional. Penguasaan teknologi propelan CDB harus dilakukan identifikasi permasalahan yang ada,

kebutuhan, sumber bahan baku yang ada, perkembangan teknologi propelan *double base* (DB), dan akhirnya diperoleh strategi penguasaan berupa pohon teknologi. Kebutuhan propelan CDB di Indonesia sangat penting untuk penyediaan propelan untuk roket dan munisi, sambil menunggu realisasi pembangunan industri propelan yang masih cukup lama. Berdasarkan hasil analisis dan pemetaan dalam rangka penguasaan teknologi produksi propelan CDB, ternyata ketersediaan bahan baku propelan seperti nitroselulosa dan nitrogliserin belum tersedia, sehingga harus melakukan penelitian material dasarnya yaitu gliserin dan selulosa. Untuk menguasai teknologi propelan CDB, maka harus menguasai teknologi mengubah bahan baku sesuai dengan *grade* 'pyro', sehingga penguasaan teknologi harus sampai ke hulunya. Bahan dasar untuk mendapatkan bahan baku utama selulosa dan gliserin cukup tersedia di Indonesia. Berdasarkan penguasaan teknologi yang ada, maka yang tepat dikembangkan adalah penguasaan propelan jenis *free standing*, mengingat kebutuhan propelan yang relatif kecil, menyangkut beberapa ukuran yang berbeda, dan kemudahan dalam penanganan. Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan sebagai landasan dalam pengembangan propelan *double base* di Indonesia. Dengan penguasaan yang sistematis dan tidak tumpang tindih, maka penguasaan teknologi propelan akan lebih cepat tercapai. Manfaat yang diharapkan dari adanya pohon penelitian ini adalah diperoleh peta penelitian yang baik dalam rangka penguasaan teknologi produksi propelan CDB. Dengan adanya pohon penelitian, dapat digunakan sebagai acuan dari lembaga terkait atau lembaga litbang, sehingga penelitian yang ada tidak tumpang tindih dan mempercepat dalam menguasai teknologi propelan CDB.

Kata kunci: *Propelan, Double base, Roket, Nitroselulosa, Nitrogliserin*

1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan industri propelan di Indonesia sangat besar dan penting mengingat kebutuhan pengembangan propelan dan munisi untuk persenjataan nasional [Kementerian Pertahanan RI, 2010]. Pengembangan senjata khususnya munisi dan propelan akan dapat digunakan sebagai landasan dalam membangun persenjataan nasional baik senjata maupun roket. Untuk memenuhi kebutuhan industri propelan dan munisi nasional, maka telah dicanangkan program nasional pembangunan industri propelan dan munisi oleh Komite Kerjasama Industri Pertahanan (KKIP), dengan membangun industri propelan dan munisi oleh PT Dahana bekerjasama dengan PT Roxel membangun industri propelan dan munisi di Indonesia yang telah dilakukan '*groundbreaking*' pada 2014 di Subang, Jawa Barat [<http://www.antaraneews.com>; Rosita, G, 2013].

Di samping kebutuhan untuk mensuplai munisi dan roket untuk keperluan produksi dalam jumlah besar, maka kebutuhan propelan juga

diperlukan untuk kebutuhan penelitian dan pengembangan munisi maupun roket militer. Untuk mendapatkan kualitas roket militer dan munisi yang memiliki standar tinggi, maka perlu dimiliki propelan yang baik. Saat ini, Kementerian Pertahanan melakukan penelitian dan pengembangan untuk berbagai jenis roket militer seperti roket pengganti *Folded Fin Rocket* (FFAR), roket diameter 122mm (RHan 122), roket diameter 320 (RHan 320), roket diameter 450 (RHan 450), roket anti tank (ATGM), roket panggul (MANPADS), dan roket kedali atau rudal [Pusat Teknologi Roket, 2012; Pusat Teknologi Roket, 2013; 6, 7]. Propelan yang dibutuhkan adalah propelan DB (*double base*) yang sampai saat ini belum ada lembaga atau industri yang memproduksi atau melakukan penelitian untuk menghasilkannya. Walaupun kebutuhan yang diperlukan dalam jumlah kecil (di bawah 20 ton per tahun), kebutuhan propelan tersebut sangat dibutuhkan untuk dipenuhi. Untuk memenuhi kebutuhan penelitian tersebut, saat ini digunakan propelan komposit, walaupun memiliki perbedaan

fungsi. Propelan DB secara umum digunakan untuk kebutuhan roket militer karena kebutuhan propelan yang tidak berasap (*smokeless*) dan kecepatan pembakaran yang tinggi untuk mendapatkan akselerasi roket yang tinggi [Lestariana, E., 2013; Pusat Teknologi Roket, 2014]. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya penguasaan teknologi propelan DB dalam rangka mensuplai penelitian dan pengembangan roket militer. LAPAN sebagai lembaga penelitian yang mengembangkan propelan roket mengembangkan propelan komposit, bukan propelan DB [Pusat Teknologi Roket, 2014].

Propelan DB berdasarkan prosesnya dikelompokkan menjadi propelan *Cast Double Base* (CDB) dan propelan *Extruded Double Base* (EDB). Propelan EDB dibedakan dari propelan CDB dalam proses pencetakan. Propelan EDB dicetak melalui ekstrusi adonan melalui suatu lubang cetakan dan langsung dipotong sesuai ukuran, sedangkan propelan SDB dibuat melalui pencetakan adonan dalam cetakan sesuai *grain* propelan kemudian diperam sampai keras. Propelan EDB biasanya digunakan untuk memproduksi propelan dalam jumlah besar (massal) dengan ukuran yang kecil, sedangkan propelan CDB digunakan untuk produksi propelan dengan ukuran besar (di atas 6 in) [Paten USPTO No. 2.946.673; Paten USPTO No. 2.471.583].

Penguasaan teknologi propelan CDB menjadi sangat penting mengingat alih teknologi di bidang tersebut tidak dimungkinkan. Alih teknologi propelan dari negara maju di pengembang propelan dari negara batasi oleh aturan ketatnya negara-negara tersebut melalui *Military Missile Control Rezim* (MTCR). Sementara itu, alih teknologi negara lain dibatasi oleh hubungan diplomatik yang kurang mendukung seperti Iran, Korea Utara, dan lain sebagainya. Selama 20 tahun LAPAN mengembangkan teknologi

propelan, alih teknologi masih sulit untuk diperoleh. Dalam rangka pengembangan teknologi propelan CDB, maka diperlukan identifikasi masalah, pengumpulan dan pemetaan sumber daya yang ada (bahan baku, personil, teknologi kunci), selanjutnya dianalisis dan dibuat strategi penguasaan teknologi tersebut.

Tujuan dari program penguasaan teknologi propelan CDB adalah:

- a) Menetapkan teknologi yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan propelan DB litbang roket di Indonesia
- b) Memperoleh faktor-faktor menentukan penguasaan teknologi (sumber bahan baku, standar produk, teknologi)
- c) Memperoleh teknologi yang memungkinkan dikembangkan di Indoensia dan pohon penelitian.

Manfaat yang diharapkan dari adanya pohon penelitian ini adalah diperoleh peta penelitian yang baik dalam rangka penguasaan teknologi produksi propelan CDB. Dengan adanya pohon penelitian, dapat digunakan sebagai acuan dari lembaga terkait atau lembaga litbang, sehingga penelitian yang ada tidak tumpang tindih dan mempercepat dalam menguasai teknologi propelan CDB. Hal yang lebih penting lagi adalah bahwa integrasi dari penelitian-penelitian di Indonesia dalam bidang propelan DB dapat tercipta koordinasi yang baik.

2 PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PROPELAN DOUBLE BASE DAN PERMASALAHANNYA

Secara umum, terdapat dua type propelan *double base*, yaitu *Cast Double Base* (CDB) dan *Extruded Double Base* (EDB). Propelan jenis CDB diproses dengan pencampuran komponen dalam suatu reaktor menggunakan sistem larutan, kemudian dicetak sesuai dengan bentuk *grain* propelan yang diinginkan. Propelan jenis EDB diproses dengan dimasukkan ke dalam pencampur tanpa

pelarut, langsung dialirkan dengan ekstrusi dan dicetak sesuai dengan *grain* propelan yang diinginkan. Kelebihan propelan EDB adalah dapat dihasilkan efisien tanpa menggunakan pelarut, dapat dilakukan dalam produksi massal lebih cepat. Kelebihan propelan CDB adalah dapat dihasilkan propelan *single base* yang dapat dipasarkan terpisah, dapat digunakan untuk berbagai bentuk *grain* yang sulit, dan cocok untuk proses produksi yang tidak masal. Produksi propelan jenis CDB biasanya digunakan untuk propelan jenis munisi atau roket dengan diameter di atas enam in. Secara umum, pembuatan propelan CDB mengikuti langkah: (1) pembentukan propelan *single base* berbentuk bubuk kering (*single base propellant casting granular*), (2) penambahan nitrogliserin dan *plasticizer* berbentuk cair, (3) pemeraman (*curing*) pada suhu 140 °C selama seminggu dalam cetakan [Paten USPTO No. 2.946.673; Paten USPTO No. 2.471.583]. Terdapat dua cara pencetakan propelan, yaitu pencetakan *in situ* dalam cetakan yang langsung digunakan atau disebut dengan *case bonded*, dan pencetakan dalam bentuk propelan terpisah yang dapat disimpan dan dipasang pada tabung propelan dengan assembling atau disebut dengan metode *free standing* [Wibowo, HB, 2013; Hartaya, K, 2012].

Identifikasi permasalahan yang dihadapi dalam penguasaan teknologi propelan adalah:

- a) kebutuhan penguasaan teknologi pembuatan propelan *double base* (DB) untuk memenuhi kebutuhan penelitian dan pengembangan roket dan munisi di Indonesia sangat penting dilakukan,
- b) penguasaan propelan DB yang diinginkan adalah propelan CDB dalam skala kecil,
- c) penguasaan teknologi propelan CDB yang perlu dikuasai meliputi sumber material dasar paling strategis, spesifikasi yang dibutuhkan, teknologi

sesuai dengan keadaan yang akan diterapkan.

3 METODOLOGI

Faktor-faktor yang menentukan dalam penguasaan teknologi propelan DB adalah: a) sumber bahan baku, b) spesifikasi teknis standar bahan baku, c) metode produksi, d) pemilihan *plasticizer* dan pelarut, e) metode proses yang digunakan, f) pencetakan, g) tabung penyimpanan. Berdasarkan faktor-faktor yang ada, maka dapat dipilih teknologi yang memungkinkan dikembangkan di Indonesia berbasis ketersediaan bahan baku, kesesuaian kebutuhan dan pengguna, serta efektifitas dan efisiensi.

Untuk mencapai apa yang diinginkan, maka dapat digunakan metodologi untuk menguasai teknologi propelan CDB sebagai berikut:

- a) Teknologi pembuatan propelan CDB yang berkembang saat ini. Perkembangan teknologi pembuatan propelan *double base* sejak ditemukan pada 1934 telah berkembang cukup pesat untuk memperoleh teknologi propelan yang aman dan menghasilkan propelan yang memiliki kinerja tinggi, tidak terlalu sensitif, tahan lama, menggunakan sistem kontinyu dan dalam jumlah produksi yang lebih kecil, dan ramah lingkungan.
- b) Pemetaan sumber bahan baku di Indonesia. Pemetaan sumber bahan baku dilakukan dengan mendapatkan informasi sumber bahan baku di Indonesia dan kemampuan teknologi proses yang dimiliki industri di Indonesia.
- c) Membuat analisis dan strategi penguasaan teknologi yang terstruktur dan sistematis.

4 TEKNOLOGI PEMBUATAN PROPELAN CDB

Secara umum, penguasaan teknologi adalah pembuatan propelan CDB, namun mengingat ketersediaan

bahan baku justru menjadi permasalahan, maka penguasaan teknologi dimulai dari hulu sampai hilir, dari mulai penyediaan bahan baku sampai dengan proses produk akhir. Seperti telah dijelaskan di depan, bahwa penguasaan teknologi melalui tiga tahapan proses, yaitu (a) pembuatan propelan *single base* nitroselulosa berbentuk bubuk, (b) pencampuran dengan *plasticizer* dan nitrogliserin, dan (c) pencetakan dalam cetakan dan pemeraman sampai keras sesuai *grain* propelan yang diinginkan.

a) Penyiapan nitroselulosa dan nitrogliserin

Nitroselulosa yang dibutuhkan adalah nitroselulosa dengan kadar nitrogen 12,6 atau kelas '*pyro*', kekeringan 99%, stabil (bebas sulfat) dengan kerapian 25-40 lb/cu², dan biasanya ada dalam larutan air kadar 40%. Untuk mendapatkan nitroselulosa '*pyro*' maka dibutuhkan selulosa yang baik (kadar 99,9%) dan proses yang benar sehingga diperoleh nitroselulosa '*pyro*' [Paten USPTO No. 2.946.673]. Teknologi pembuatan nitroselulosa adalah dengan menggunakan nitrasi selulosa dengan katalisator asam sulfat. Terdapat persyaratan khusus bahan pereaksi dan teknologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan nitroselulosa [Wibowo, H.B., 2011; Dewi, WU., 2011; Rosita, G., 2012].

Bahan nitrogliserin sebagai bahan yang ditambahkan ke dalam nitroselulosa biasanya memiliki kemurnian 99%, strukturnya adalah mono L-nitrogliserin [Paten USPTO No. 4.091.091]. Teknologi pembuatan nitrogliserin adalah dengan menggunakan nitrasi gliserin dengan katalisator asam sulfat. Terdapat persyaratan khusus bahan pereaksi dan teknologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan nitrogliserin [Wibowo, HB, 2013; Wibowo, HB, 2010].

b) Pembuatan propelan *single base* nitroselulosa berbentuk bubuk (SBG).

Propelan *single base* nitroselulosa berbentuk bubuk digunakan sebagai dasar untuk proses pembentukan propelan *double base*. Propelan SBG adalah nitroselulosa berbentuk granula dengan ukuran 25 mesh, kering (kadar pelarut maksimal 1%), bentuknya sudah keras dan masif. Pada dasarnya, dalam proses ini dilakukan tahapan: (a) dehidrasi air sampai kadarnya 5%, (b) mastikasi dengan pelarut membentuk koloid, (c) ekstrusi untuk mendapatkan ukuran seperti mi dan dilanjutkan dengan pemotongan dengan ukuran yang sesuai, dan (d) penghilangan pelarut dengan pengaliran udara panas [Paten USPTO No 4.091.091]. Teknologi yang baru adalah penggunaan pelarut aktif yang dapat menghancurkan serat nitroselulosa tanpa disolusi dan ekstrusi untuk menghasilkan propelan SBG yang halus, keras, rapat, dan partikel dengan ukuran tidak beraturan [Paten USPTO No 4.091.091]. Prinsipnya adalah: "nitroselulosa basah dengan air setelah stabilisasi, dicampur dan diaduk dengan pelarut aktif yang memiliki titik didih di bawah 100°C. Pelarut menyerap nitroselulosa menjadi lunak tetapi tidak larut, mengeras dan rapat, pengenceran dengan air. Pengadukan diteruskan sampai pengerasan sempurna dan untuk mencegah aglomerasi. Pelarut dapat dihilangkan dengan distilasi" [Paten USPTO No 4.091.091].

c) Pencampuran dengan *plasticizer* dan nitrogliserin serta pencetakan

Bahan propelan SBG kemudian dicampurkan dengan nitrogliserin dan *plasticizer* dalam adonan homogen dan dimasukkan ke dalam cetakan. Terdapat dua cara untuk pencetakan propelan, yaitu pencetakan propelan "in situ" atau "*case bonded*" dan pencetakan "*slurry*" atau "*free standing*". Pencetakan *case*

bonded adalah sistem pencampuran dan pencetakan yang dilakukan langsung dalam cetakan motor roket. Seperti mesin berjalan, maka pemasukan propelan SBG, pencampuran nitrogliserin dan *plasticizer*, dan pemasakan (*curing*) langsung di dalam motor roket yang disediakan. Pencetakan *free standing* adalah proses pencetakan propelan yang terpisah dari motor roket, propelan disimpan dalam tabung vinil asetat dan sudah dilapisi dengan inhibitor. Saat diperlukan, dilakukan *assembling* dengan tabung motor roket. Dalam proses ini, proses pencampuran propelan SBG, nitrogliserin, dan *plasticizer* dilakukan dalam reaktor, kemudian dialirkan ke dalam cetakan yang terbuat dari tabung vinil asetat atau sejenisnya, kemudian diperam dan dilapisi dengan inhibitor atau liner [Patent USPTO No 4.091.091].

d) Pemeraman sampai keras sesuai *grain* propelan yang diinginkan.

Pemeraman propelan yang sudah terbentuk *grain* sesuai dengan yang diinginkan akan membuat propelan matang permanen. Biasanya dilakukan selama minimal 90-140 jam dengan suhu 140 °F. Propelan hasil adalah propelan yang keras, tahan lama, memiliki kinerja impuls spesifik 170-200 detik, laju pembakaran 0,8-1,5 cm per detik, tidak berasap, dan tidak menghasilkan jelaga (*debreeze*). Ukuran propelan disesuaikan dengan kaliber roket atau munisi yang diinginkan [Patent USPTO No 4.091.091; Wibowo, HB, 2013].

5 PEMETAAN SUMBER BAHAN BAKU DAN ANALISIS

Bahan-bahan utama untuk pembuatan propellan CDB adalah nitroselulosa, nitrogliserin, *plasticizer*, dan tabung vinil asetat. Semua bahan tersebut adalah bahan strategis yang

harus diperoleh dalam proses pembuatan propelan CDB.

a) Nitroselulosa. Bahan baku pembuatan nitroselulosa adalah selulosa, asam nitrat dan asam sulfat. Bahan selulosa dapat berasal dari kapas, rami, pelepah kelapa sawit, kayu, yang semuanya melimpah di Indonesia. Untuk mendapatkan nitroselulosa spesifikasi '*pyro*', dibutuhkan selulosa dengan kemurnian 99% ukuran kecil-kecil (0,15in), kerapatan 8-15 lb/cu² [Patent USPTO No 4.091.091; Wibowo, HB, 2013]. Untuk mendapatkan selulosa yang mampu memenuhi nitroselulosa '*pyro*', selulosa haruslah memiliki fungsionalitas tinggi sehingga mampu mendapatkan kadar nitrogen di atas 12,6. Rami merupakan tanaman yang melimpah di Indonesia yang selama ini digunakan untuk bahan baku kertas dan serat benang [Peni, A. 2010]. Industri rami kapasitasnya sudah sampai 100.000 ton per tahun di Indonesia. Pelepah kelapa sawit setiap tahun dapat diperoleh sekitar 2.000.000 ton per tahun dan hanya digunakan untuk industri kertas sekitar 10 persen [Departemen Perindustrian, 2010]. Tanaman kapas di Indonesia saat ini semakin berkurang karena lahan yang semakin berkurang [Departemen Perindustrian, 2010]. Selain pembuatan nitroselulosa dari selulosa, nitroselulosa juga dapat diperoleh dari pemekatan nitroselulosa *grade* komersial (kadar nitrogen 8-11) menjadi nitroselulosa *grade* '*pyro*'. Terdapat perusahaan yang menghasilkan nitroselulosa di Indonesia seperti PT ICI (inti celulosa Indonesia) [Wibowo, HB, 2011].

b) Nitrogliserin. Bahan baku pembuatan nitrogliserin adalah gliserin, asam sulfat, dan asam nitrat. Bahan gliserin cukup banyak di Indonesia hasil samping dari pengolahan minyak nabati, dengan jumlah produksi gliserin yang sangat besar, yaitu 100.000 ton

per tahun. Untuk mendapatkan nitrogliserin kelas 'pyro', dibutuhkan gliserin yang spesifikasinya L-gliserin [Wibowo, HB, 2011]. Hasil jenis ini dapat diperoleh paling mudah adalah gliserin sintesis. Gliserin alam biasanya dalam bentuk campuran isomer, dapat digunakan sebagai bahan gliserin kelas 'pyro' jika dipisahkan dari campurannya. Upaya pemisahan membutuhkan penelitian tersendiri.

- c) Asam nitrat dan asam sulfat. Asam nitrat dan asam sulfat yang dibutuhkan untuk dapat membuat nitrogliserin dan nitroselulosa adalah asam sulfat pekat dengan kadar 98% dan asam nitrat pekat dengan kadar 99%. Saat ini, PT Dahana memiliki pengolahan NAC/SAC yang mampu menghasilkan asam nitrat dengan kadar 98% dan asam sulfat kadar 99%, sehingga diperlukan usaha menaikkan kadar asam sulfat dan asam sulfat tersebut. Beberapa perusahaan yang menghasilkan asam nitrat dan asam sulfat di Indonesia umumnya menghasilkan asam sulfat sampai kadar 98% dan asam nitrat kadar 25-35% [Wibowo, HB, 2010].
- d) *Plasticizer*. Bahan *plasticizer* yang umum digunakan adalah etil centralit, karbon, atau butyl ptalat. Sampai saat ini bahan etil centralit masih impor.
- e) Tabung vinil acetat. Bahan ini digunakan untuk tempat propelan yang dicetak dengan *system free standing*. Bahan ini sampai saat ini tersedia di Indonesia.

6 ANALISIS DAN STRATEGI PENELITIAN

Berdasarkan pertimbangan ketersediaan bahan baku yang ada, tinjauan teknologi yang tersedia sampai saat ini, untuk menguasai teknologi propelan CDB diperlukan strategi penelitian. Bahan baku utama yang harus dikuasai adalah bahan nitrogliserin dan nitroselulosa.

Untuk mendapatkan bahan tersebut dibutuhkan bahan asam nitrat dan asam sulfat pekat yang telah tersedia dan diproduksi di dalam negeri (PT Dahana). Bahan etil centralit saat ini masih diimpor dari luar negeri. Untuk mendapatkan teknologi nitrogliserin dan nitroselulosa, dibutuhkan teknologi yang cukup rumit terutama faktor keamanan dalam teknologi produksinya. Bahan baku yang lain yang juga belum tersedia saat ini adalah gliserin *grade 'pyro'* yang belum ada di Indonesia. Bahan ini biasanya dibuat secara sintesis dari bahan baku minyak bumi, sedangkan gliserin yang ada di Indonesia secara komersial adalah gliserin dari minyak nabati atau tumbuh-tumbuhan yang tidak memenuhi persyaratan sebagai gliserin untuk bahan baku pembuatan nitrogliserin eksplosif. Bahan selulosa sebagai bahan baku utama pembuatan nitroselulosa dipersyaratkan *grade 'pyro'* yang memiliki selulosa alfa tinggi (99%). Selulosa yang tersedia di Indonesia secara komersial saat ini belum memenuhi persyaratan untuk bahan nitrogliserin sebagai bahan baku propelan CDB.

Strategi penelitian dicapai melalui langkah-langkah penguasaan teknologi yang berkaitan sebagai berikut (ditunjukkan pada diagram pada Gambar 6-1):

- a) Pengembangan selulosa 'pyro'. Penelitian pengembangan selulosa bertujuan untuk mendapatkan selulosa kelas 'pyro' dari berbagai sumber selulosa yang tersedia di Indonesia seperti rami, kapas, kayu, pelepah kelapa sawit. Selama ini pengembangan selulosa adalah untuk kepentingan serat benang atau kertas. Pengembangan selulosa dari rami telah dilakukan beberapa peneliti untuk mendapatkan nitroselulosa, namun hasilnya masih belum sesuai yang diharapkan (kadar nitrogennya masih di bawah 12,6). Salah satu

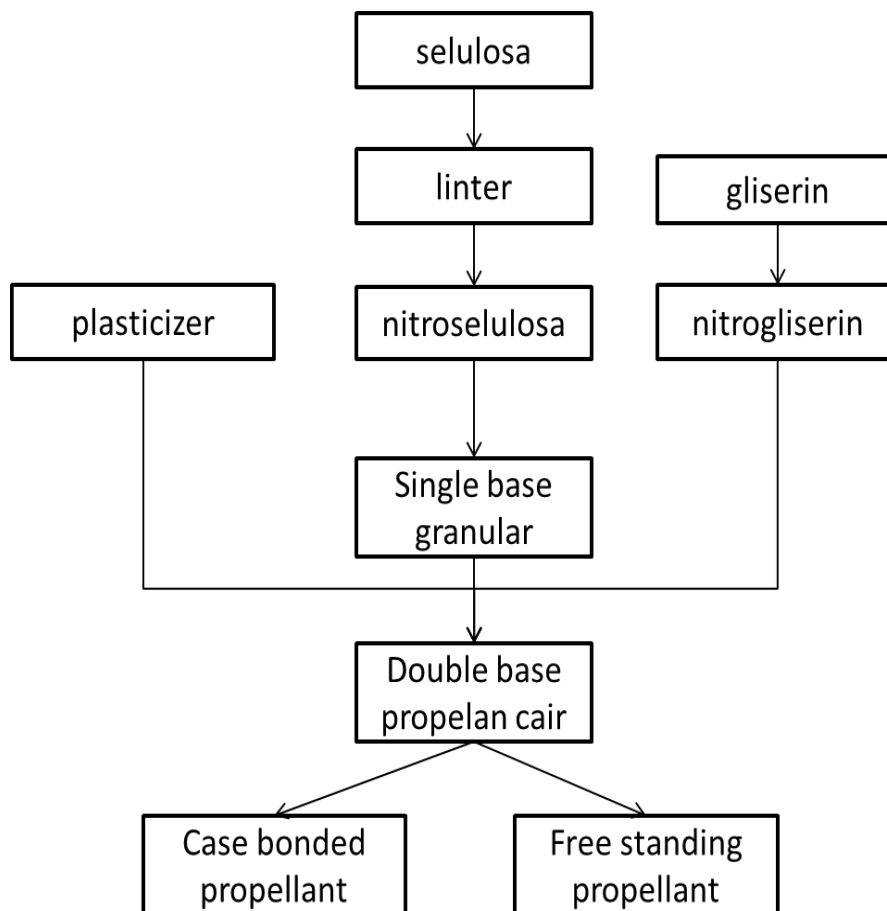
- penyebabnya adalah selulosa yang tidak seusai, yaitu kadar selulosa tidak 99%, kemudian jenis selulosa tidak dipisahkan sehingga masih tercampur selulosa alfa dan beta [Anne, 2010]. Untuk kepentingan nitroselulosa 'pyro', maka diinginkan selulosa tipe alfa yang akan menghasilkan nitroselulosa dengan kadar N yang tinggi (di atas 12,6). Dengan menggunakan teknologi *bacterial*, Peni (2014) telah mengembangkan pengambilan serat rami sehingga dapat dihasilkan selulosa dengan kadar tinggi dan dapat diperoleh hasil dominan selulosa alfa [Peni, A., 2011].
- b) Pengembangan pembuatan nitroselulosa 'pyro'. Penelitian pengembangan nitroselulosa adalah pengembangan nitroselulosa dari selulosa untuk mendapatkan nitroselulosa kelas 'pyro' yang dibutuhkan untuk pembuatan propelan *Single Base* (SB) maupun propelan DB. Penelitian pembuatan nitroselulosa dari beberapa selulosa telah dilakukan oleh peneliti LAPAN dengan menggunakan beberapa komposisi asam sulfat dan asam nitrat, demikian juga dengan peneliti dari Universitas Indonesia, namun belum diperoleh nitroselulosa dengan kadar nitrogen di atas 12,6 [Kementerian Pertahanan RI, 2010; <http://www.antaranews.com>; Rosita, G, 2013; Pusat Teknologi Roket, 2012]. Selain kendala mendapatkan selulosa yang baik, juga penggunaan asam nitrat dan asam sulfat yang kurang pekat menjadi salah satu kendala.
- c) Pengembangan konversi nitroselulosa komersial menjadi nitroselulosa 'pyro'. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh teknologi mengubah nitroselulosa yang berkembang di Indonesia untuk industri cat dengan kualitas komersial menjadi nitroselulosa *grade 'pyro'*. Bahan baku nitroselulosa dapat diperoleh dari PT ICI.
- d) Pengembangan sintesis gliserin. Mengingat gliserin yang dibutuhkan untuk pembuatan nitroselulosa kelas 'pyro' adalah L-gliserin, dibutuhkan penelitian untuk membuat L-gliserin sintesis dari produk minyak bumi atau dapat dilakukan pemisahan L-gliserin dari gliserin yang dihasilkan dari minyak nabati yang telah dihasilkan produsen gliserin di Indonesia.
- e) Penelitian pengembangan pembuatan nitrogliserin 'pyro'. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nitrogliserin yang akan digunakan sebagai bahan pencampur nitroselulosa untuk memperoleh propelan *double base*. Penelitian teknologi pembuatan nitrogliserin telah dilakukan dengan hasil nitrogliserin yang baik oleh peneliti-peneliti LAPAN dengan menggunakan kadar asam nitrat minimal 98% dan asam sulfat minimal 98%, telah diperoleh metode nitrasi yang optimum dengan mengatur perbandingan asam sulfat, asam nitrat, dan gliserin. Hasil yang diperoleh masih dalam bentuk campuran mono, di, dan trinitrogliserin [Kementerian Pertahanan RI, 2010; <http://www.antaranews.com>; Rosita, G, 2013; Pusat Teknologi Roket, 2012; Pusat Teknologi Roket, 2013; Pusat Teknologi Roket, 2014].
- f) Penelitian pembuatan *plasticizer* untuk propelan CDB. *Plasticizer* yang digunakan untuk propelan *Double Base* (DB) adalah bubuk grafit, etil centralit, dan butyl ptalat.
- g) Pengembangan propelan *single base granular*. Dalam proses pembuatan propelan *Double Base* (DB) akan melalui pembentukan propelan *single base granular*, yaitu propelan *single base* dari nitroselulosa yang masif, rapat (40 lb/cu²), keras, seragam dengan ukuran butir 25 mesh, kadar pelarut maksimal 1%, yang nantinya akan dicampur dengan nitrogliserin

dan *plasticizer* membentuk propelan DB [Wibowo, HB, 2010]. Penelitian dapat dilakukan dalam teknologi menghasilkan partikel seragam dengan ukuran tertentu, teknologi *emulsifier*, teknologi pelarut yang dapat menghancurkan selulosa dan menyerap air dari selulosa, dan lain sebagainya.

- h) Pengembangan proses propelan CDB sistem *free standing*. Penelitian meliputi sistem pencetakan, pengembangan tabung vinil acetat sebagai tempat propelan, dan teknologi isolasi termal dari propelan tersebut. Penelitian pencetakan *free standing* telah dilakukan di LAPAN untuk propelan komposit, dan dapat diadopsi untuk dilakukan pada propelan DB [Peni, A., 2011].
- i) Pengembangan proses propelan CDB sistem *in situ/case bonded*. Penelitian

meliputi sistem mekanikal pencampuran bahan-bahan NC dan NG dalam motor roket beserta sistem pengadukannya, *system robotic* pemindahan motor roket, sistem pencetakan dan penempatan mandril.

Sedikit ulasan pada proses pencetakan, maka pengembangan propelan sistem insitu banyak digunakan untuk produksi propelan dalam jumlah banyak atau massal, sehingga efektif dari sisi investasi karena dapat menggunakan *system robotic* untuk pemindahan tabung motor roket dan sistem pengadukannya. Untuk produksi propelan dalam jumlah sedikit atau banyak, namun ukuran dan jenis yang dikembangkan banyak, maka yang lebih cocok adalah sistem pencetakan *free standing*.



Gambar 6-1: Pohon penelitian penguasaan teknologi propelan CDB di Indonesia

7 KESIMPULAN

Kebutuhan propelan CDB di Indonesia sangat penting untuk penyediaan propelan untuk roket dan munisi, sambil menunggu realisasi pembangunan industri propelan yang masih cukup lama. Berdasarkan hasil analisis dan pemetaan dalam rangka penguasaan teknologi produksi propelan CDB, ternyata ketersediaan bahan baku propelan seperti nitroselulosa dan nitrogliserin belum tersedia, sehingga harus melakukan penelitian material dasarnya yaitu gliserin dan selulosa. Untuk menguasai teknologi propelan CDB, maka harus menguasai teknologi mengubah bahan baku sesuai dengan *grade 'pyro'*, sehingga penguasaan teknologi harus sampai ke hulunya. Bahan dasar untuk mendapatkan bahan baku utama selulosa dan gliserin cukup tersedia di Indonesia. Berdasarkan penguasaan teknologi yang ada, maka yang tepat dikembangkan adalah penguasaan propelan jenis *free standing*, mengingat kebutuhan propelan yang relatif kecil, menyangkut beberapa ukuran yang berbeda, dan kemudahan dalam penanganan.

Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan sebagai landasan dalam pengembangan propelan *double base* di Indonesia. Dengan penguasaan yang sistematis dan tidak tumpang tindih, maka penguasaan teknologi propelan akan lebih cepat tercapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk Pusat Teknologi Roket yang telah menyediakan laboratorium dan mendukung biaya penelitian propelan, Dirjen Dikti yang telah menyediakan pendanaan riset strategis penelitian pemanfaatan rami untuk propelan *single base*, Ibu Peni atas kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian bersama.

DAFTAR RUJUKAN

- Kementerian Pertahanan RI, 2010. *Buku Putih Pertahanan Nasional*, Kementerian Pertahanan RI.
- <http://www.antaranews.com/berita/457980/menperin-hadiri-ground-breaking-pembangunan-industri-propelan>.
- Rosita, G., 2013. *Pengaruh Perbandingan HTPB Lokal Dengan Toluendiisosiolat dan Persentase Fuel Binder Pada Pembuatan Propelan*, Prosiding Seminar SIPTEKGAN 2013, Puspipstek Serpong.
- Pusat Teknologi Roket, 2012. *Laporan Kegiatan Pusat Teknologi Roket Tahun 2012*, Pusat Teknologi Roket.
- Pusat Teknologi Roket, 2013. *Laporan Kegiatan Pusat Teknologi Roket Tahun 2013*, Pusat Teknologi Roket.
- Pusat Teknologi Roket, 2014. *Laporan Kegiatan Pusat Teknologi Roket Tahun 2014*, Pusat Teknologi Roket.
- Sutrisno, Fathur, 2012. *Pembuatan Propelan D550 Case Bonded dan Kualitas yang Dihasilkan*, prosiding seminar Siptekgan 2012, Jakarta.
- Lestariana, E., 2013. *Proses Pencetakan Bahan Piroteknik Granul Menjadi Pellet Tablet*, prosiding seminar SIPTEKGAN 2013, Jakarta.
- Pusat Teknologi Roket, 2014. *Laporan Akuntabilitas Instansi Pusat Teknologi Roket 2014*, Pusat Teknologi Roket.
- Patent USPTO No. 2.946.673.
- Patent USPTO No. 2.471.583.
- Wibowo, H.B., 2013. *Kontrol Kalitas Dalam Pembuatan Propelan*, Jakarta, Indonesia Books.
- Hartaya, K., 2012. *Rekomendasi Komposisi Propelan Dalam Rangka Meningkatkan Impuls Spesifik*, prosiding seminar SIPTEKGAN 2012, Jakarta.
- Wibowo, H.B., 2011. *Karakteristik Viskoelastisitas Binder Propelan Komposit Mandiri Berbasis HTPB*, prosiding seminar SIPTEKGAN 2011, Serpong.
- Dewi, WU., 2011. *Penentuan Komposisi Kombinasi Filler Carbon Black, SiO₂*,

- Al₂O₃ Dan ZnO Sebagai Material Liner Motor Roket Case Bonded*, prosiding seminar SIPTEKGAN 2011, Serpong.
- Rosita, G., 2012. *Optimalisasi Reaksi Polimerisasi Butadien Terhadap Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanik Polibutadien*, prosiding seminar SIPTEKGAN 2012, Jakarta.
- Paten USPTO No 4.091.091.
- Wibowo, H.B., 2013. *Pembuatan Nitrogliserin dan Mekanisme Hasil Reaksi Nitrasi Gliserol*, Prosiding Seminar Nasional IPTEK Dirgantara (SIPTEKGAN) XIII Tahun 2009, ISBN 978-979-1458-30-6.
- Wibowo, H.B., 2010. *Material Eksplosif dan Penggunaannya*, Berita Dirgantara LAPAN, Vol 11 No 1 Maret 2010, ISSN 1411-8920.
- Peni, A., 2010. *Pemanfaatan Rami untuk Bahan Bakar Briket*, prosiding seminar Unpad 2010, Bandung.
- Departemen Perindustrian, 2010. *Daftar Industri Dasar di Indoensia*, Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Wibowo, H.B., 2011. *Penentuan Kriteria Material Energetik Baru untuk Pengembangan Bahan Peledak, Propelan, dan Mesiu*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara (MSTD), Vol 6 No 2, Juni 2011, ISSN 1907-0713.
- Wibowo, H.B., 2010. *Pemilihan Stabiliser yang Tidak Sensitif Terhadap Kecepatan Bakar Propelan*, Prosiding SIPTEKGAN XIV-2010, Seminar Nasional IPTEK DIRGANTARA, Nov 2010, ISSN 978-979-1458-42-9.
- Anne, 2010. *Pemanfaatan Serat Rami untuk Nitroselulosa Sebagai Bahan Baku Propelan*, disertasi UI, Universitas Indonesia.
- Peni, A., 2011. *Pengambilan Selulosa Rami Dengan Bacterial System*, prosiding seminar Unpad 2011, Bandung.

