

PENENTUAN KOMPOSISI BUTIRAN AP UNTUK MENDAPATKAN KOMPOSISI OPTIMUM PADA PROPELAN PADAT MENGGUNAKAN TEORI VOLUME KANTUNG (POCKET VOLUME THEORY)

Oleh :
Heri Budi Wibowo*

Abstrak

Untuk membuat formulasi propelan dengan kinerja balistik dan energetik yang optimum, harus dipenuhi syarat sistem komposit yang baik, yaitu semua butiran padatan baik AP maupun alumunium tercampur dengan baik dan merata. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan komposisi butiran padatan AP dan alumunium untuk mendapatkan jumlah padatan yang maksimum dapat dimasukkan ke dalam matriks komposit dalam propelan, homogenitas terjaga, sehingga kinerja propelan dapat diprediksi dengan lebih baik.

Penelitian dilakukan dengan membuat propelan komposit berbasis HTPB, oksidator yang digunakan AP (amonium perklorat), dan bahan aditif alumunium. Pembuatan propelan dilakukan dengan free standing, suhu 60°C, tekanan atmosferis, cetakan propelan ukuran diameter 60 mm, panjang 200 mm, konfigurasi hollow dengan diameter dalam 30 mm, waktu curing 20 jam pada suhu 60 °C. Variabel penelitian adalah komposisi dan ukuran AP yang digunakan. Pengujian hasil adalah berat jenis propelan, homogenitas, dan solid content propelan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum dari komposisi dan ukuran butir AP dan Al dapat dipetakan dengan baik menggunakan teori volume kantung, dengan tingkat keakuratan 98%. Berdasarkan sifat-sifat bahan resin HTPB dengan viskositas 15 cp, maka kadar AP dan Al yang dapat dicapai dengan berat jenis tertinggi diperoleh pada komposisi APk/Aph/Al adalah 36/36/5 dengan ukuran AP kasar 40 µm dan AP halus 80 µm. Untuk penggunaan ukuran Ap kasar 40 µm dan AP halus 120 µm, komposisi maksimum adalah APk/Aph/Al = 34/38/5. Solid content maksimum diperoleh adalah 85%..

Kata kunci : propelan, teori volume kantung, komposisi oksidator

Abstract

To create a formulation with a propellant ballistic and energetic performance of the optimum, must meet a good composite system, ie all the grains of both AP and aluminum solids mixed well and evenly. The study aimed to obtain the composition of the AP and aluminum granular solids to obtain the maximum amount of solids that can be incorporated into the propellant matrix composites, homogeneity awake, so the performance of propellant can be predicted better .

The content of propellant are HTPB, oxidizer used AP (ammonium perchlorate), and aluminum additives. Manufacture of propellants made with free standing, temperature 60 °C, atmospheric pressure, mold propellant with diameter 60 mm, length 200 mm, hollow configuration with a diameter of 30 mm, curing time 20 hours at 60 °C. Research variable is the composition and size of the AP used. The propellant is determined the propellant density, homogeneity, and the solid propellant content.

The results showed that the optimum conditions of composition and grain size of AP and Al can be mapped by using either the theory of the bag volume, with 98% accuracy rate. Based on the properties of HTPB resin with a viscosity of 15 cp, the levels of AP and Al that can be achieved with the highest density obtained in the composition of the GER / APH / Al is 36/36/5 with coarse AP size of 40 µm and 80 µm AP subtle. For the use of size 40 µm and coarse Ap AP smooth 120 µm, maximum composition is GER / APH / Al = 34/38/5. The maximum solid content obtained was 85%.

Keywords: propellant, pocket volume theory, the composition of the oxidizing agent

*Peneliti Bidang Propelan, Pusat Teknologi Roket, LAPAN

1. PENDAHULUAN

Roket adalah suatu mesin kalor yang dapat merubah energi kimia menjadi energi gerak. Bahan bakar sebuah roket biasa disebut propelan. Terdapat beberapa klasifikasi propelan. Berdasarkan fasanya, propelan dibagi menjadi propelan padat dan propelan cair. Propelan padat dibedakan menjadi propelan homogen dan propelan komposit. Propelan komposit adalah propelan berupa komposit, dimana butiran padatan oksidator dan bahan tambahan lain didistribusikan dalam matriks komposit. Kinerja suatu propelan biasanya ditentukan berdasarkan sifat balistik yaitu kecepatan pembakaran (cm/det) dan sifat energetiknya yaitu impuls jenis (per detik).

Pengembangan propelan komposit bertujuan untuk mendapatkan propelan dengan sifat balistik dan energetik yang telah ditentukan sesuai dengan misi roket yang akan diemban. Dengan demikian, formulasi propelan ditujukan untuk memperoleh komposisi bahan-bahan baku propelan yaitu oksidator, *solid fuel*, dan matriks komposit yang memiliki komposisi tertentu sehingga dapat dihitung secara termodinamika pembakaran propelan jumlah energi yang dihasilkan dan impuls jenis yang diperoleh. Dalam pengembangan penelitian propelan, karakteristik sifat mekanik dan homogenitas komposit propelan merupakan prasyarat awal suatu propelan layak digunakan atau tidak. Propelan komposit dengan kandungan padatan semakin besar akan diperoleh energi yang semakin besar, namun apabila tidak terdistribusi sempurna maka terjadi aglomerasi sehingga memiliki resiko pembakaran tidak sempurna dan tidak kontinyu.

Banyak penelitian mengenai sifat mekanik propelan dilakukan secara empiris saja, sehingga memunculkan *trial and error* yang cukup banyak memakan waktu dan biaya. Penelitian mengenai apakah propelan sudah terdistribusi merata dalam matriks komposit atau semua butiran padatan terlumuri polimer dengan baik tidak dilakukan karena merupakan penelitian antara yang tidak diperhatikan. Syarat meratanya distribusi partikel dalam komposit menjadi penting manakala ukuran propelan semakin besar sehingga proses cracking, anomali karakteristik pembakaran, kontinuitas pembakaran dapat dihindari.

Ada beberapa teori untuk mendapatkan metode menentukan apakah partikel dalam komposit terdistribusi merata. Teori sol-gel pada proses pematatan resin dapat memperlihatkan perubahan sifat mekanik komposit yang akan terjadi, namun tidak dapat memperlihatkan apakah suatu butiran terdistribusi merata dalam komposit. Teori volume kantung memberikan jumlah butiran dalam komposit berdasarkan ukuran partikel terdapat dalam kisi-kisi komposit. Teori ini menarik karena dapat memperlihatkan komposisi butiran-butiran partikel beserta ukurannya. Perkembangan metode numerik yang pesat menjadi bukan halangan lagi dalam menghitung simulasi distribusi partikel walaupun banyak jenis partikel yang ditambahkan.

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan komposisi butiran padatan AP dan alumunium untuk mendapatkan jumlah padatan yang maksimum dapat dimasukkan ke dalam matriks komposit dalam propelan, homogenitas terjaga, sehingga kinerja propelan dapat diprediksi dengan lebih baik. Dengan demikian, diharapkan dalam perancangan komposisi propelan, maka dapat ditentukan apakah komposisi yang telah dilakukan, secara teoritis dipenuhi syarat distribusi partikel yang merata.

2. LANDASAN TEORI

Menurut teori volume kantung, suatu propelan komposit terdiri dari partikel oksidator kasar berukuran besar (40 mesh), partikel oksidator halus dengan ukuran yang lebih kecil (100 mesh), dan partikel alumunium yang sangat halus (125-150 mess) yang terdistribusi secara merata dalam bentuk kisi-kisi kubus dalam matriks *binder* elastomer. Komposit tersusun dari rangkaian kantung-kantung kubus besar yang dibatasi oleh delapan oksidator kasar seperti terlihat pada gambar (1-1) dalam bentuk 2 (dua) dimensi. Kubus besar mengandung rangkaian kubus-kubus kecil yang disusun oleh delapan partikel oksidator lebih kecil, partikel alumunium, dan binder yang mengisi sela-sela antar partikel. Kubus kecil mengandung partikel alumunium dan binder.

Ukuran partikel oksidator dianggap sama (diambil rata-rata ukuran partikel) dan berbentuk bola. Kisi-kisi bentuk partikel berbentuk kubus untuk memudahkan perhitungan karena bentuk heksagonal relatif lebih kompleks dengan hasil analisis yang tidak jauh berbeda.

Jumlah partikel oksidator kasar tiap unit volume propelan adalah fraksi volume oksidator kasar dibagi dengan volume satu partikel oksidator kasar seperti diperlihatkan pada persamaan (2-1).

$$N_{ox1} = \frac{\alpha_{ox1}}{\sum_i \alpha_i} \left/ \left(\frac{4}{3} \pi R_{ox1}^3 \right) \right. \quad (2-1)$$

Total volume kubus-kubus dalam propelan adalah (N_{ox1}) dengan panjang sisi-sisinya adalah $(N_{ox1})^{1/3}$. Jarak antara partikel oksidator kasar satu dengan yang lain dalam satu kubus per satuan volume adalah jumlah jari-jari oksidator (R_{ox1}) dan jarak sisanya (Δ_{ox1}) .

$$(\Delta_{ox1} + 2R_{ox1}) = \left(\frac{1}{N_{ox1}} \right)^{1/3} \quad (2-2)$$

Volume kantung adalah jumlah volume kubus dan tiga perempat masing-masing oksidator besar yang membatasinya.

$$V_{ox1} = (\Delta_{ox1} + 2R_{ox1})^3 - \frac{4}{3} \pi R_{ox1}^3 \quad (2-3)$$

Dengan analogi pada kantung partikel oksidator besar, maka jumlah partikel halus tiap unit volume untuk propelan ditunjukkan pada persamaan (2-4).

$$N_{ox2} = \frac{\alpha_{ox2}}{\sum_i \alpha_i} \left/ \left(\frac{4}{3} \pi R_{ox2}^3 \right) \right. \quad (2-4)$$

Jumlah partikel oksidator kecil dalam volume kantung partikel oksidator besar adalah jumlah partikel kecil dikalikan dengan volume kantung partikel besar.

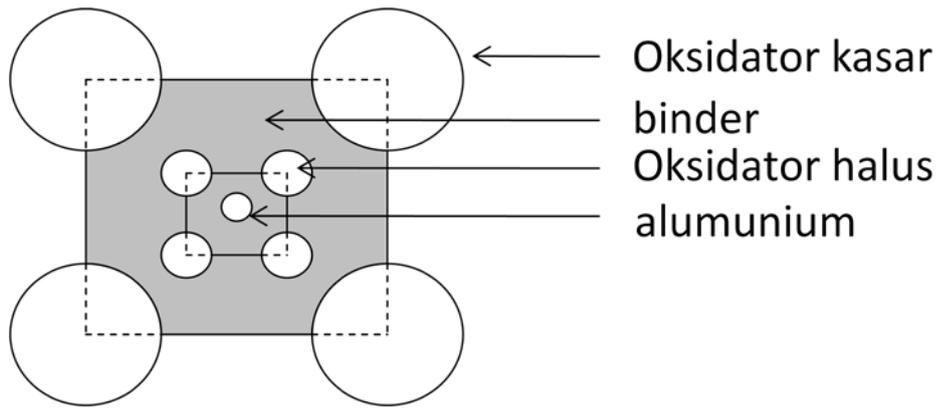
$$N_{ox2}' = N_{ox2} V_{ox2} \quad (2-5)$$

Panjang kantung besar sama dengan jarak kantung kecil dikalikan jumlah partikel dalam satu sisi.

$$(\Delta_{ox1} + 2R_{ox1}) = (\Delta_{ox2} + 2R_{ox2}) (N_{ox2}')^{1/3} \quad (2-6)$$

Volume kantung kecil adalah jumlah volume kubus dan tiga perempat masing-masing oksidator kecil yang membatasinya.

$$V_{ox2} = (\Delta_{ox2} + 2R_{ox2})^3 - \frac{4}{3} \pi R_{ox2}^3 \quad (2-7)$$



Gambar 1.1. Teori volume kantung dan distribusi partikel dalam komposit

Bagian alumunium yang teraglomerisasi adalah sebanding dengan jumlah alumunium yang meleleh dalam volume kantung efektif.

$$A = K(f\alpha_{Al}V_p)^{1/3} \quad (2-8)$$

Penyederhanaan yang dilakukan adalah bahwa hanya alumunium yang yang meleleh yang dapat membentuk aglomerisasi, partikel oksidator dalam kotak efektif pocket mampu mengandung aglomerisasi dan terbatas dalam volume kantung. Hal tersebut karena adanya segregasi gugus alumunium partikel, kemampuan melokalisasi pembakaran, atau mengoksidasi alumunium secara cepat. Ukuran aglomerisasi diturunkan dari ukuran kantung efektif. Asumsi ketiga adalah ukuran aglomerisasi sebanding dengan ukuran kantung efektif. Keempat, fraksi aglomerisasi dan ukuran aglomerisasi berbanding langsung. Asumsi terakhir adalah asosiasi alumunium dalam permukaan propelan diabaikan.

3. METODOLOGI

Bahan Baku yang digunakan adalah oksidator amonium perklorat (AP), binder hydroxy terminated polybutadiene (HTPB) dan toluen diisocianat (TDI), dan butir alumunium (Al). Bahan AP yang digunakan AP buatan LAPAN dengan ukuran butiran bervariasi (40 mesh, 80 mesh, dan 120 mesh), bentuk bola, kemurnian 98%. Bahan HTPB yang digunakan adalah HTPB buatan LAPAN dengan viskositas 15 cp, bilangan OH 200, berat molekul rata-rata 2500 gr/mol. Bahan TDI yang digunakan adalah TDI dengan kemurnian 98%, perbandingan isomer 2,4-:2,6- adalah 20/80. Alumunium yang digunakan adalah alumunium dengan kadar 99%, ukuran butiran 400 mesh.

Peralatan yang digunakan adalah peralatan pembuatan propelan ukuran diameter 60mm dan panjang 200mm, meliputi pencampur, pencetak, pelepasan cetakan, mandril, dan oven.

Proses pembuatan propelan dilakukan dengan standar pembuatan propelan diameter 60mm dan panjang 200 mm dengan teknik *free standing*, meliputi proses pencampuran selama 1 jam pada suhu 60°C, pemasukan adonan ke dalam cetakan, dan pelepasan cetakan. Propelan yang diperoleh dioven selama 20 jam pada suhu 60°C. Propelan yang diperoleh kemudian ditentukan berat jenis dan *solid content*-nya.

Pengujian yang dilakukan meliputi *solid content*, dan visual. *Solid content* adalah kandungan berat padatan dalam total material komposit (%), ditentukan dengan mengukur berat seluruh padatan dibanding berat komposit. Analisis visual adalah potret molekul dari propelan yang bersangkutan, merupakan ukuran apakah propelan yang dibuat terdistribusi dengan baik. Analisis dilakukan dengan mengiris potongan propelan yang sangat tipis, kemudian diamati dengan mikroskop. Propelan dengan distribusi yang baik akan ditunjukkan dengan distribusi molekul yang merata dan tidak terjadi aglomerisasi atau sekumpulan partikel sama dalam ukuran yang lebih besar.

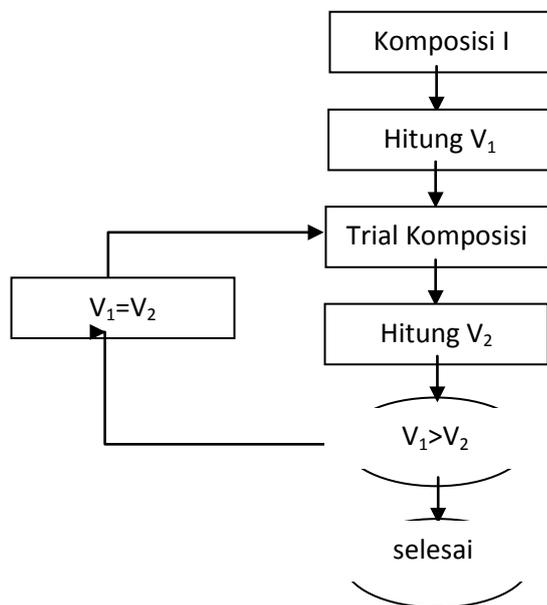
4. PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan pada propelan dengan ukuran diameter 60mm dan panjang 200mm yang merupakan propelan uji standar yang dimiliki LAPAN. Propelan memiliki konfigurasi grain *hollow*. Komposisi propelan yang digunakan adalah *solid content* 70 – 85%, propelan dengan nilai *solid content* di bawah 70% akan memiliki kinerja balistik yang rendah, sedangkan propelan dengan nilai *solid content* di atas 85% akan tidak mungkin diperoleh untuk semua jenis komposit poliuretan berbasis HTPB.

Ukuran partikel AP yang digunakan adalah 40 mesh mewakili AP kasar dan AP ukuran 80 mesh mewakili AP halus. Partikel aluminium memiliki ukuran 125 mesh merupakan ukuran yang paling kecil. Binder HTPB memiliki viskositas 15 cp dengan berat molekul 2500 gr/mol sehingga memiliki *pot life* yang cukup tinggi sehingga butiran padatan dapat terdistribusi dengan baik. *Pot life* merupakan waktu dimana viskositas resin polimer masih cukup rendah sehingga memungkinkan butiran padatan terdistribusi dengan baik.

Untuk mendapatkan komposisi partikel butiran AP kasar, AP halus, dan butir aluminium yang dapat terdistribusi dengan baik, maka diaplikasikan teori volume kantung (*pocket volume*). Asumsi yang digunakan adalah partikel berbentuk bola. Ukuran partikel dipilih kombinasi 40 mesh, 80 mesh, dan 120 mesh. Untuk mendapatkan kondisi optimum, maka dilakukan tiga jenis komposisi, yaitu (A) propelan bimodal (dua jenis ukuran partikel) 40 mesh dan 80 mesh, (B) propelan bimodal 40 mesh dan 120 mesh, serta (C) propelan dengan ukuran partikel 80 mesh dan 120 mesh.

Untuk mendapatkan nilai efektif komposisi yang optimum, maka dilakukan proses optimasi dengan membuat komposisi awal AP halus, AP kasar, dan aluminium dengan metode Runge-Kutta, kemudian dihitung nilai volume efektif dengan teori volume kantung. Optimasi dilakukan dengan merubah komposisi AP halus (APh), AP kasar (APk) dan aluminium (Al), sampai diperoleh volume efektif yang minimal, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1. Skema perhitungan volume efektif kantung

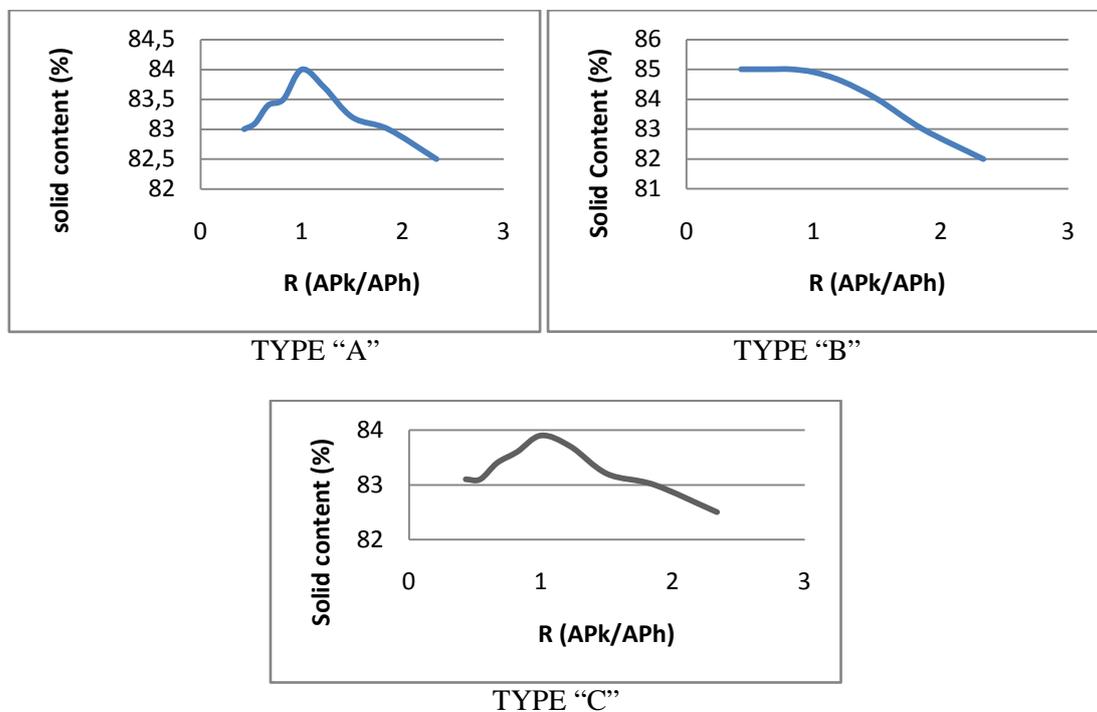
Propelan yang dihasilkan dan potongan tipis yang dihasilkan disajikan dalam gambar 4.2. Uji visual tersebut digunakan untuk menentukan apakah propelan terdistribusi dengan baik. Propelan yang baik (a) ditunjukkan dengan meratanya partikel dalam matriks polimer. Sedangkan propelan yang tidak memenuhi syarat (b) adalah terbentuk agregat-agregat yang cukup besar dari partikel bersangkutan.



Gambar 4.2. Penampang propelan

Untuk menghitung komposisi maksimum dari propelan, maka percobaan dilakukan dengan membuat kurva berat jenis terhadap komposisi ukuran partikel atau kurva *solid content* terhadap ukuran partikel. Hasil percobaan ditampilkan dalam gambar 4.3 untuk tipe propelan A, B, dan C. Komposisi maksimum diperoleh saat diperoleh berat jenis maksimum (tidak terjadi perubahan berat jenis). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada saat komposisi APk/Aph/Al adalah 45/30/5 (tipe A), 46/30/5 (tipe B), dan 47/29/5 (tipe C).

Komposisi propelan tersebut tidak berarti menunjukkan kinerja propelan yang maksimum secara keseluruhan, karena tergantung misi yang diinginkan, terkadang justru diinginkan propelan dengan kinerja yang lebih rendah sesuai dengan misi roket yang diemban. Namun demikian, propelan dengan komposisi di atas dari komposisi maksimum yang diperkenankan akan memberikan propelan dengan kondisi partikel tidak terdistribusi secara sempurna serta terjadi aglomerasi partikel-partikel tersebut.



Gambar 4.3. Kurva hubungan rasio APk/APh terhadap solid content.

Selanjutnya, hasil percobaan dibandingkan dengan hasil perhitungan serta ditampilkan dalam tabel 4.1. Hasil perbandingan untuk seluruh tipe propelan adalah mirip dengan hasil percobaan, dimana tingkat kesalahan ditunjukkan dengan berat jenis propelan yang mendekati. Tingkat kesalahan rata-rata adalah 3,5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa teori volume kantong dapat digunakan untuk memperkirakan komposisi propelan dengan baik (tingkat kesalahan 3,5%). Hasil perkiraan dapat digunakan untuk menentukan propelan memenuhi persyaratan bahwa seluruh partikel padatan terdistribusi dengan baik ke dalam matriks komposit.

Tabel 4.1. Perbandingan komposisi propelan teoritis dengan hasil percobaan

TIPE	PERKIRAAN		PERCOBAAN		ERROR (%)
	KOMPOSISI APk/APh/Al	SC (%)	KOMPOSISI APk/APh/Al	SC (%)	
A	45/30/5	84	45/30/5	81,04	3,5
B	46/30/5	85	46/30/5	82,02	
C	47/29/5	83,9	47/29/5	81,12	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap percobaan dan perbandingan dengan hasil perhitungan teoritis, maka dapat disimpulkan bahwa teori volume kantong dapat dipergunakan untuk memperkirakan komposisi optimum yang diperbolehkan dimana semua partikel dapat terdistribusi dalam matriks komposit dengan baik (tingkat kesalahan rata-rata 3,5%).

Teori volume kantong dapat digunakan untuk menentukan apakah propelan yang didisain memenuhi persyaratan seluruh partikel padatan terdistribusi dengan baik dan tidak terjadi aglomerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ginting, M. *"Bahan Presentasi Teknik Penulisan Ilmiah-Diklat Fungsional Peneliti "*. Serpong. 2006 .
- Bircher, HR., Mäder, P., Mathieu, J. *"Properties of CL-20 based high explosives, In: Proc. 29th Int. Annual Conference of ICT"*. Karlsruhe. 1998 .
- Cooper, PW. *"Explosives Engineering"*. Wiley-VCH, Weinheim. 1996 .
- Doherty, RM., Forbes, JW., Lawrence, GW., Deiter, JS., Baker, RN., Ashwell, KD., Sutherland, GT. *"Detonation velocity of melt-cast ADN and ADN/nano diamond cylinders"*. Proc. AIP Conference "Shock Compression of condensed Matter" American Inst. of Physics. 2000.
- DeMay S., Braun, JD. *"Use of new oxidizers and binders to meet clean air requirements. In: AGARD Conf. Proc. 559, Propulsion and Energetics Panel (PEP) 84th Symp."*, Aalesund, Norway. 1994.
- Fogelzang, E., Sinditskii, VP., Rgorshv, VY., Levshenkov, AI., Serushkin, VV., Kolesov, VI. *"Combustion behavior and flame structure of ammonium dinitramide. In: Proc. 28th Int. Annual Conference of ICT"*. Karlsruhe. 1997.
- Nielsen, AT. *"Caged polynitramine compound "*. US Patent 5 693 794. 1997.
- Wardle, RB., Hinshaw, JC., Braithwaite, P., Johnstone, G., Jones, R., Poush, K., Lyon, VA., Collignon, S. *"Development of the caged nitramine hexanitrohexaazaisowurtzitan"*. In: Proc. Int. Symp. Energetic Materials Technology, American Defense Preparedness Association. 1994.
- Wardle, RB., Edwards, WW. *"Hydrogenolysis of 2,4,6,8,10,12-hexabenzyl2,4,6,8,10,12-*

- hexaazatetracyclododecane*”, *US Patent* 5 739 325. 1998.
- Braithwaite, PC., Hatch, RL., Lee, K., Wardle, RB., Metzger, M., Nicolich, S. “**Development of high performance CL-20 explosive formulations**”. In: *Proc. 29th Int. Annual Conference of ICT*. Karlsruhe. 1998.
 - Golfier, M., Graindorge, H., Longvialle, Y., Mace, H. “**New energetic molecules and their application in energetic materials**”. In: *Proc. 29th Int. Annual Conference of ICT*. Karlsruhe. 1998.
 - Bunte, G., Pontius, H., Kaiser, M. “**Characterization of impurities in new energetic materials**”. In: *Proc. 29th Int. Annual Conference of ICT*. Karlsruhe. 1998.
 - LÖbbecke, S., Bohn, MA., Pfeil, A., Krause, H. “**Thermal behavior and stability of HNIW (CL-20)**”. In: *Proc. 29th Int. Annual Conference of ICT*. Karlsruhe. 1998.
 - Östmark, H., Bergman, H., Bemm, U., Goede, P., Holmgren, E., Johansson, M., Langlet, A., Latypov, NV., Petterson, A., Petterson, M-L., Wingborg, N., Vörde, C., Stenmark. H., Karlsson, L., Hihkiö, M. “**2,2-Dinitroethene-1,1-diamine (FOX-7) – properties, analysis and scaleup**”. In: *Proc. 32nd Int. Conference of ICT*. Karlsruhe. 2001.
 - Chapman, RD., Fronabarger, JW., Sanborn, WB., Burr, G., Knueppel, S. “**Phase Behavior in TNAZ-based and Other Explosive Formulations**”. *DAAA21-93-C-0017. USA*. 1994.
 - Bottaro, JC. “**Recent advances in explosives and solid propellants**”. *Chem. Ind. (London)* 7. 1996.
 - Tartakovsky, VA., Luk’yanov, OA. “**Synthesis of dinitramide salts**”. In: *Proc. 25th Int. Annual Conference of ICT*. Karlsruhe. 1994.
 - Pak, Z. “**Some ways to higher environmental safety of solid rocket propellant application.**” In: *Proc. AIAA/SAE/ASME/ASEE 29th joint Propulsion Conf. and Exhibition*. Monterey.USA. 1993.
 - Langlet, A., Ostmark, H., Wingborg, N. “**Method of preparing dinitramidic acid and salts thereof**”, *Int. Patent Appl. PCT/SE/96/00976*. 1997.
 - Chan, ML., Turner, A. “**Challenges in combustion and propellants 100 years after Nobel**”. In: *Proc. Int. Symp. on Special Topics in Chemical Propulsion*, Stockholm. 1996.
 - Chan, ML., DeMay, SC. “**Development of environmentally acceptable pro pellant**”, In: *AGARD Conf. Proc. 559*. Aalesund. Norway. 1994.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Dr Heri Budi Wibowo
 Tempat & Tgl. Lahir : Boyolali, 21 Juni 1969
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Instansi Pekerjaan : LAPAN
 NIP. / NIM. : 19690621 031993 002
 Pangkat / Gol. Ruang : IVb
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Madya
 Agama : Islam
 Status Perkawinan : Kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA	: SMA 1 Boyolali	Tahun: 1987
STRATA 1 (S.1)	: KIMIA UGM	Tahun: 1992
STRATA 2 (S.2)	: Teknik Kimia UGM	Tahun: 1999
STRATA 3 (S.3)	: Teknik Kimia UGM	Tahun: 2004

ALAMAT

Alamat Rumah : Perumahan Bukit Dago BDU-40, Rawa Kalong, Gunung Sindur,
Bogor 16350
HP. : 081317688191
Alamat Kantor / Instansi : LAPAN, Sukamulya Rumpin Bogor 16340
Telp. : 02175790383
Email : heribw@gmail.com