



**UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA**

**SIMULASI ENERGETIK DAN ASAP DARI PROPELAN  
PADAT KOMPOSIT DENGAN VARIASI *BINDER*  
ENERGETIK DALAM PENGEMBANGAN  
ROKET RHAN – 122B**

**TESIS**

**Khoerozadi Faizal Iman**



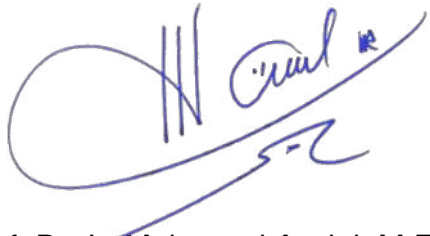
**120220403003**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PERSENJATAAN**


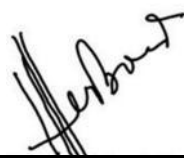



**BOGOR**

**2024**

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama	: Khoerozadi Faizal Iman	
NIM	: 120220403003	
Program Studi	: Teknologi Persenjataan	
Fakultas	: Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan	
Judul Tesis	: Simulasi Energetik dan Asap dari Propelan Padat Komposit dengan Variasi <i>Binder</i> Energetik dalam Pengembangan Roket Rhan – 122B	
	Pembimbing I,	Pembimbing II,
		
	Dr. Robertus Heru Triharjanto, M.Sc	Prof. Dr. Ir. Heri Budi Wibowo, M.T
	NIDN : 8933610021	NIDN : 8933340022
	Tanggal : 22/01/2024	Tanggal : 19/01/2024
	Mengetahui,	
	Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan	
		
	Prof. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng	
	Tanggal : 22/01/2024	

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

	Nama	: Khoerozadi Faizal Iman	
	NIM	: 120220403003	
	Program Studi	: Teknologi Persenjataan	
	Fakultas	: Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan	
	Judul Tesis	: Simulasi Energetik dan Asap dari Propelan Padat Komposit dengan Variasi <i>Binder</i> Energetik dalam Pengembangan Roket Rhan – 122B	
No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Pembimbing I: Dr. Robertus Heru Triharjanto, M.Sc NIDN: 8933610021		22/01/2024
2.	Pembimbing II: Prof. Dr. Ir. Heri Budi Wibowo, M.T NIDN: 8933340022		19/01/2024
3.	<i>Reviewer I</i> : Dr. Mas Ayu Elita Hafizah, S.Si., M.Si NIDN: 0326107605		18/01/2024
4.	<i>Reviewer II</i> : Dr. Gunaryo, S.T., M.T Kolonel Teknik/NRP.524384		19/01/2024
5.	<i>Reviewer III</i> : Dr. Maykel T. E. Manawan, S.Si., M.Si NIDN: 0018097617		18/01/2024

## PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan, kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam tesis ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, Januari 2024



Khoerozadi Faizal Iman

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penyusunan tesis dengan judul: **"Simulasi Energetik dan Asap dari Propelan Padat Komposit dengan Variasi *Binder* Energetik dalam Pengembangan Roket RHan – 122B"** dapat diselesaikan.

Penyusunan tesis ini ditunjukkan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknologi Persenjataan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan. Penyusunan tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Letnan Jenderal TNI Jonni Mahroza, Ph.D selaku rektor Universitas Pertahanan RI.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI.
3. Bapak Dr. Robertus Heru Trihartjanto selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat dan dorongan moril kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Heri Budi Wibowo, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat dan dorongan moril kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai tugas akhir.
5. Bapak Kolonel Pas Dr. Drs. Marsono, M.Si selaku Sesprodi Teknologi Persenjataan.
6. Seluruh Dosen pengajar Program Studi Teknologi Persenjataan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan yang telah banyak membantu penulis selama proses belajar dan penyusunan tesis ini.

7. Ibu Asfari Azka Fadhilah, M.Han selaku Staff Prodi Teknologi Persenjataan yang telah memberikan semangat, dukungan dan membantu penulis dalam perkuliahan dan menyelesaikan tugas akhir.
8. Para rekan – rekan Prodi Teknologi Persenjataan Cohort 6 yang selalu memberikan semangat serta dukungan kepada penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
9. Para senior Teknologi Persenjataan yang telah memberikan bantuan literatur dan masukan dalam membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan dan teman seperjuangan Unhan cohort XIV.
11. Kedua Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan yang luar biasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Pertahanan RI.
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, serta dukungan bagi penulis hingga selesainya penyusunan tesis ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih kurang sempurna, sehingga dengan kerendahan hati dan niat yang tulus, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan tesis ini. Terakhir, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat terhadap perkembangan bagi ilmu pertahanan khususnya ilmu teknologi persenjataan.

Bogor, Januari 2024

Khoerozadi Faizal Iman

## ABSTRAK

### SIMULASI ENERGETIK DAN ASAP DARI PROPELAN PADAT KOMPOSIT DENGAN VARIASI *BINDER* ENERGETIK DALAM PENGEMBANGAN ROKET RHAN – 122B

KHOEROZADI FAIZAL IMAN

Pengembangan propelan padat di Indonesia saat ini berfokus pada propelan padat komposit dengan karakteristik higroskopis, ramah lingkungan, impuls spesifik tinggi, dan potlife panjang. Meskipun menghadapi kendala seperti keterbatasan bahan baku dan pengetahuan, penelitian di ORPA - BRIN bertujuan menganalisis pengaruh yang dihasilkan oleh jenis *binder* energetik terhadap sifat energetik dan asap dari propelan padat komposit dengan simulasi perangkat *ProPEP*. Saat ini, nilai impuls spesifik propelan ORPA - BRIN mencapai Isp total 220 detik target formulasi mendekati standar internasional 250 detik. Variabel bebas riset variasi tekanan, jenis *binder* dan variasi rasio *hydroxyl terminated polybutadiene* (HTPB) dengan jenis *binder* lain. Variabel terikatnya nilai impuls spesifik dan total gas pembakaran. Metode penelitian menggunakan analisis kuantitatif dari hasil simulasi perangkat lunak *ProPEP* dilakukan plot grafik serta pemodelan matematika dan *pareto front* optimal untuk mencari nilai optimal. Hasil didapat nilai impuls spesifik peningkatan rata – rata sebesar 10 detik serta asap berkurang 0,1135407 Mol dari hasil propelan yang menggunakan HTPB 14,06%. Hasil optimasi didapat pada tekanan 882 Psi jenis binder HTPB/GAP dengan rentang rasio HTPB/GAP 20/80 hingga 0/100. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa terbukti tekanan, jenis binder dan rasio HTPB/jenis binder energetik berpengaruh terhadap sifat energetik dan asap.

Kata Kunci: Impuls Spesifik, *glycidyl azide polymer* (GAP), *polyglycidyl nitrate* (PGN).

## **ABSTRACT**

### **ENERGETIC AND SMOKE SIMULATION OF A COMPOSITE SOLID PROPELLANT WITH AN ENERGETIC BINDER VARIATION IN THE DEVELOPMENT OF THE RHAN - 122B ROCKET**

**KHOEROZADI FAIZAL IMAN**

*Solid propellant development in Indonesia currently focuses on composite solid propellants with hygroscopic, reusable, environmentally friendly, high specific impulse, and long pot life characteristics. Despite facing barriers such as raw material and knowledge constraints, research at ORPA-BRIN aims to analyze the influence produced by the type of energetic binder on the energy and smoke properties of composite solid propellants with the simulation of the ProPEP device. Currently, propellant specific pulse values of ORPA - BRIN reached a total of 220 seconds target formulation close to the international standard of 250 seconds. The independent research variables are pressure variation, binder type, and variation in the ratio of hydroxyl-terminated polybutadiene (HTPB) to other binder types. The dependent variables are specific impulse value and total combustion gas. The research method, using quantitative analysis of the results of simulation software ProPEP, performed plot graphics as well as mathematical modeling and Pareto front optimum to find optimal values. The result obtained a specific impulse value of an average increase of 10 seconds as well as a smoke reduction of 0.1135407 mol from the result of the propellant using HTPB 14.06%. The optimization result was achieved at a pressure of 882 psi for the binder type, HTPP/GAP, with a ratio of 20/80 to 0/100. Based on the results of the research and discussions conducted, it can be concluded that pressure, type of binder, and ratio of HTPB/type of energetic binder influence the energy properties and smoke.*

*Keywords: Specific Impulse, glycidyl azide polymer (GAP), polyglycidyl nitrate (PGN).*

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN TESIS</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xiii
<b>DAFTAR BAGAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Roket Pertahanan Negara .....	6
2.1.2 Propelan Padat Komposit Roket RHan – 122B.....	8
2.1.3 <i>Binder</i> Energetik .....	10
2.1.4 Simulasi Energetik dan Asap .....	12
2.1.5 Algoritma <i>ProPEP</i> .....	14
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu .....	22
2.3 Kerangka Pemikiran.....	33
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	34

3.1	Metode dan Desain Penelitian.....	34
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	37
3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	37
3.4	Instrumen Penelitian .....	38
	3.4.1 Alat Penelitian .....	37
	3.4.2 Bahan Penelitian .....	38
3.5	Teknik Pengolahan Data .....	38
	3.5.1 Uji Sifat Energetik Propelan.....	38
	3.5.2 Uji Asap Propelan.....	38
3.6	Teknik Analisis Data.....	39
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	40
	4.1.1 Hasil Pengolahan Data.....	42
	4.1.2 Validasi Data .....	48
4.2	Pembahasan.....	50
	4.2.1 Hasil Simulasi Energetik dan Asap Propelan.....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>61</b>
5.1	Kesimpulan .....	61
5.2	Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>66</b>
	Lampiran 1. Surat Permohonan Izin Penelitian .....	66
	Lampiran 2. Hasil Simulasi <i>ProPEP</i> .....	67
	Lampiran 3. Hasil Perhitungan Model Matematika .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Roket RHan – 122B .....	8
Gambar 2.2 Tampilan Antarmuka <i>GDL ProPEP</i> .....	15
Gambar 2.3 Tampilan Hasil Simulasi .....	16
Gambar 2.4 Tampilan Hasil Simulasi dalam Kondisi Ruang Bakar .....	17
Gambar 2.5 Tampilan Hasil Simulasi dalam Kondisi Keluar Nosel.....	19
Gambar 2.6 Tampilan Performa Hasil Pembakaran Propelan.....	20
Gambar 4.1 Tampilan Numeris Impuls Spesifik .....	43
Gambar 4.2 Tampilan Konsentrasi Mol Gas Pembakaran dengan HTPB 14,06 %. .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Produk Hasil Konsorsium RHan – 122B.....	8
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu .....	27
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian .....	37
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Propelan .....	41
Tabel 4.2 Validasi Perhitungan dengan HTPB 14,06 % .....	51
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai Fungsi .....	57

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pengaruh Jenis <i>Binder</i> Terhadap Isp .....	43
Grafik 4.2 Tekanan dari Jenis <i>Binder</i> dan Isp .....	44
Grafik 4.3 Pengaruh Jenis <i>Binder</i> Terhadap Total Asap .....	48
Grafik 4.4 Tekanan dari Jenis <i>Binder</i> dan Total Asap .....	48
Grafik 4.5 Pengaruh Rasio Terhadap Nilai Isp dan Total Asap Tekanan 588 Psi.....	54
Grafik 4.6 Pengaruh Rasio Terhadap Nilai Isp dan Total Asap Tekanan 735 Psi.....	55
Grafik 4.7 Pengaruh Rasio Terhadap Nilai Isp dan Total Asap Tekanan 882 Psi.....	55
Grafik 4.8 Optimasi <i>Pareto Front</i> Impuls Spesifik dan Asap .....	59

## DAFTAR BAGAN

Bagan 2.1 Kerangka Pemikiran Penelitian .....	33
Bagan 3.1 Diagram Alir Penelitian Umum .....	34
Bagan 3.2 Diagram Alir Penelitian Khusus .....	35



Kotak Masuk



saya 20 Jan

Selamat Siang Yth. LP2M Universitas Pertahanan...



saya 21 Jan

Selamat Pagi Mohon maaf ada kesalahan mengiri...



Jurnal Unhan 07.24



kepada saya ▾

Dear Bapak Khoerozadi

Terima kasih telah menghubungi kami,

Artikel kami terima, dan artikel tersebut dapat diterbitkan pada jurnal prodi.

Demikian penjelasan dari kami, mohon untuk dapat di pahami,

Terima kasih

### **Editorial Team**

**Jurnal Pertahanan: Media Informasi ttg Kajian & Strategi Pertahanan yang Mengedepankan *Identity, Nationalism & Integrity* (E-ISSN: 2549-9459)**

**Jurnal Pertahanan & Bela Negara (E-ISSN: 2620-7400)**

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pertahanan RI**

Kampus Unhan Salemba

[Jl. Salemba Raya, Jakarta, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10440](#)

...

Balas

Teruskan

