



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

**DESAIN KONSEP SISTEM KESELAMATAN
UNTUK PENYALA AWAL MOTOR ROKET
SEBAGAI PEMICU PEMBAKARAN PROPELAN
PADA ROKET X KALIBER 450MM**

WIDIANTO NUGROHO

NIM. 120200403008

Tesis yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Magister Pertahanan

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN
PRODI TEKNOLOGI PERSENJATAAN**

**BOGOR
2022**

HALAMAN JUDUL



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

**DESAIN KONSEP SISTEM KESELAMATAN
UNTUK PENYALA AWAL MOTOR ROKET
SEBAGAI PEMICU PEMBAKARAN PROPELAN
PADA ROKET X KALIBER 450MM**

WIDIANTO NUGROHO

NIM. 120200403008

Tesis yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Magister Pertahanan

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN
PRODI TEKNOLOGI PERSENJATAAN**

**BOGOR
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama : Widianto Nugroho
NIM : 120200403008
Program Studi : Teknologi Persenjataan
Fakultas : Fakultas Teknologi Pertahanan
Judul Proposal : Desain Konsep Sistem Keselamatan untuk
Tesis : Penyala Awal Motor Roket Sebagai Pemicu
Pembakaran Propelan Pada Roket X Kaliber 450
mm

Pembimbing I



Dr. H. Hendrana Tjahjadi,
S.T., M.Si.

NIDN : 0321077101

Tanggal : 27 Januari 2022

Pembimbing II



Y.H. Yogaswara, S.Si., M.T.,
Ph.D., CIQnR.

Mayor Tek NRP 532003

Tanggal : 27 Januari 2022

Mengetahui,






Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan

Dr. Kasih Prihantoro, S.E., M.M., M.Tr.(Han)
Laksamana Muda TNI

Tanggal : Februari 2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Nama : **Widianto Nugroho**
NIM : **120200403008**
Program Studi : **Teknologi Persenjataan**
Fakultas : **Fakultas Teknologi Pertahanan**
Judul Proposal : **Desain Konsep Sistem Keselamatan untuk**
Tesis : **Penyala Awal Motor Roket Sebagai Pemicu**
Pembakaran Propelan Pada Roket X
Kaliber 450 mm

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Pembimbing I :		27/01/22
	Dr. H. Hendrana Tjahjadi, S.T., M.Si.		
2	Pembimbing II :		27/01/22
	Y.H Yogaswara, S.Si., M.T., Ph.D., CIQnR		
3	Reviewer I :		25/01/22
	Dr. Robertus Heru Triharjanto, MSc.		
4	Reviewer II :		27/01/22
	Kolonel Arh. Dr. Ir. Nur Rachman Supadmana Muda, M.T		
5	Reviewer III :		28/01/22
	Dr. Mas Ayu Elita Hafizah, S.Si., M.Si		

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya atau bagian yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam jenjang apapun disuatu 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 pustaka.

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

Jakarta, 23 Januari 2022



Widiyanto Nugroho

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan tesis dengan judul “Desain Konsep sistem keselamatan penyala awal motor roket sebagai pemicu pembakaran propelan pada roket X kaliber 450 mm” dapat selesai.

Penyusunan tesis ini ditujukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknologi Persenjataan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan.

Penyusunan tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari dukungan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bismillah, terimakasih kepada Allah SWT.
2. Laksdya TNI Dr. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD., CIQnR., CIQaR, selaku Rektor Universitas Pertahanan yang telah memberikan dukungan.
3. Bapak Laksda TNI Dr. Kasih Prihantoro, SE., MM., M.Tr. (HAN) selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan.
4. Sekretaris Program Studi Teknologi Persenjataan, Kolonel Arh Dr. R. Djoko Andreas Navalino, S.I.P., M.AB., yang terus memberikan semangat dan bimbingannya kepada saya selama menjalani pendidikan, baik di dalam kampus maupun ketika penelitian.
5. Bapak Dr. H. Hendrana Tjahjadi, S.T., M.Si, selaku pembimbing satu, yang memberikan arahan dan bimbingan pada penelitian yang saya lakukan.
6. Bapak Y.H Yogaswara, S.Si., M.T., Ph.D., CIQnR, selaku pembimbing dua, yang telah sangat aktif memberikan pandangan, dan masukannya terhadap penelitian yang saya kerjakan.

7. Ibu Evi Lestariana selaku PIC Igniter dan peneliti di Lapan, Bapak Ganjar Nurdiansyah, dan Wicaksono selaku Engineering staff, yang menjadi narasumber dalam penelitian ini.
8. Bapak Dr. Robertus Heru, M.Si, selaku penguji pertama yang telah memberikan pandangan, dan masukannya terhadap penelitian yang saya kerjakan.
9. Bapak Kolonel Arh. Dr. Nur Rachman Supradmana Muda, M,T, selaku penguji kedua, yang telah memberikan pandangan, dan masukannya terhadap penelitian yang saya kerjakan.
10. Ibu Dr. Mas Ayu Elita Hafizah, S.Si., M.Si, selaku penguji ketiga, yang telah memberikan pandangan, dan masukannya terhadap penelitian yang saya kerjakan.
11. Kedua orang tua, kakak dan kakak ipar saya yang selalu memberikan bimbingan dan semangat dalam menghadapi setiap tantangan selama pendidikan.
12. Sivitas akademik Universitas Pertahanan Indonesia, Staff Administrasi Teknologi Persenjataan, yang membantu saya dalam proses administrasi selama pendidikan, terutama pak jones, mba aska, mba sely, mba sinta sebagai staf selama menempuh perkuliahan.
13. Mahasiswa Teknologi Persenjataan, Bapak Riyad, dan Pak zaldi pak zaenal, yang selalu memberikan arahan dan motivasi kesuksesan. Serta riski, mesta, dan bang novi, yang bisa diajak susah dan selalu memberikan motivasi dan semangat selama pendidikan
14. Seluruh mahasiswa Universitas Pertahanan, terutama torik, fajar, raka, dan lajuardi.
15. Teman, sahabat *circle*, dan teman hidup saya diluar universitas pertahanan yang telah meluangkan waktunya untuk *healing*.
16. Semua pihak yang membantu dan tidak dapat saya sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih kurang sempurna oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan tesis ini.

Akhirnya, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat terhadap perkembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi stakeholder terkait dalam upaya pengembangan teknologi dalam bidang pertahanan khususnya terkait dengan sistem persenjataan loitering munition.

Jakarta, 23 Januari 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Widiyanto Nugroho', written in a cursive style.

Widiyanto Nugroho

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain konsep sistem keselamatan untuk penyalah awal, berdasarkan kebutuhan pengguna dan penilaian risiko. Penelitian ini menerapkan desain penelitian *life cycle* dalam *system engineering*. Penelitian dikerjakan bermula dari identifikasi kebutuhan pengguna dan penilaian risiko yang terdapat pada proses pengujian penyalah awal, hingga membuat desain konsep dan desain arsitektur skematik. Hasil penelitian ini, didapatkan desain konsep yang berfokus pada sektor *firing*, sektor *ground station*, dan *sektor testbed room*. Sektor ini diberikan ruang untuk melakukan pembacaan nilai arus, tegangan, resistansi, dan mendeteksi sistem pengkabelan secara otomatis sebelum dan sesudah pengujian. Keunggulan sistem keselamatan yang dirancang, dapat memutuskan distribusi aliran listrik secara otomatis ketika terjadi kesalahan input nilai tegangan dan arus listrik yang didistribusikan, listrik statis sebelum pengujian dan saat *reentry*, dan nilai resistansi pada kabel yang tinggi. Dengan penerapan sistem keselamatan yang dirancang, didapatkan nilai risiko residu dengan total 23 risiko yang ditemukan 18 tingkat risiko “*low*”, dan 5 tingkat risiko “*moderate*”, serta tidak lagi ditemukan tingkat risiko “*High*” pada saat proses pemasangan, pengujian dan peluncuran roket.

Kata kunci : *Desain konsep, Penyalah awal, penilaian risiko*

ABSTRACT

This study aims to design a safety system concept for initial ignition, based on user requirements and risk assessment. This study applies a life cycle research design in systems engineering. The research was carried out starting from identifying user needs and assessing the risks involved in the initial ignition testing process, to making concept designs and schematic architectural designs. The results of this study, obtained a concept design that focuses on the firing sector, the ground station sector, and the testbed room sector. This sector is given space to read current, voltage, resistance values, and detect the wiring system automatically before and after testing. The advantages of the safety system designed, can cut off the distribution of electricity automatically when there is an input error in the value of the distributed voltage and current, static electricity before testing and during reentry, and a high resistance value in the cable. With the implementation of the designed safety system, the residual risk value is obtained with a total of 23 risks found 18 levels of "low" risk, and 5 levels of "moderate" risk, and no longer found "High" risk level during the installation, testing and launch of the rocket.

Keywords: *Concept design, Igniter, risk assessment*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi masalah.....	2
1.3. Batasan masalah.....	3
1.4. Rumusan masalah.....	4
1.5. Tujuan penelitian.....	4
1.6. Manfaat penelitian.....	5
1.6.1. Manfaat teoritis.....	5
1.6.2. Manfaat praktis.....	5
1.7. Sistematika Penulisan.....	
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Landasan Teori.....	7
2.1.1. Kebutuhan Pertahanan Negara.....	7
2.1.2. Teknologi Pertahanan.....	8
2.1.3. <i>System engineering</i>	9
2.1.4. <i>Life Cycle</i>	10
2.1.5. Quality Function Deployment (QFD).....	12
2.1.6. Manajemen Risiko.....	13
2.1.7. Metode Penilaian Risiko (<i>Risk Assesment</i>).....	13

2.1.8.	Roket	20
2.1.9.	Motor roket	21
2.1.10	Proses Pembakaran	22
2.1.11.	Komponen motor roket.....	23
2.1.12.	<i>Squib</i>	26
2.1.13.	Penyala awal (<i>Igniter</i>).....	27
2.1.14.	<i>Combustion Chamber</i>	28
2.1.15.	Propelan	28
2.1.16.	Aturan Umum Keselamatan Operasi Roket.....	30
2.1.17.	Persyaratan Desain Penyala Awal (<i>Igniter</i>).....	30
2.1.18.	Gangguan Pada Penyala Awal (<i>Igniter</i>).....	32
2.1.19.	Contoh Kegagalan Igniter	33
2.2.	Penelitian Terdahulu	36
2.3.	Kerangka Berfikir	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		42
3.1.	Metode dan Desain Penelitian	42
3.1.1.	Metode penelitian.....	42
3.1.2.	Desain penelitian.....	43
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	44
3.2.1.	Tempat Penelitian	44
3.2.2.	Waktu Penelitian.....	45
3.3.	Subjek dan Objek Penelitian	46
3.4.	Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.5.	Instrument Penelitian	47
3.5.1.	Instrument utama	47
3.5.2.	Instrument pendukung penelitian.....	48
3.6.	Pengolahan Data	48
3.7.	Teknik Analisis Data.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1.	Gambaran Umum Objek Penelitian	51
4.2.	Pengumpulan data.....	53

4.3.	Hasil pengolahan data	60
4.3.1.	Kebutuhan Pengguna (<i>User Requirement</i>)	60
4.3.2.	<i>Function Flow Diagram</i>	62
4.3.3.	Function Breakdown Structure (FBS).....	64
4.3.4.	Identifikasi dan Penilaian Risiko	66
4.4.	Hasil Analisis Data	70
4.4.1.	Analisis Function Flow Diagram (FFD).....	70
4.4.2.	Analisis Function Breakdown Structure	72
4.4.3.	Analisis Hasil Identifikasi dan Penilaian Risiko	76
4.5.	Interpretasi Data	80
4.5.1.	<i>Relation Matrix</i> dan Penilaian Risiko	80
4.6.	Pembahasan	83
4.6.1.	Desain Konsep.....	83
4.6.2.	Konsep Arsitektur	93
4.6.3.	<i>Use case</i>	98
4.6.4.	Sistem operasi sebelum dan sesudah penerapan	100
4.6.5.	Perbandingan nilai risiko awal dengan risiko residu	105
4.6.6.	Hirarki pengendalian risiko	109
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	112
5.1.	Kesimpulan	112
5.2.	Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....		115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sistem Life cycle	10
Gambar 2. 2. Tingkat risiko	14
Gambar 2. 3. Analisis Sumber Risiko	17
Gambar 2. 4. Arsitektur motor roket	22
Gambar 2. 5. Roket Cair dan Padat	24
Gambar 2. 6. Squib.....	26
Gambar 2. 7. Formulasi Propelan	28
Gambar 2. 8. Kerangka Berfikir	41
Gambar 3. 1. Sistem Life Cycle	43
Gambar 3. 2. Rincian desain konsep pada sistem engineering	44
Gambar 4. 1. Tingkat Risiko.....	53
Gambar 4. 2. Function Flow Diagram (FFD).....	64
Gambar 4. 3. Function Breakdown Structure (FBS)	65
Gambar 4. 4. Elektrik Squib	74
Gambar 4. 5. Isian penyala awal.....	74
Gambar 4. 6. Casing penyala awal pada roket X.....	75
Gambar 4. 7. Desain konsep sistem keselamatan penyala awal	84
Gambar 4. 8. Catu daya	86
Gambar 4. 9. Alur Grounding.....	90
Gambar 4. 10. Casing penyala awal roket X	91
Gambar 4. 11. Layout sistem pengujian.....	93
Gambar 4. 12. Konsep arsitektur sistem keselamatan pada jenis penyala awal cap motor booster yang digunakan pada roket X kaliber 450mm	95
Gambar 4. 13. Integrasi pengguna dengan sistem penyala awal	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tahapan life cycle	11
Tabel 2. 2. Tingkat risiko	18
Tabel 2. 3. Hirarki pengendalian risiko	19
Tabel 2. 4. Contoh kasus kegagalan roket Y dalam lima pengujian	35
Tabel 2. 5. Penelitian Terdahulu	39
Tabel 3. 1. Jadwal Kegiatan Penelitian	45
Tabel 3. 2. Target Milestones	46
Tabel 4. 1. Contoh kasus kegagalan roket Y dalam 5 pengujian	55
Tabel 4. 2. Poin penilaian risiko dan literature tingkat risiko	59
Tabel 4. 3. List Of Requirement	61
Tabel 4. 4. Instrumen dan fungsi bagian penyala awal	63
Tabel 4. 5. Penilaian risiko kerja terhadap kesehatan manusia	67
Tabel 4. 6. Penilaian risiko terhadap perangkat penyala awal	68
Tabel 4. 7. Tingkat risiko	70
Tabel 4. 8. Relation matrix	81
Tabel 4. 9. Hasil rangkuman penilaian risiko	82
Tabel 4. 10. Karakteristik desain	85
Tabel 4. 11. Kemampuan Hantar Arus (KHA)	88
Tabel 4. 12. Tahapan Proses	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 13. Nilai Risiko Residu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14. Hirarki Pengendalian Risiko	110