



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

RANCANG BANGUN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM* UNTUK *STATIC UNMANNED MARITIME BORDER PATROL* GUNA MENINGKATKAN STABILITAS KEAMANAN MARITIM DALAM RANGKA MENJAGA KEDAULATAN NEGARA

DISERTASI

TAUFIK DWICAHYONO

NIM 220190201019

Disertasi untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
dalam Mendapatkan Gelar Doktor

**KONSENTRASI TEKNOLOGI PERTAHANAN
PROGRAM STUDI ILMU PERTAHANAN
PROGRAM DOKTOR UNIVERSITAS PERTAHANAN RI**

**JAKARTA
2022**



UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA

**RANCANG BANGUN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY*
SYSTEM UNTUK *STATIC UNMANNED MARITIME BORDER PATROL*
GUNA MENINGKATKAN STABILITAS KEAMANAN MARITIM DALAM
RANGKA MENJAGA KEDAULATAN NEGARA**

DISERTASI

TAUFIK DWICAHYONO

NIM 220190201019

Disertasi untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
dalam Mendapatkan Gelar Doktor

**KONSENTRASI TEKNOLOGI PERTAHANAN
PROGRAM STUDI ILMU PERTAHANAN
PROGRAM DOKTOR UNIVERSITAS PERTAHANAN RI
JAKARTA**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TERBUKA DISERTASI

Nama : Taufik Dwicahyono

NIM : 220190201019

Program Studi : Doktor Ilmu Pertahanan/S3

Konsentrasi : Teknologi Pertahanan

Judul Disertasi : **Rancang Bangun *Ferrocement Autonomous Buoy System* Untuk *Static Unmanned Maritime Border Patrol* Guna Meningkatkan Stabilitas Keamanan Maritim Dalam Rangka Menjaga Kedaulatan Negara**

Promotor,



Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD.

Laksamana Madya TNI

Tanggal: 31 Januari 2022

Co-Promotor I,



Ir. Romie Oktovianus. Bura, B.Eng

(Hons), M.RAes., Ph.D.,

CIQnR., CIQaR

Tanggal: 31 Januari 2022

Co-Promotor II,



Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro,

M.Eng., Ph.D

Tanggal: 31 Januari 2022

Mengetahui,

Direktur Program Doktor Universitas Pertahanan Republik Indonesia,


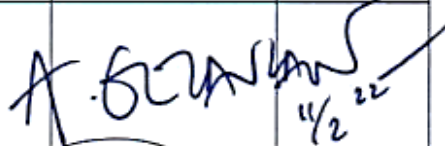

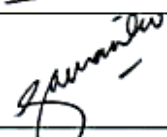

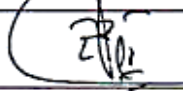

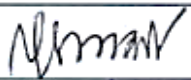

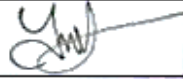
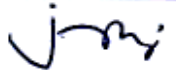


Mayjen TNI Dr. Joni Widjayanto, S.Sos.,

M.M., CIQnR., CIQaR., CIPA

Tanggal: 31 Januari 2022

LEMBAR PENGESAHAN SIDANG TERBUKA DISERTASI

Nama : Taufik Dwicahyono NIM : 220190201019 Program Studi : Doktor Ilmu Pertahanan/S3 Konsentrasi : Teknologi Pertahanan Judul Disertasi : Rancang Bangun <i>Ferrocement Autonomous Buoy System</i> Untuk <i>Static Unmanned Maritime Border Patrol</i> Guna Meningkatkan Stabilitas Keamanan Maritim Dalam Rangka Menjaga Kedaulatan Negara			
No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ketua Sidang/Penguji Internal I Mayjen TNI Dr. Joni Widjayanto, S.Sos., M.M., CIQnR., CIQaR		4/2/22
2.	Promotor: Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD. Laksamana Madya TNI		4/2/22
3.	Co-Promotor I: Ir. Romie Oktovianus. Bura, B.Eng (Hons)., M.RAes., Ph.D., CIQnR., CIQaR.		10/2/22
4.	Co-Promotor II: Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D.		2/2/22
5.	Penguji Internal II: Laksda TNI (Purn) Dr. Ir. Siswo H.S, S.T., M.MT., M.Tr. Opsla., CIQnR., CIQaR., IPU		3/2/22
6.	Penguji Internal III: Prof. Dr. Irdam Ahmad, M.Stat		7/2/22
7.	Penguji Internal IV: Laksda TNI Dr. Drs. Ir. Suyono Thamrin, M.Eng. Sc., CIQnR., CIQaR., IPU., CPHCM		4/2/22
8.	Penguji Internal V: Laksma TNI Dr. Ir. Trismadi, M.Si., IPU		4/2/22
9.	Penguji Eksternal I: Prof. I Ketut Aria Pria Utama		2/2/22
10.	Penguji Eksternal II: Dr. Gunawan, S.T., M.T		4/2/22
11.	Penguji Eksternal III: Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri		2/2/22

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Disertasi 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 Pustaka.

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

Jakarta, 31 Januari 2022



Taufik Dwicahyono

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penyusunan disertasi dengan judul: “Rancang Bangun *Ferrocement Autonomous Buoy System* Untuk *Static Unmanned Maritime Border Patrol* Guna Meningkatkan Stabilitas Keamanan Maritim Dalam Rangka Menjaga Kedaulatan Negara” dapat diselesaikan.

Penyusunan disertasi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Pertahanan, Konsentrasi Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Penyusunan disertasi 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. Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD. Laksamana Madya TNI, selaku Promotor dalam disertasi ini.
2. Ir. Romie Oktovianus Bura, B.Eng (Hons)., M.RAes., Ph.D., CIQnR., CIQaR selaku Co-Promotor I dalam disertasi ini.
3. Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D, selaku Co-Promotor II dalam disertasi ini.
4. Para Reviewer, Penguji, Narasumber, Civitas Akademika Universitas Pertahanan RI, dan semua Mahasiswa S3 Program Doktoral Universitas Pertahanan RI yang selalu membantu dalam penelitian ini.
5. Tim yang terlibat dalam pembangunan FECABS yaitu PT. Wahana Indra Sentosa, PT. 247 Solutions, PT. Trias Beton Perkasa, Badan Klasifikasi Indonesia dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Bapak, ibu, keluarga, dan sahabat-sahabat saya yang senantiasa selalu mendoakan kelancaran dan kesuksesan penelitian ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Peneliti menyadari bahwa disertasi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran konstruktif demi kesempurnaan disertasi ini. Akhirnya, semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi *stakeholder* terkait dalam upaya menjaga kedaulatan negara.

Jakarta, 31 Januari 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Taufik Dwicahyono', is enclosed within a light gray rectangular border.

Taufik Dwicahyono

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM* UNTUK *STATIC UNMANNED MARITIME BORDER PATROL* GUNA MENINGKATKAN STABILITAS KEAMANAN MARITIM DALAM RANGKA MENJAGA KEDAULATAN NEGARA

TAUFIK DWICAHYONO

Indonesia memiliki laut yang luas dengan kekayaan sumber daya laut yang besar. Sebagai negara yang memiliki jalur pelayaran internasional, Indonesia memiliki konsekuensi dalam menjaga keamanan maritim penggunaannya dari berbagai potensi ancaman dan pelanggaran hukum. Dalam rangka menjaga kedaulatan negara Indonesia, masih terdapat gap dalam pengawasan oleh sistem patroli keamanan di wilayah laut Indonesia sehingga masih banyak terjadinya pelanggaran. *Unmanned system* dapat digunakan membantu mengisi gap patroli untuk keamanan dan keselamatan laut. Buoy sebagai wahana dapat dimanfaatkan untuk menjadi *static unmanned system* dengan sumber daya energi listrik terbarukan dan sistem sensor. Penelitian ini bertujuan untuk mendefinisikan komponen-komponen, menyusun prosedur rancang bangun dan membuat *prototype Ferrocement Autonomous Buoy System (FECABS)*. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimen, dilakukan secara terpisah dengan melakukan identifikasi *requirement* dari berbagai narasumber. Melakukan perancangan prototipe dengan kerangka V-Diagram dan model *Dieter and Schimdt*. Pembangunan mengacu UN-FAO untuk *ferrocement boat* dan pengujian *buoy* sesuai standar BKI. Hasil penelitian ini adalah terciptanya *unmanned system* bernama FECABS yang dapat melakukan pengawasan dan monitoring terhadap ancaman baik dari atas dan bawah permukaan laut melalui berbagai komponen sensor seperti radar, ais dan sonar. Hasil pengujian menunjukkan prototipe sesuai dengan perhitungan dan desain *requirement*. FECABS dapat merekam dan mentransmisikan data ke pusat kendali. Dengan demikian FECABS dapat mengisi gap dalam meningkatkan stabilitas keamanan maritim dan menjaga kedaulatan negara di wilayah laut Indonesia salah satunya dimanfaatkan sebagai *virtual gate*, pagar perbatasan di laut. Penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh *stakeholder* pengamanan laut dan menjadi salah satu acuan pengembangan keilmuan Indonesia sebagai poros maritim dunia.

Kata Kunci: *buoy*, *ferrocement*, sistem patroli, keamanan laut dan kedaulatan negara.

ABSTRACT

DESIGN FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM FOR STATIC UNMANNED MARITIME BORDER PATROL TO INCREASE MARITIME SECURITY STABILITY IN MANAGEMENT OF STATE SOVEREIGNTY

TAUFIK DWICAHYONO

Indonesia has a vast marine area with an abundance of marine resources. As a country with international shipping lanes, Indonesia faces the challenge of having to safeguard its seas from various potential threats and violations of law. In terms of its maritime security and maintenance of sovereignty, there are currently still gaps in the patrol system of Indonesia's marine areas, which is why there are still many violations. Unmanned systems can be used to help fill the gap for maritime security and safety. A buoy can be used as a vessel for a static unmanned system, equipped with renewable electrical energy resources and sensor systems. This study aims to define the components, develop the design procedures, and create a prototype of the Ferrocement Autonomous Buoy System (FECABS). The research method used is experimental-quantitative, with each step carried out separately, while also identifying necessary requirements from various sources. The prototype design was created based on the V-Diagram framework and Dieter and Schimdt model. The construction was done in accordance with the UN-FAO standards for ferrocement boat and buoy testing, as well as BKI standards. The result of this research was the creation of an unmanned system called the FECABS, which can conduct surveillance and monitor threats from both above and below the sea surface using various sensor components such as radar, AIS, and sonar. The test results show that the prototype is congruent with its calculations and design requirements. Due to its ability to record and transmit data to a control center, the FECABS can be used as a virtual gate and fill the gap in Indonesia's maritime security system, thus help maintain Indonesia's sovereignty. This research can be used by stakeholders of maritime security, and become a reference for further scientific development in Indonesia as the world's maritime axis.

Keywords: buoy, ferrocement, patrol system, maritime security and state sovereignty.

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TERBUKA DISERTASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG TERBUKA DISERTASI.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xxiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xxviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	22
1.3 Pembatasan Masalah.....	22
1.4 Rumusan Masalah.....	23
1.5 Tujuan Penelitian.....	24
1.6 Manfaat Penelitian.....	25
1.6.1 Manfaat Teoritis.....	25
1.6.2 Manfaat Praktis.....	25
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	26
2.1 Landasan Teori.....	26
2.1.1 Kedaulatan.....	26

2.1.2	Keamanan Maritim	28
2.1.3	Sistem Pertahanan Negara di Laut	31
2.1.4	Rancang Bangun.....	33
2.1.5	<i>Ferrocement</i>	35
2.1.6	<i>Buoyancy Theory</i>	35
2.1.7	<i>Buoy System</i>	36
2.1.8	<i>Unmanned System</i>	40
2.1.9	<i>Maritime Border Patrol</i>	49
2.1.10	Sonar.....	53
2.1.11	Radar	54
2.2	Hasil Penelitian Terdahulu	56
2.3	Kerangka Pemikiran.....	68
2.4	Ide Penelitian	70
2.5	Kebaruan dan Orisinalitas.....	75
2.6	Kerangka Konseptual.....	76
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	79
3.1	Metode dan Desain Penelitian	79
3.1.1	Metode Penelitian.....	79
3.1.2	Desain Penelitian	81
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	84
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	85
3.3.1	<i>Literature Review</i>	85
3.3.2	<i>Focus Group Discussion (FGD)</i>	85
3.3.3	<i>Round Table Discussion (RTD)</i>	86
3.3.4	Dokumen.....	87

3.3.5	Wawancara	87
3.3.6	Observasi	88
3.4	Instrumen Penelitian	89
3.5	Teknik Pengolahan Data.....	89
3.6	Pemeriksaan Keabsahan Data	89
3.7	Teknik Analisis Data	91
3.8	Teknik Perancangan	92
3.8.1	Menggunakan Kerangka V model dalam melakukan rancang bangun FECABS.	93
3.8.2	Model Dieter & Schmidt untuk Tahap Desain Solusi Teknologi dalam V Diagram	95
3.8.3	Model FAO dari <i>United Nation</i> dalam Proses Pembangunan (Pembuatan <i>Ferrocement Boat</i> versi FAO) untuk Tahap Pembangunan <i>Prototype</i>	96
3.8.4	<i>Testing /Validasi</i>	97
BAB 4	DESAIN <i>REQUIREMENT FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM</i>	99
4.1	Gambaran Umum Desain <i>Requirement</i> FECABS.....	99
4.2	Hasil Pengumpulan Data Desain <i>Requirement</i> FECABS....	100
4.2.1	Persyaratan Umum	104
4.2.2	Persyaratan Khusus.....	153
4.3	Hasil Pengolahan Data Desain <i>Requirement</i> FECABS.....	170
4.4	Analisis Desain <i>Requirement</i> FECABS	171
BAB 5	DESAIN <i>FERROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM</i> ..	179
5.1	Gambaran Umum Desain FECABS	179
5.2	Hasil Pengumpulan Data Desain FECABS	181

5.2.1	<i>Conceptual Design</i> FECABS	181
5.3	Hasil Desain FECABS	182
5.3.1	<i>Product architecture</i>	183
5.3.2	<i>Configuration Design</i>	184
5.3.3	<i>Parametric Design</i>	185
5.3.4	<i>Detail Design</i>	192
5.3.5	Desain Sistem Komunikasi Data FECABS	193
5.4	Analisis Desain FECABS	197
BAB 6	PEMBANGUNAN <i>FERRROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM</i>	208
6.1	Gambaran Umum Pembangunan FECABS	208
6.2	Hasil Pengumpulan Data Pembangunan FECABS	208
6.2.1	Material <i>Ferrocement</i>	208
6.3	Hasil Pengolahan Data Pembangunan FECABS	213
6.3.1	Pengujian material <i>Ferrocement</i>	213
6.3.2	Konstruksi FECABS	216
6.3.3	Instalasi kelistrikan FECABS	262
6.3.4	Instalasi instrumen FECABS	264
6.4	Analisis Pembangunan FECABS	280
6.5	Pemanfaatan strategis FECABS guna meningkatkan stabilitas keamanan maritim	285
BAB 7	PENGUJIAN <i>FERRROCEMENT AUTONOMOUS BUOY SYSTEM</i>	289
7.1	Gambaran Umum Pengujian FECABS	289
7.2	Hasil Pengumpulan Data Pengujian FECABS	289

7.2.1 Data Uji <i>Platfrom</i> FECABS.....	289
7.2.2 Data Uji Kelistrikan FECABS	291
7.2.3 Data Uji Sensor FECABS.....	294
7.3 Hasil Pengolahan Data Pengujian FECABS	298
7.3.1 Pengujian platfrom FECABS.....	299
7.3.2 Pengujian kelistrikan FECABS.....	305
7.3.3 Pengujian fungsi sensor FECABS	306
7.4 Analisis Pengujian FECABS.....	309
7.5 Perbandingan Biaya Operasional Kapal Patroli & FECABS	311
7.6 Verifikasi FECABS	315
7.7 Pemanfaatan strategis FECABS dalam rangka menjaga kedaulatan negara	319
7.8 <i>Maintenance</i> FECABS	323
BAB 8 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	326
8.1 Kesimpulan	326
8.2 Rekomendasi	328
DAFTAR PUSTAKA.....	332
DAFTAR LAMPIRAN	351
RIWAYAT HIDUP PENELITI.....	506

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Alur Laut Kepulauan Indonesia.....	4
Gambar 1.2 <i>Wave glider</i>	17
Gambar 1.3 Alternatif <i>Unmanned System</i>	20
Gambar 1.4 Konsep Awal FECABS.....	21
Gambar 2.1 <i>Schematic breakdown of the maritime security threat</i>	31
Gambar 2.2 Trinitas Peran Angkatan Laut.....	32
Gambar 2.3 <i>Autonomous buoy system</i> untuk AUV.....	37
Gambar 2.4 <i>Gateway buoy</i>	37
Gambar 2.5 Konsep <i>Buoy</i> Satuan Operasi TNI AL.....	38
Gambar 2.6 Sensor pada konsep <i>buoy</i> Satuan Operasi TNI AL	39
Gambar 2.7 <i>Applications for USVs</i>	43
Gambar 2.8 AUV, UUV dan ROV untuk MCM	47
Gambar 2.9 Kerangka Pemikiran.....	69
Gambar 2.10 Konseptual Desain FECABS.....	72
Gambar 2.11 Konsep Operasional FECABS	74
Gambar 2.12 Konsep Operasional Multi FECABS.....	75
Gambar 2.13 Seleksi kriteria terhadap faktor yang berpengaruh.....	77
Gambar 3.1 Triangulasi Sumber Data	91
Gambar 3.2 V Diagram.....	94
Gambar 3.3 <i>Waterfall flow</i> dari <i>engineering project</i>	95
Gambar 3.4 <i>Dieter and Schmidt Engineering Design</i>	96
Gambar 3.5 Pembuatan Kapal Ferrocement di Carita, Banten.....	97

Gambar 4.1	Persentase <i>score</i> pernyataan terkait Indonesia menjadi titik rawan masuknya berbagai ancaman di laut, baik dari atas permukaan atau dari bawah laut.....	106
Gambar 4.2	Persentase <i>score</i> pernyataan terkait kapal perang dan patroli untuk menjaga keamanan laut dengan biaya yang tinggi	107
Gambar 4.3	Presentase <i>score</i> terkait pernyataan penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan keamanan	108
Gambar 4.4	Persentase <i>score</i> terkait pernyataan kedaulatan negara di laut secara hukum	112
Gambar 4.5	Persentase <i>score</i> pernyataan terkait pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran.....	117
Gambar 4.6	Persentase <i>score</i> untuk pernyataan terkait pentingnya dalam menjaga keamanan laut yang dilakukan terus menerus melihat manfaat laut yang luar biasa bagi kehidupan manusia	120
Gambar 4.7	Persentase <i>score</i> pernyataan terkait energi terbarukan adalah potensi yang besar di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi wahana dalam melakukan pengamanan di laut.....	127

Gambar 4.8 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang murah dan tepat guna	130
Gambar 4.9 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait semen yang berlimpah dapat dimanfaatkan untuk wahana terapung dengan teknologi tertentu sebagai material alternatif	131
Gambar 4.10 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 2 m di atas permukaan laut di Selat Sunda.....	138
Gambar 4.11 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 4 m di atas permukaan laut di Selat Sunda.....	138
Gambar 4.12 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 6 m diatas permukaan laut di Selat Sunda.....	139
Gambar 4.13 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 8 m di atas permukaan laut di Selat Sunda.....	139
Gambar 4.14 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 8 m di atas permukaan laut di Selat Malaka.....	140
Gambar 4.15 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 6 m di atas permukaan laut di Selat Lombok	140
Gambar 4.16 Pemodelan radar FECABS dengan tinggi 10 m di atas permukaan laut di Selat Makassar.....	141
Gambar 4.17 Pengaruh Berbagai Gaya yang dialami FECABS	142
Gambar 4.18 Ilustrasi <i>single mooring</i> FECABS	143

Gambar 4.19 Ilustrasi FECABS dengan <i>single mooring</i> saat mengalami arus laut yang besar	144
Gambar 4.20 Ilustrasi FECABS dengan <i>single mooring</i> saat mengalami pasang laut yang naik	145
Gambar 4.21 Ilustrasi FECABS dengan <i>single mooring</i> saat mengalami arus laut besar dan pasang laut yang naik	146
Gambar 4.22 Ilustrasi <i>Three Point Mooring</i> FECABS	147
Gambar 4.23 Ilustrasi FECABS dengan <i>three point mooring</i> saat mengalami arus laut yang besar	148
Gambar 4.24 Ilustrasi FECABS dengan <i>three point mooring</i> saat mengalami pasang naik air laut	149
Gambar 4.25 Ilustrasi FECABS dengan <i>three point mooring</i> saat mengalami arus laut besar dan pasang laut yang naik	150
Gambar 4.26 Ilustrasi FECABS dengan <i>three point mooring</i> dalam bentuk 3D	151
Gambar 4.27 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya	152
Gambar 4.28 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait pentingnya operasi penegakan hukum di wilayah maritim dilakukan oleh pejabat yang memiliki otoritas hukum dan untuk mendeteksi kejahatan, menangkap pelanggar dibutuhkan bukti yang	

diperlukan untuk mendukung penuntutan yang dapat dijalankan di semua.....	154
Gambar 4.29 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait pemberlakuan sistem <i>monitoring, control, dan surveillance</i> dalam penegakan hukum di laut merupakan penegakan kedaulatan di laut	156
Gambar 4.30 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait <i>Buoy</i> yang dikenal sebagai alat bantu navigasi bisa dimanfaatkan untuk <i>monitoring dan surveillance</i> dalam <i>static maritime border</i> <i>patrol</i> dengan dilengkapi teknologi sensor seperti radar, sonar, kamera	158
Gambar 4.31 Pernyataan <i>score</i> terkait kemampuan teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis.....	160
Gambar 4.32 Persentase <i>score</i> pernyataan terkait pemanfaatan sistem <i>buoy</i> di laut akan sangat membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus namun sangat rentan terhadap pencurian dan pengrusakan	164
Gambar 4.33 Persentase <i>score</i> pertanyaan terkait pemanfaatan teknologi tanpa awak diharapkan dapat membantu mengisi gap dari kebutuhan alat pengawasan	167
Gambar 5.1 Desain FECABS dengan Model Dieter dan Schimdt.....	180
Gambar 5.2 Product Architecture FECABS	184
Gambar 5.3 Configuration Design FECABS (iterasi 1)	185

Gambar 5.4 Kurva Stabilitas FECABS.....	187
Gambar 5.5 Dimensi FECABS (iterasi 2).....	189
Gambar 5.6 Skema Jalur Listrik pada FECABS.....	192
Gambar 5.7 <i>General Arrangement</i> FECABS (iterasi 3)	193
Gambar 5.8 Konseptual Desain Fusi Sensor & Komunikasi	194
Gambar 5.9 Sistem Komunikasi FECABS	195
Gambar 5.10 Lines Plan FECABS.....	199
Gambar 5.11 <i>Frame Section</i> FECABS	200
Gambar 5.12 Construction Plan FECABS	201
Gambar 5.13 <i>MAST Arrangement</i> FECABS.....	202
Gambar 5.14 Mooring Arrangement FECABS	204
Gambar 5.15 Towing Arrangement FECABS	205
Gambar 6.1 Meja Kerja FECABS.....	217
Gambar 6.2 Multyplay 18 mm untuk moulding FECABS	218
Gambar 6.3 Kayu Kaso 4 x 6 cm	219
Gambar 6.4 Bekisting bawah moulding	220
Gambar 6.5 Pembuatan rangka bagian dalam moulding FECABS.....	221
Gambar 6.6 Proses penutupan rangka moulding FECABS	222
Gambar 6.7 Pelapisan resin pada moulding FECABS.....	223
Gambar 6.8 Proses pembuatan reinforcement FECABS.....	224
Gambar 6.9 Proses pemasangan spacer ceramic dan wire mesh pada FECABS	225
Gambar 6.10 Proses pemasangan komposisi lapisan dinding FECABS	226

Gambar 6.11 Proses penempatan bracket pada FECABS	227
Gambar 6.12 Proses pembuatan bekisting untuk dinding hull FECABS	229
Gambar 6.13 Pasir Jalupang untuk bahan ferrocement.....	232
Gambar 6.14 Proses pencucian pasir Jalupang dengan molen yang digunakan sebagai bahan ferrocement.....	233
Gambar 6.15 Pengarahan sebelum memulai pengecoran pada FECABS	234
Gambar 6.16 Proses pencampuran adukan Ferrocement menggunakan molen.....	235
Gambar 6.17 Proses pengecoran pada dinding FECABS	236
Gambar 6.18 Proses pengecoran pada <i>bottom</i> FECABS.....	237
Gambar 6.19 Proses penghalusan pada seluruh dinding FECABS	238
Gambar 6.20 Proses pelapisan kedap air pada FECABS.....	239
Gambar 6.21 Penguatan mooring bracket, lifting pad FECABS	240
Gambar 6.22 Peralatan pembuatan suprastruktur FECABS.....	242
Gambar 6.23 Material Suprastruktur dan Tiang FECABS.....	244
Gambar 6.24 Proses Pemotongan Aluminium untuk FECABS.....	245
Gambar 6.25 Proses penyambungan bagian suprastruktur FECABS ...	246
Gambar 6.26 Proses penguatan suprastruktur FECABS	247
Gambar 6.27 Proses pembuatan manhole FECABS	248
Gambar 6.28 Proses pembuatan Tiang FECABS.....	249
Gambar 6.29 Perkuatan sambungan antar bagian pada tiang (mast) ...	250
Gambar 6.30 Konstruksi stabilizer antena radar pada FECABS.....	251

Gambar 6.31 Crane 15 Ton	252
Gambar 6.32 Proses Pembalikan Hull FECABS	253
Gambar 6.33 Proses Pembersihan Meja Kerja FECABS	254
Gambar 6.34 Proses Penggabungan Hull dan Suprastruktur FECABS	256
Gambar 6.35 Proses penyempurnaan dinding bagian dalam hull FECABS	256
Gambar 6.36 Proses pemasangan sumber tenaga FECABS	258
Gambar 6.37 Proses pembuatan lantai FECABS	259
Gambar 6.38 Pembuatan Tiang dalam FECABS.....	260
Gambar 6.39 Proses pengecatan FECABS	262
Gambar 6.40 Pancaran radar Garmin pada kapal	265
Gambar 6.41 Opsi pemasangan Radome	266
Gambar 6.42 Port Radome	267
Gambar 6.43 Penguatan sambungan Radome	268
Gambar 6.44 Instalasi Radar pada FECABS	269
Gambar 6.45 Instalasi AIS pada FECABS	273
Gambar 6.46 Pemasangan unit utama radio	274
Gambar 6.47 Pemasangan kabel radio	275
Gambar 6.48 Ilustrasi instrumen cuaca	277
Gambar 6.49 Prosedur Rancang Bangun FECABS.....	284
Gambar 6.50 Konsep pemanfaatan FECABS pada ALKI I	286
Gambar 7.1 Pengujian Fungsi Sonar FECABS	295
Gambar 7.2 Pengujian Fungsi AIS FECABS	296

Gambar 7.3 Pengujian Fungsi Radar FECABS	297
Gambar 7.4 Pengujian Fungsi GPS FECABS	298
Gambar 7.5 Pengujian Berat Melalui Coupon FECABS	300
Gambar 7.6 Pengujian Coupon FECABS	301
Gambar 7.7 Proses pengujian kebocoran air pada FECABS	302
Gambar 7.8 Pengujian Dinamis FECABS	304
Gambar 7.9 Pengujian Kelistrikan FECABS	306
Gambar 7.10 Pengujian Komunikasi Data FECABS	309
Gambar 7.11 Posisi FECABS di Selat Makassar	320
Gambar 7.12 Ilustrasi FECABS sebagai <i>virtual maritime gate</i>	322
Gambar 7.13 Ilustrasi <i>Maintenance</i> FECABS dengan <i>floating dock</i> <i>portable</i>	324

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Relevan Terdahulu	58
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	84
Tabel 4.1 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bila dikatakan negara yang luas seperti Indonesia, dengan banyaknya pulau-pulau dan pantainya yang panjang juga selatnya yang banyak akan menjadi titik rawan masuknya berbagai ancaman di laut, baik dari atas permukaan atau dari bawah laut.....	105
Tabel 4.2 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bahwa Kapal Perang dan Patroli untuk menjaga keamanan laut dalam mengantisipasi ancaman adalah suatu keniscayaan, tetapi dengan biaya yang tinggi	107
Tabel 4.3 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber bahwa penentuan ALKI memberikan konsekuensi pada pengendalian atau pengontrolan untuk keamanan dan keselamatan bagi para penggunanya, baik bangsa Indonesia maupun bangsa lain .	108
Tabel 4.4 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai kedaulatan negara di laut secara hukum yang diartikan memiliki wewenang untuk melakukan penuntutan atas pelanggaran-pelanggaran terhadap ketentuan-ketentuan perundang-undangan umum negara baik di bidang pidana maupun perdata	111

Tabel 4.5 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai narasumber pentingnya pemantauan berkelanjutan untuk melindungi wilayah maritim dari kegiatan pelanggaran seperti perdagangan narkoba, penyelundupan manusia, penyelundupan senjata, penangkapan ikan secara ilegal, penebangan liar, terorisme, bahkan penculikan juga polusi..	116
Tabel 4.6 Jumlah dan Presentase Pendapat Narasumber mengenai pentingnya menjaga keamanan laut yang dilakukan terus menerus melihat manfaat laut yang luar biasa bagi kehidupan manusia.	119
Tabel 4.7 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, arus laut, gelombang adalah potensi yang besar di Indonesia untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang murah dan bersih untuk berbagai wahana dalam melakukan pengamanan di laut	126
Tabel 4.8 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan potensi alam, SDM dan teknologi dalam negeri bisa mendapatkan kemandirian teknologi yang murah dan tepat guna	129
Tabel 4.9 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai sumber daya alam di Indonesia seperti semen yang berlimpah dapat dimanfaatkan untuk wahana terapung dengan teknologi tertentu sebagai material alternatif	131

Tabel 4.10 Simulasi Permodelan Radar FECABS	141
Tabel 4.11 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai mempertahankan kedaulatan dan menghadapi ancaman maritim, negara Indonesia butuh banyak inovasi yang memiliki kekhususan sebagai negara kepulauan dalam rangka menjaga keamanan maritimnya.....	152
Tabel 4.12 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pentingnya operasi penegakan hukum di wilayah maritim dilakukan oleh pejabat yang memiliki otoritas hukum dan untuk mendeteksi kejahatan, menangkap pelanggar dibutuhkan bukti yang diperlukan untuk mendukung penuntutan yang dapat dijalankan di semua	154
Tabel 4.13 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemberlakuan sistem monitoring, control, surveillance dalam penegakan hukum di laut merupakan penegakan kedaulatan di laut	155
Tabel 4.14 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai Buoy yang dikenal sebagai alat bantu navigasi bisa dimanfaatkan untuk monitoring dan surveillance dalam static maritime border patrol dengan dilengkapi teknologi sensor seperti radar, sonar, kamera	158

Tabel 4.15 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai kemampuan teknologi dalam negeri mampu membangun teknologi tanpa awak baik yang bersifat dinamis atau statis.	160
Tabel 4.16 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan sistem buoy di laut akan sangat membantu untuk pengawasan dan monitoring secara terus menerus namun sangat rentan terhadap pencurian dan pengerusakan.....	164
Tabel 4.17 Jumlah dan Persentase Pendapat Narasumber mengenai pemanfaatan teknologi tanpa awak diharapkan dapat membantu mengisi gap dari kebutuhan alat pengawasan yang sangat tinggi dalam meningkatkan keamanan maritim	166
Tabel 4.18 Persyaratan yang dibutuhkan Sistem Teknologi FECABS...	170
Tabel 5.1 Desain Dimensi FECABS.....	186
Tabel 5.2 Perhitungan Stabilitas FECABS	187
Tabel 5.3 Kebutuhan listrik per hari dari FECABS	190
Tabel 5.4 Pasokan sumber daya untuk FECABS per hari	191
Tabel 5.5 Komponen FECABS	206
Tabel 7.1 Kondisi Berat Jenis Baterai Pada suhu 20°C	293
Tabel 7.2 Asumsi Harga Biaya Sistem FECABS	312
Tabel 7.3 Biaya operasi untuk Kapal Patroli Tipe PC Panjang 44,95 M	313
Tabel 7.4 Biaya operasi untuk FECABS	314
Tabel 7.5 Verifikasi FECABS	315

DAFTAR SINGKATAN

ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
AIS	: <i>Automatic Identification System</i>
AL	: Angkatan Laut
ALK	: Alur Laut Kepulauan
ALKI	: Alur Laut Kepulauan Indonesia
ARPA	: <i>Automatic Radar Plotting Aid</i>
AS	: Amerika Serikat
ASCII	: <i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASH	: <i>Autonomous Search and Hydrographic Vehicle</i>
ATHG	: Ancaman, Tantangan, Hambatan, dan Gangguan
AUV	: <i>Autonomous Underwater Vehicle</i>
BAKAMLA	: Badan Keamanan Laut
BKI	: Biro Klasifikasi Indonesia
BPPT	: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
BUMN	: Badan Usaha Milik Negara
BUMS	: Badan Usaha Milik Swasta
CAD	: <i>Computer Aided Design</i>
CBA	: <i>Cost Benefit Analysis</i>
CCTV	: <i>Closed Circuit Television</i>
CIWS	: <i>Close In Weapon System</i>

EBT	: Energi Baru Terbarukan
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Alam
FAO	: <i>Food and Agriculture Organization</i>
FECABS	: <i>Ferrocement Autonomous Buoy System</i>
FGD	: <i>Focus Group Discussion</i>
GNSS	: <i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	: <i>Global Positioning System</i>
GSM	: <i>Global System for Mobile Communications</i>
ICEIC	: <i>International Conference on Electronics, Information and Communication</i>
ICP	: <i>Informal Consultative Process</i>
IMO	: <i>International Maritime Organization</i>
ISM	: <i>International Safety Management</i>
ISPS	: <i>International Ship and Port Facility Security</i>
ITB	: Institut Teknologi Bandung
ITS	: Institut Teknologi Sepuluh November
KEMHAN	: Kementerian Pertahanan
KPIML	: Kantor Pengelolaan Informasi Marabahaya Laut
KPLP	: Kesatuan Penjaga Laut dan Pantai
KRI	: Kapal Republik Indonesia
LIPI	: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
LONW	: <i>Law of Naval Warfare</i>

LOS	: <i>Law of the Sea</i>
MCM	: <i>Mine Counter Measure</i>
MCS	: <i>Monitoring, Control dan Surveillance</i>
MDA	: <i>Maritime Domain Awareness</i>
MEF	: <i>Minimum Essential Force</i>
MMSI	: <i>Maritime Mobile Service Identity</i>
MW	: <i>Mega Watt</i>
NKRI	: <i>Negara Kesatuan Republik Indonesia</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
OMSP	: <i>Operasi Militer Selain Perang</i>
ONR	: <i>Office of Naval Research</i>
OTEC	: <i>Ocean Thermal Energy Conversion</i>
PBB	: <i>Perserikatan Bangsa–Bangsa</i>
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
PEO LMW	: <i>Program Executive Officer for Littoral and Mine Warfare</i>
PNG	: <i>Papua Nugini</i>
Polairud	: <i>Polisi Air dan Udara</i>
R&D	: <i>Reseach & Development</i>
RDBMS	: <i>Relational Database Management Systems</i>
RDTL	: <i>Republik Demokratik Timor Leste</i>
ROV	: <i>Remotely Operated Vehicle</i>

RPJMN	: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
RUDICS	: <i>Router-Based Unrestricted Digital Internetworking Connectivity Solutions</i>
SAIC	: <i>Science Application International Corporation</i>
SAR	: <i>Search And Rescue</i>
SBC	: <i>Single Board Computer</i>
SDA	: Sumber Daya Alam
SDM	: Sumber Daya Manusia
SDST	: <i>Shipboard Deployed Surface Target</i>
SIG	: Sistem Informasi Geografis
Sishankamrata	: Sistem Pertahanan dan Keamanan Rakyat Semesta
SPLN	: Strategi Pertahanan Laut Nusantara
SOLAS	: <i>Safety of Life at Sea</i>
SLOC-SLOT	: <i>Sea Lanes of Communication – Sea Lanes of Trade</i>
SWAT	: <i>Small Weapons Attack Trainer</i>
TCP/IP	: <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TIK	: Teknologi Informasi dan Komunikasi
TNI	: Tentara Nasional Indonesia
UAS	: <i>Unmanned Aerial System</i>
UAV	: <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UHF	: <i>Ultra High Frequency</i>
UHSV	: <i>Unmanned Harbour Surface Vehicle</i>
UI	: Universitas Indonesia

UMV	: <i>Unmanned Maritime Vehicle</i>
UNCLOS	: <i>United Nations Convention on the Law of the Sea</i>
UNCTAD	: <i>United Nations Conference on Trade and Development</i>
UNHAN	: Universitas Pertahanan
USV	: <i>Unmanned Surface Vehicle</i>
UU	: Undang-Undang
UUV	: <i>Unmanned Underwater Vehicle</i>
VHF	: <i>Very High Frequency</i>
ZEE	: Zona Ekonomi Eksklusif