

Evaluasi Desain Kapal Pengawas Perikanan Berbasis *Radar Cross Section* untuk Mengurangi Deteksi Radar di Wilayah Laut Natuna Utara

Muhammad Falivan Ganefiansyah Murdiyantono dan Hesty Anita Kurniawati
Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak—Sebagai negara kepulauan, Indonesia bersengketa dengan negara lain terkait klaim hak berdaulat di Laut Natuna Utara. Maka dari itu, diperlukan strategi pengawasan yang tepat untuk dapat mencegah dan memerangi *illegal fishing* di Laut Natuna Utara agar sumber daya ikan Indonesia dapat dilindungi dan berkelanjutan, serta tegaknya kedaulatan Indonesia. Sejak penemuannya, radar telah sangat memengaruhi semua domain peperangan militer, termasuk peperangan laut. Radar banyak digunakan di platform militer sebagai alat untuk mendeteksi, pelacakan, dan klasifikasi musuh. *Radar cross section* (RCS) adalah ukuran kekuatan reflektif suatu objek, untuk menentukan seberapa dini target dapat dideteksi. Reduksi RCS dari suatu kapal dapat menghambat deteksi radar kapal musuh. Pada desain awal Kapal Pengawas Perikanan tipe C, didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 31 dBsm menggunakan metode numerik. Dilakukan evaluasi terhadap bentuk *deckhouse* untuk mengurangi luasan pantulan radar. Pada tahap evaluasi ini, didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 30.6 dBsm. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap bentuk lambung, bentuk lambung yang digunakan sebelumnya diubah menjadi bentuk *inverted bow* untuk mengurangi pantulan radar di daerah *bow*. Pada evaluasi lambung, didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 30.4 dBsm. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap pelapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) pada *deckhouse*. Material yang digunakan adalah material komposit bernama BAM/PET. Pada evaluasi pelapisan RAM pada *deckhouse* didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 1.9 dBsm. Dilakukan pelapisan RAM pada kapal awal sebelum dilakukan evaluasi *deckhouse* dan lambung, hasil pelapisan RAM pada kapal awal menunjukkan nilai *radar cross section* sebesar 3.7 dBsm. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria *radar cross section* kapal. Sehingga tidak perlu dilakukan evaluasi terhadap bentuk *deckhouse* dan lambung, cukup melakukan pelapisan RAM pada kapal untuk mengurangi nilai *radar cross section* pada kapal. Hasil evaluasi tersebut kemudian digunakan untuk mendesain *Lines Plan*, *General Arrangement*, dan 3D Model.

Kata Kunci—*Radar Cross Section*, Radar, *Radar Absorbing Material*, Kapal Pengawas Perikanan, *Inverted Bow*.

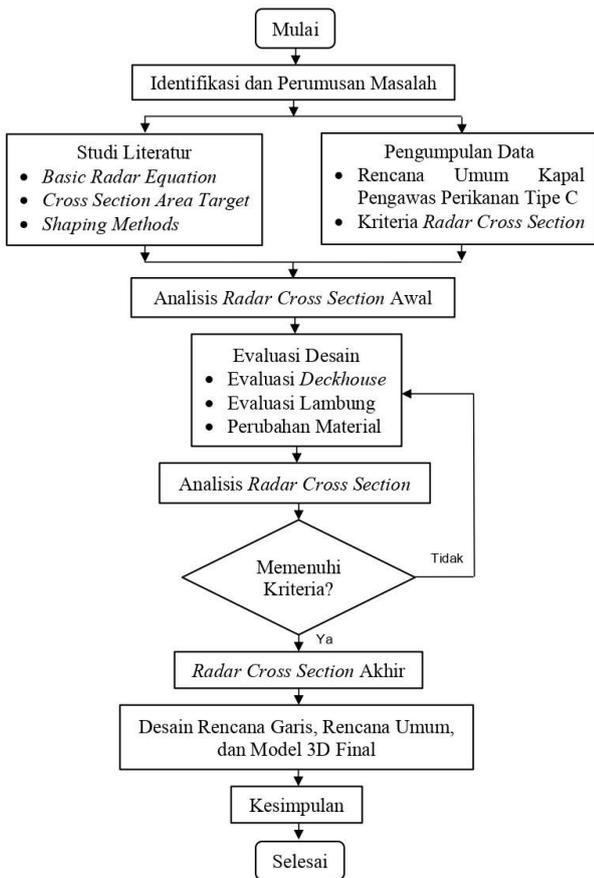
I. PENDAHULUAN

INDONESIA memiliki 92 pulau kecil terluar yang perlu untuk dikelola dan diamankan, 12 pulau diantaranya memiliki kerawanan atau berpotensi untuk menjadi sumber konflik, sehingga eksistensinya perlu dipertahankan karena merupakan wujud dari kedaulatan negara. Konflik di perairan laut Natuna tersebut dipertegas oleh hasil pantauan dan analisis Indonesia Ocean Justice Initiative (IOJI) yang menyebut Indonesia menghadapi dua ancaman serius terhadap keamanan laut Indonesia saat ini. Ancaman tersebut yaitu ancaman *illegal fishing* oleh kapal ikan berbendera Vietnam dan penelitian ilmiah kelautan tanpa izin oleh kapal survei milik Pemerintah Tiongkok di Zona Ekonomi



Gambar 1. Laut Natuna Utara.

Eksklusif (ZEE) Indonesia [1]. Berdasarkan data KKP, kapal pelaku *illegal fishing* yang ditangkap di perairan Laut Natuna Utara secara berturut-turut adalah 38 kapal pada 2016, 75 kapal pada 2017, 50 kapal pada 2018, 27 kapal pada 2019, 24 kapal pada 2020. Dalam kesempatan yang sama, Direktur Pemantauan dan Operasi Armada, Pung Nugroho Saksono menyampaikan bahwa sebanyak lima armada Kapal Pengawas Perikanan telah berada di Laut Natuna Utara. Meskipun pada bulan Februari hingga April 2021 sejumlah kapal ikan asing Vietnam berhasil ditangkap, jumlah kapal yang ditangkap tersebut masih sangat kecil dibandingkan dengan jumlah keseluruhan kapal ikan asing di Laut Natuna Utara yang mencapai seratus kapal dalam satu periode waktu. Di sisi lain, dalam beberapa dekade terakhir ini, perkembangan teknologi anti radar sebagai penunjang pertahanan suatu negara juga semakin meningkat. Teknologi ini pada umumnya diaplikasikan pada kapal dan pesawat, sehingga kapal dan pesawat tidak dapat dideteksi oleh radar musuh. Beberapa inovasi teknologi *geometric optic* dapat digunakan untuk teknik penyamaran bentuk kapal dari pantauan radar. Salah satunya adalah melalui penerapan prediksi nilai *radar cross section* (RCS). Untuk itu, dalam suatu rangkaian kegiatan rancang bangun kapal perlu dilakukan terlebih dahulu kajian evaluasi karakteristik desain bangunan atas kapal melalui penerapan prediksi RCS. Dengan semakin kecil nilai RCS yang dimiliki oleh kapal, maka kapal tersebut akan semakin sulit dideteksi oleh radar [2]. Berdasarkan latar belakang tersebut, dibutuhkan evaluasi desain terhadap kapal pengawas perikanan yang berperan untuk memantau kegiatan ilegal, seperti penangkapan ikan ilegal dan kontrol perbatasan. Kapal pengawas perikanan ini menerapkan teknologi reduksi *radar cross section* (RCS). Reduksi RCS pada kapal pengawas perikanan dapat mengurangi waktu deteksi oleh radar musuh, yang dapat



Gambar 2. Bagan alir pengerjaan.

dimanfaatkan sebagai taktik untuk melakukan serangan kejutan kepada musuh. Dengan adanya kapal pengawas perikanan berbasis *radar cross section* ini, diharapkan dapat mengurangi intrusi oleh kapal asing dengan cara melakukan serangan kejutan kepada kapal asing yang melakukan *illegal fishing* dan intrusi dari kapal berbendera Vietnam dan Tiongkok yang sering terjadi dan telah merugikan para nelayan di wilayah Laut Natuna Utara.

II. URAIAN PENELITIAN

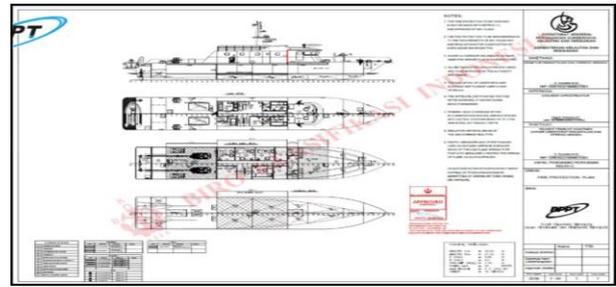
A. Kondisi Terkini Laut Natuna Utara

Sepanjang tahun 2021, ratusan Kapal Ikan Asing (KIA) Vietnam terdeteksi melakukan intrusi di Laut Natuna Utara (LNU), Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia. Deteksi intrusi KIA Vietnam di LNU mengindikasikan masih maraknya pencurian ikan yang terjadi di wilayah tersebut. Intrusi kapal-kapal Tiongkok di ZEE Indonesia juga terjadi secara intensif pada tahun 2021. Ancaman hak berdaulat di wilayah ZEE Indonesia oleh kapal-kapal Tiongkok dilakukan oleh berbagai jenis kapal, meliputi kapal ikan, kapal survei atau kapal riset, kapal China Coast Guard (CCG), dan kapal militer Tiongkok. Hak berdaulat yang dimaksud merupakan hak atas sumber daya perikanan, eksplorasi sumber daya alam non-hayati, dan penelitian ilmiah kelautan.

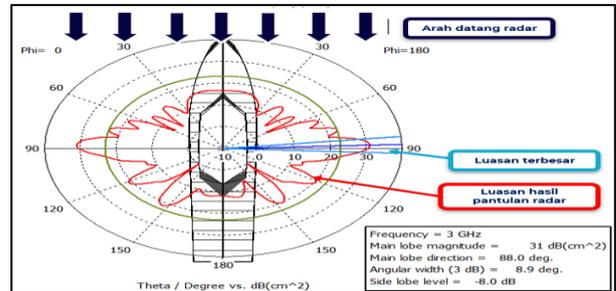
B. Daerah Operasional

Kabupaten Natuna adalah salah satu kabupaten di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Natuna merupakan kepulauan paling utara di selat Karimata.

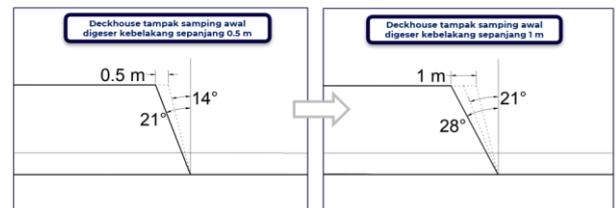
Di sebelah utara, Natuna berbatasan dengan Vietnam dan Kamboja, di selatan berbatasan dengan Sumatra Selatan dan



Gambar 3. Rencana umum kapal pengawas perikanan tipe C.



Gambar 4. Radar cross section awal.



Gambar 5. Proses evaluasi tampak samping *deckhouse*.

Jambi, di bagian barat dengan Singapura, Malaysia, Riau dan di bagian timur dengan Malaysia Timur dan Kalimantan Barat (Gambar 1).

C. Kapal Pengawas Perikanan

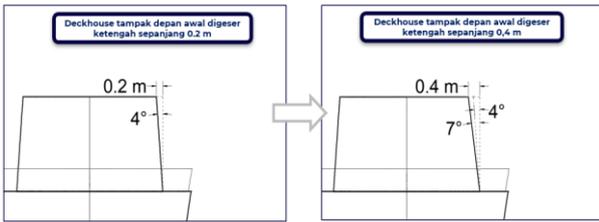
Kapal pengawas perikanan adalah kapal yang digunakan untuk melindungi sumber daya kelautan dan perikanan. Kapal pengawas perikanan merupakan penegak hukum dilaut di bidang perikanan. Kapal pengawas perikanan dapat menghentikan, memeriksa, membawa, dan menahan kapal yang diduga melakukan pelanggaran ke pelabuhan terdekat untuk pemrosesan lebih lanjut. Selain itu, kapal pengawas perikanan juga dapat melakukan tindakan khusus berupa penenggelaman.

D. Radar

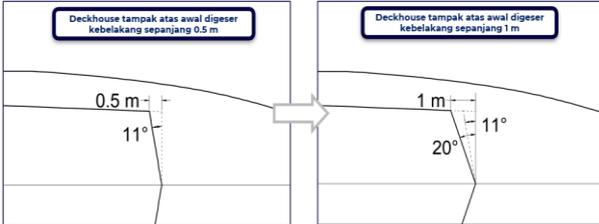
Radar adalah singkatan dari *radio detection and ranging*. Radar merupakan suatu sistem elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, memperkirakan, dan menemukan objek seperti pesawat atau kapal. Radar bekerja dengan menggunakan gelombang radio yang dipantulkan dari permukaan objek [3].

E. Radar Cross Section

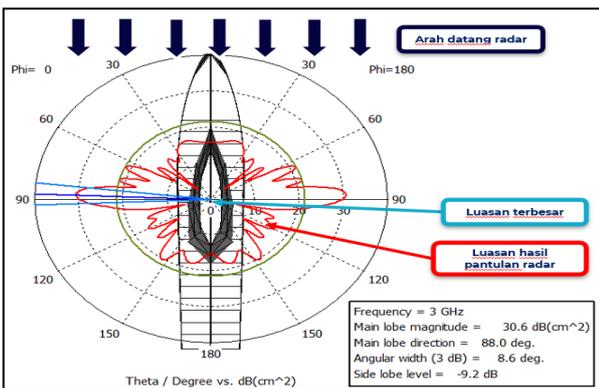
Radar cross section (RCS) adalah ukuran kemampuan suatu objek target untuk memantulkan sinyal radar ke arah penerima radar, sehingga dapat digunakan untuk menentukan seberapa dini target dapat dideteksi. Reduksi RCS merupakan suatu cara pasif untuk mengurangi pendeteksian oleh pihak musuh. Keuntungan dari reduksi RCS adalah mencegah atau menunda deteksi oleh radar musuh, mencegah atau mempersulit klasifikasi target oleh radar musuh senjata



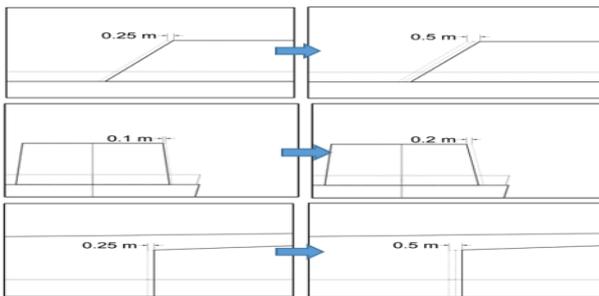
Gambar 6. Proses evaluasi tampak depan *deckhouse*.



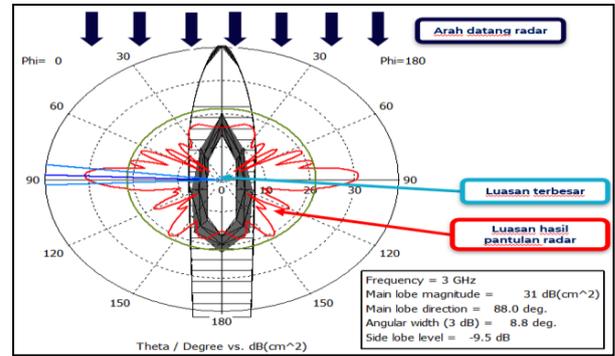
Gambar 7. Proses evaluasi tampak atas *deckhouse*.



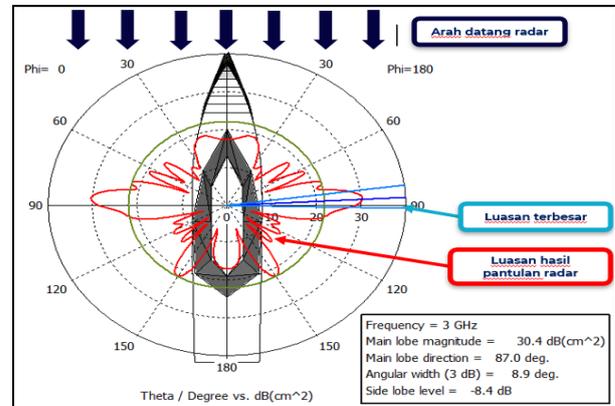
Gambar 8. *Radar cross section* evaluasi *deckhouse*.



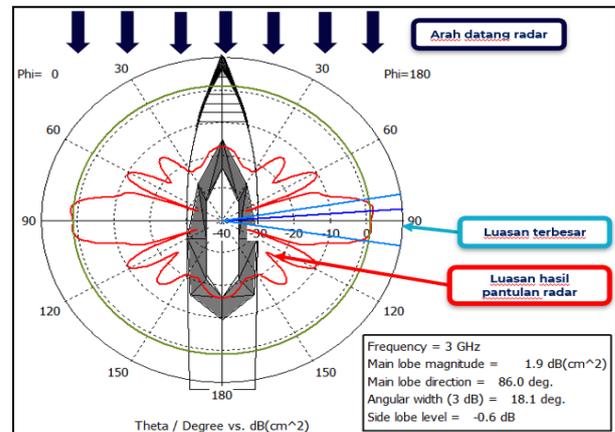
Gambar 9. Evaluasi penambahan volume *deckhouse*.



Gambar 10. *Radar cross section* penambahan volume *deckhouse*.



Gambar 11. *Radar cross section* evaluasi lambung.



Gambar 12. *Radar cross section* pelapisan material BAM/PET.

musuh, mencegah penguncian target oleh radar pencari atau mengurangi jarak penguncian oleh radar tersebut dan meningkatkan kemampuan bertahan suatu kapal [4].

F. Radar Absorbing Material

Material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM) merupakan salah satu jenis material yang dapat digunakan dalam teknologi stealth untuk menyamarkan kendaraan atau struktur dari deteksi radar. RAM terbuat dari bahan resistif dan atau bahan magnetik. Suatu material dapat menyerap gelombang elektromagnetik melalui dua cara, yaitu dengan menyerap medan magnetik oleh material magnetik dan mengubah gelombang yang masuk menjadi energi panas oleh bahan dielektrik. Mekanisme penyerapan RAM terjadi di dalam material magnetik dan material dielektriknya. Ketika gelombang radar/mikro mengenai lapisan RAM, gelombang tersebut akan diserap, ditransmisikan dan direfleksikan [5].

III. METODOLOGI

A. Bagan Alir

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

B. Tahap Pengerjaan

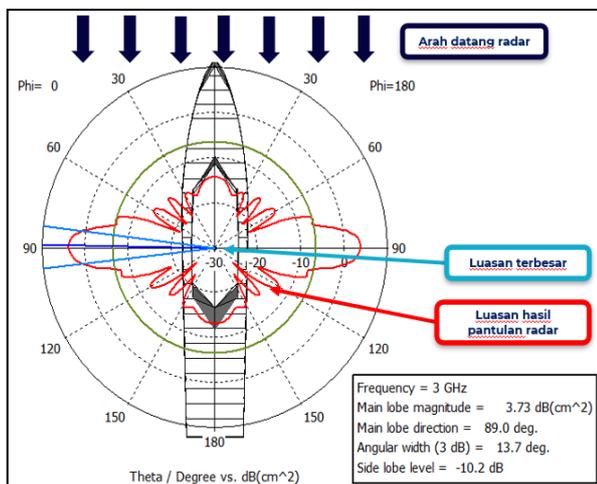
Adapun tahapan-tahapan yang dilalui dalam penelitian ini, yaitu:

1) Tahap Studi Literatur

Pada tahapan ini, akan dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan pada tugas akhir ini.

2) Tahap Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data tugas akhir ini adalah dengan pengumpulan data sekunder yaitu *General Arrangement* Kapal Pengawas Perikanan Tipe C.



Gambar 13. Radar cross section kapal awal dengan pelapisan RAM.



Gambar 14. Desain 3D model kapal pengawas perikanan tipe C.

3) Tahap Analisis Radar cross section

Pada tahap ini, akan dilakukan pengolahan dari data-data yang telah diperoleh dengan melakukan pemeriksaan *radar cross section* dengan metode numerik. Serta melakukan evaluasi terhadap data kapal yang telah didapatkan.

4) Tahap Perencanaan

Pada tahap ini, akan dilakukan pembuatan desain General Arrangement dan model 3D berbasis *radar cross section*.

5) Kesimpulan

Pada tahap terakhir, dirangkum hasil analisis dan evaluasi yang didapat dari pengerjaan Tugas Akhir ini.

IV. ANALISIS TEKNIS

A. Analisis Radar Cross Section Awal

Kapal yang akan dilakukan analisis *radar cross section*-nya merupakan Kapal Pengawas Perikanan tipe C. Kapal pengawas perikanan tipe C adalah kapal pengawas yang memiliki panjang 30 sampai 40 meter. Objek penelitian ini adalah kapal dengan dimensi utama sebagai berikut :

- a. Length O.A. = 32.00 meter
- b. Length W.L. = 27.46 meter
- c. Breadth = 5.85 meter
- d. Height = 3.0 meter
- e. Draught = 1.15 meter
- f. Speed Max. = 24 knots
- g. Main Engine = 2 x 1600 HP
- h. Crew = 15 persons

Berdasarkan rencana umum Kapal Pengawas Perikanan tipe C pada Gambar 3, dilakukan proses pemodelan 3D kapal.

Tabel 1. Nilai RCS Tampak Samping Deckhouse

Pergeseran	Sudut Kemiringan (°)	Nilai RCS (dBsm)
0	14	31
0.5	21	31
1	28	30.9
1.5	34	30.9
2	39	30.9
2.5	43	30.9
3	47	30.9
3.5	51	30.9
4	54	30.9

Tabel 2. Nilai RCS Tampak Depan Deckhouse

Pergeseran	Sudut Kemiringan (°)	Nilai RCS (dBsm)
0	0	31
0.5	4	31
1	7	30.9
1.5	10	30.9
2	13	30.9
2.5	17	30.9
3	19	30.9
3.5	22	30.9
4	25	30.9

Tabel 3. Nilai RCS Tampak Atas Deckhouse

Pergeseran	Sudut Kemiringan (°)	Nilai RCS (dBsm)
0	0	31
0.5	11	31
1	20	30.9
1.5	29	30.9
2	37	31
2.5	43	31
3	48	31
3.5	53	31
4	56	31

Proses analisis *radar cross section* awal pada Kapal Pengawas Perikanan tipe C dilakukan dengan menggunakan frekuensi gelombang radar : 3 GHz (*S-band*) dan arah datang radar ada pada sudut 0 derajat. Didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 31 dBsm.

B. Evaluasi Desain Deckhouse

Proses evaluasi bentuk *deckhouse* dilakukan pada tampak samping, tampak atas, dan tampak depan. Setelah itu, kemudian dilakukan pengecekan terhadap kriteria *radar cross section* yang optimal.

Pada proses evaluasi tampak samping Gambar 4, dilakukan perubahan *deckhouse* kapal dari tampak samping dengan menggeser titik depan menuju ke belakang setiap kelipatan panjang 0.5 m.

Pada proses evaluasi Gambar 5, pergeseran sebesar 0.5 meter menyebabkan sudut kemiringan *deckhouse* pada tampak samping akan berubah dari sebelumnya 14° menjadi 21°. Pada pergeseran kedelapan yaitu 4 meter, didapatkan sudut kemiringan yaitu sebesar 54°. Namun penurunan nilai RCS tidak terlalu signifikan dari 31 dBsm menjadi 30.9 dBsm. Pada sudut 28° sampai dengan 54° nilai *radar cross section* memperlihatkan hasil yang sama, sehingga digunakan sudut kemiringan 28° agar volume *deckhouse* kapal tidak terlalu berkurang saat dilakukan evaluasi (Gambar 6 dan Tabel 1).

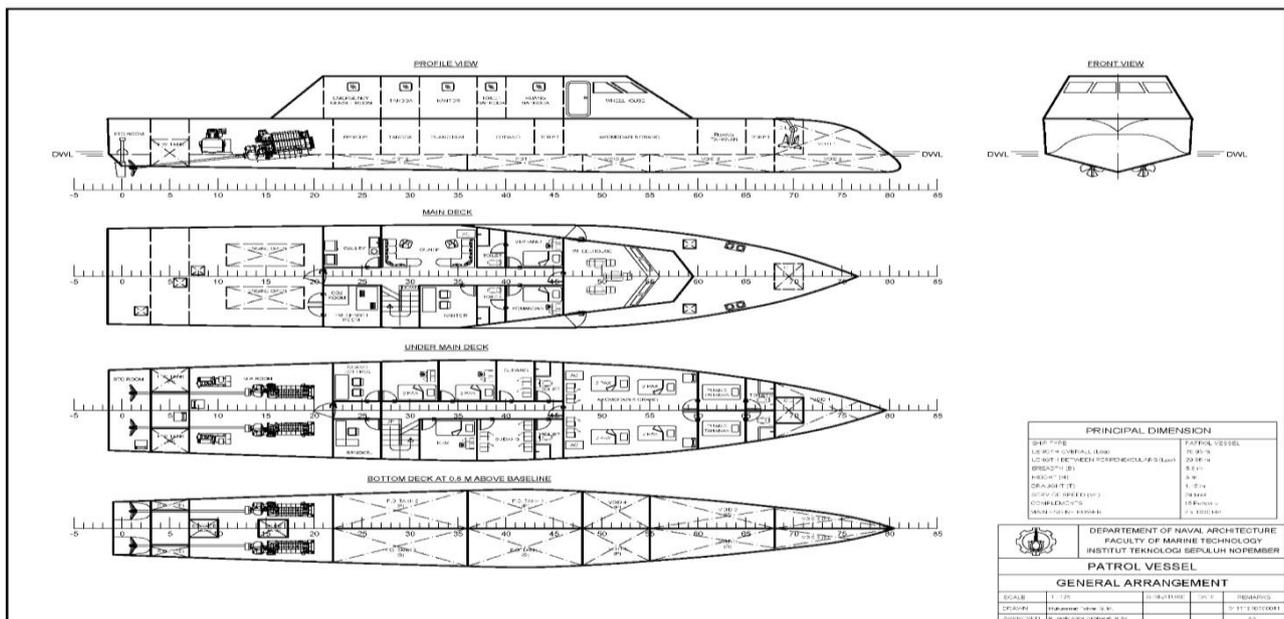
Pada proses evaluasi tampak depan ini, dilakukan perubahan *deckhouse* kapal dari tampak depan dengan

Tabel 4.
Perbandingan Koefisien

Measurement	Initial	Final	Difference
Displacement	77.75 ton	80.91 ton	4.064 %
Volume	75.855 m ³	78.933 m ³	4.058 %
CP	0.759	0.750	-1.239 %
CB	0.402	0.399	-0.746 %
CM	0.569	0.573	0.703 %
CWP	0.841	0.793	-5.707 %
LCB	13.665	13.961	2.166 %
LCG	12.540	12.925	3.070 %

Tabel 5.
Pengecekan Kriteria

Tahap Evaluasi	Nilai RCS (dBsm)	Kriteria 1 RCS<18.1	Kriteria 2 RCS<22.7
Kondisi Awal	31	Ditolak	Ditolak
Evaluasi Deckhouse	30.6	Ditolak	Ditolak
Penambahan Volume	31	Ditolak	Ditolak
Evaluasi Lambung	30.4	Ditolak	Ditolak
Material BAM/PANI	24.2	Ditolak	Ditolak
Material BAM/PPY	18.5	Ditolak	Diterima
Material BAM/PET	1.9	Diterima	Diterima



Gambar 15. Rencana umum (*general arrangement*), dan model 3D.

menggeser titik samping menuju ke *centerline* setiap kelipatan panjang 0.2 m.

Pada proses evaluasi, pergeseran sebesar 0.2 meter menyebabkan sudut kemiringan *deckhouse* pada tampak samping akan berubah dari sebelumnya 0° menjadi 4°. Pada pergeseran kedelapan yaitu 1.6 meter, didapatkan sudut kemiringan yaitu sebesar 25°. Namun penurunan nilai RCS tidak terlalu signifikan dari 31 dBsm menjadi 30.8 dBsm. Pada sudut 25° didapatkan nilai *radar cross section* paling kecil yaitu 30.8 dBsm, sehingga digunakan sudut kemiringan 25° (Tabel 2).

Pada proses evaluasi tampak atas ini, dilakukan pengubahan *deckhouse* kapal dari tampak atas dengan menggeser titik depan menuju ke belakang setiap kelipatan panjang 0.5 m.

Pada proses evaluasi, pergeseran sebesar 0.5 meter menyebabkan sudut kemiringan *deckhouse* pada tampak atas akan berubah dari sebelumnya 0° menjadi 11°. Pada pergeseran kedelapan yaitu 4 meter, didapatkan sudut kemiringan yaitu sebesar 56°. Namun penurunan nilai *radar*

cross section hanya terjadi pada sudut kemiringan 20° dan 30°. Penurunan nilai RCS tidak terlalu signifikan dari 31 dBsm menjadi 30.9 dBsm. Di antara sudut kemiringan 20° dan 29°, dipilih sudut kemiringan 20° agar volume *deckhouse* kapal tidak terlalu berkurang saat dilakukan evaluasi (Gambar 7).

Pada proses evaluasi sebelumnya, didapatkan sudut kemiringan pada tampak samping, atas, dan depan *deckhouse* (Tabel 3). Kemudian dilakukan evaluasi dengan menerapkan ketiga sudut kemiringan tersebut ke *deckhouse* kapal yaitu pada tampak samping, depan, dan atas sekaligus. Didapatkan nilai *radar cross section* hasil evaluasi *deckhouse* yaitu sebesar 30.6 dBsm.

Dilakukan pengecekan nilai *radar cross section* terhadap kriteria minimal *radar cross section* pada kapal. Terdapat dua rumus pendekatan yang digunakan dalam penentuan kriteria. Rumus pendekatan menggunakan *displacement* kapal sebagai acuan dalam memperkirakan nilai *radar cross section* kapal. Semakin besar *displacement* kapal, nilai *radar cross section* kapal juga akan semakin besar [6]. Pada perhitungan

nilai *radar cross section* dengan rumus pendekatan didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 18.165 dBsm. Berdasarkan hasil tersebut, Kapal Pengawas Perikanan tipe C yang sudah dilakukan evaluasi pada bagian *deckhouse* yang mempunyai nilai *radar cross section* sebesar 30.6 dBsm masih belum mencukupi kriteria *radar cross section* yang optimal (Gambar 8).

C. Evaluasi Penambahan Volume Deckhouse

Pada proses evaluasi *deckhouse* Kapal Pengawas Perikanan tipe C didapatkan bahwa semakin besar sudut kemiringan pada *deckhouse* maka semakin kecil volume *deckhouse*. Hal ini akan berdampak pada fungsi kapal itu sendiri. Akan ada banyak ruangan yang akan dihilangkan jika memakai *deckhouse* ini. Oleh karena itu perlu dilakukan penambahan luas *deckhouse* pada hasil evaluasi awal, untuk mengurangi adanya pengurangan volume akibat perubahan sudut pada *deckhouse*.

Proses penambahan volume tampak atas dan tampak samping dilakukan dengan menggeser titik paling belakang *deckhouse* sejauh 0.25 m ke belakang. Proses penambahan volume tampak depan dilakukan dengan menggeser titik paling belakang *deckhouse* sejauh 0.1 m ke arah *centerline*.

Pada proses evaluasi penambahan volume pada *deckhouse*, didapatkan sudut kemiringan pada tampak samping, atas, dan depan *deckhouse* yang optimal.

Kemudian dilakukan evaluasi dengan menerapkan ketiga sudut kemiringan tersebut ke *deckhouse* kapal yaitu pada tampak samping, depan, dan atas sekaligus (Gambar 9). Didapatkan nilai *radar cross section* hasil evaluasi penambahan volume *deckhouse* yaitu sebesar 31 dBsm. Dilakukan perbandingan terhadap RCS desain Kapal Pengawas Perikanan tipe C pada tahap evaluasi *deckhouse* dengan RCS desain Kapal Pengawas Perikanan tipe C yang sudah dilakukan penambahan volume *deckhouse*. Terjadi kenaikan nilai RCS sebesar 0,4 dBsm (Gambar 10).

D. Evaluasi Desain Lambung

Pada proses evaluasi *deckhouse* Kapal Pengawas Perikanan tipe C didapatkan bahwa hasil nilai *radar cross section* masih belum mencukupi kriteria. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi pada bagian lambung kapal untuk mengurangi nilai *radar cross section*. Pemodelan evaluasi lambung berdasarkan model lambung *inverted bow* yang banyak digunakan pada kapal yang memiliki RCS yang kecil. Dengan menggunakan *inverted bow*, maka pantulan luasan RCS akan lebih kecil daripada bentuk bow sebelumnya. Dilakukan analisis *radar cross section* pada hasil evaluasi lambung Kapal Pengawas Perikanan tipe C yang telah dilakukan sebelumnya. Didapatkan nilai *radar cross section* hasil evaluasi lambung berkurang sebesar 0.6 dBsm dari yang mulanya 31 dBsm menjadi 30.4 dBsm.

Setelah dilakukan evaluasi terhadap lambung, dilakukan pengecekan terhadap koefisien hidrostatis hasil evaluasi lambung (Gambar 11). Pada Kapal Pengawas Perikanan tipe C awal mempunyai displacement 77.75 ton dengan nilai CB yaitu 0.402. Pada Kapal Pengawas Perikanan tipe C hasil evaluasi lambung mempunyai displacement 80.91 ton dengan nilai CB sebesar 0.399. Terjadi penambahan displacement sebesar 4.064 % dari displacement awal dikarenakan pemilihan bentuk *inverted bow* yang menambah volume tercelup air luasan di bagian bow kapal untuk mengurangi aea

luasan kapal yang dipantulkan oleh radar (Tabel 4).

E. Pelapisan Radar Absorbing Material pada Deckhouse

Untuk mengurangi nilai RCS, selain dilakukan perubahan bentuk *deckhouse* dan lambung kapal, dapat dilakukan pelapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) pada *deckhouse* kapal. Material yang digunakan harus bersifat *Radar Absorbing* yang berarti dapat menyerap energi dari sinyal radar agar tidak dipantulkan kembali ke radar lawan.

Material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM) terbuat dari dua bahan utama yaitu material dielektrik dan material magnetik. Bahan magnetik yang banyak digunakan yaitu Barium M-heksaferrit (BaM). BaM digunakan karena dapat menyerap gelombang radar, biayanya rendah, suhu curie tinggi dan magnetisasi yang relatif besar. Bahan dielektrik yang banyak digunakan yaitu polimer yang dikonduktifkan. Polimer konduktif digunakan karena memiliki sifat stabilitas termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi. Sifat-sifat ini sangat dibutuhkan untuk efektivitas RAM. Material yang digunakan adalah Polianilin (Pani), Polipirol (Ppy), dan PET.

Dilakukan analisis *radar cross section* menggunakan ketiga material komposit tersebut, untuk mendapatkan material mana yang lebih baik dalam menyerap sinyal radar. Pada penggunaan material Barium M-heksaferrit dan Polianilin (BAM/PANI) didapatkan hasil nilai *radar cross section* sebesar 24.2 dBsm. Terjadi pengurangan dari nilai *radar cross section* hasil evaluasi lambung sebesar 6,2 dBsm. Pada penggunaan material Barium M-heksaferrit dan Polipirol (BAM/PPY) didapatkan hasil nilai *radar cross section* sebesar 18.5 dBsm. Terjadi pengurangan dari nilai *radar cross section* hasil evaluasi lambung sebesar 11.9 dBsm. Pada penggunaan material Barium M-heksaferrit dan PET (BAM/PET) didapatkan hasil nilai *radar cross section* sebesar 1.9 dBsm. Terjadi pengurangan dari nilai *radar cross section* hasil evaluasi lambung sebesar 28.5 dBsm.

Setelah dilakukan proses evaluasi terhadap pelapisan RAM pada *deckhouse* Kapal Pengawas Perikanan tipe C menjadi BAM/PANI, BAM/PPY, dan BAM/PET. Dilakukan perbandingan nilai *radar cross section* dari ketiga material tersebut. Perubahan material menjadi BAM/PET mempunyai nilai *radar cross section* paling kecil yaitu sebesar 1.9 dBsm. Dilakukan pengecekan nilai *radar cross section* untuk pada tahap pelapisan RAM *deckhouse* Kapal Pengawas Perikanan tipe C. Pada penggunaan material BAM/PET nilai *radar cross section* sudah memenuhi kriteria yang diperlukan (Gambar 12).

F. Pengecekan Kriteria RCS

Dilakukan pengecekan terhadap kriteria *radar cross section* untuk setiap tahap evaluasi, yaitu evaluasi bentuk *deckhouse*, evaluasi bentuk lambung, dan evaluasi pelapisan material menggunakan RAM yaitu BAM/PANI, BAM/PPY, dan BAM/PET pada *deckhouse* kapal. Didapatkan pada kriteria rumus pertama, nilai *radar cross section* yang optimal adalah kurang dari 18.1 dBsm. Pada pada kriteria rumus kedua, nilai *radar cross section* yang optimal adalah kurang dari 22.7 dBsm. Pada tahap evaluasi *deckhouse* kapal, nilai *radar cross section* yang dihasilkan yaitu 31 dBsm sehingga masih belum memenuhi kriteria. Pada tahap evaluasi lambung kapal, nilai *radar cross section* yang dihasilkan yaitu 30.4 dBsm sehingga masih belum memenuhi kriteria.

Pada tahap evaluasi perubahan material, penggunaan material BAM/PPY hanya memenuhi kriteria pada rumus kedua. Pada penggunaan material BAM/PET menghasilkan nilai *radar cross section* sebesar 1.9 dBsm yang sudah memenuhi dua kriteria (Tabel 5).

G. Pengecekan RCS Kapal Awal dengan Pelapisan RAM

Pada proses evaluasi, hasil pengurangan nilai *radar cross section* paling optimum yaitu pada pelapisan *radar absorbing material* (RAM) pada kapal. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan nilai *radar cross section* pada kapal awal yang hanya dilakukan pelapisan RAM pada kapal tanpa melakukan evaluasi bentuk *deckhouse* dan lambung (Gambar 13).

H. Desain Rencana Garis

Lines Plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan badan kapal yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *buttock plan* (secara memanjang), dan *half-breadth plan* (dilihat dari atas). *Lines Plan* juga dilengkapi dengan *ordinate of height above baseline* dan *ordinate of half breadth*.

I. Desain Rencana Umum

Rencana umum dibuat berdasarkan *Lines Plan* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *Lines Plan* secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat, sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsi masing-masing. Terdapat 3 deck, yaitu *bottom deck*, *under main deck*, dan *main deck*. Pada *bottom deck*, terdapat *engine room* dan tangki-tangki. Untuk *under main deck*, terdapat *engine room* dan *accomodation room*. Sedangkan pada *main deck*, terdapat *wheelhouse* dan *lounge*.

J. Desain Model 3 Dimensi

Setelah dilakukan pemodelan dari Rencana Umum, selanjutnya dilakukan pembuatan desain model 3 dimensi dari kapal. Proses pembuatan model 3 dimensi dimulai dari lambung kapal kemudian *deckhouse* kapal (Gambar 14).

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut: (1) Berdasarkan analisis, nilai *radar cross section* didapatkan menggunakan metode numerik. Frekuensi radar yang digunakan yaitu frekuensi 3 GHz (*S-band*) dengan sudut

datang radar berada di sudut 0 derajat. Nilai *radar cross section* Kapal Pengawas Perikanan tipe C awal adalah sebesar 31 dBsm. (2) Berdasarkan analisis teknis, dilakukan tiga tahap evaluasi untuk mendapatkan nilai *radar cross section* yang optimal. Tahap evaluasi pertama yaitu melakukan evaluasi terhadap bentuk *deckhouse* didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 30.6 dBsm. Tahap evaluasi kedua yaitu melakukan evaluasi terhadap bentuk lambung. Bentuk lambung diubah menjadi *inverted bow*. Pada evaluasi bentuk lambung didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 30.4 dBsm. Tahap evaluasi ketiga yaitu melakukan evaluasi terhadap pelapisan *Radar Absorbing Material* (RAM) *deckhouse*. Material yang digunakan adalah material komposit bernama BAM/PET. Pada evaluasi pelapisan RAM *deckhouse* didapatkan nilai *radar cross section* sebesar 1.9 dBsm. Namun, setelah dilakukan pelapisan RAM pada kapal awal sebelum dilakukan evaluasi *deckhouse* dan lambung, hasil pelapisan RAM pada kapal awal menunjukkan nilai *radar cross section* sebesar 3.7 dBsm. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria *radar cross section* kapal. Sehingga tidak perlu dilakukan evaluasi terhadap bentuk *deckhouse* dan lambung, cukup melakukan pelapisan RAM pada kapal untuk mengurangi nilai *radar cross section* pada kapal. (3) Desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan model 3D. Masing-masing desain dapat dilihat pada Gambar 15.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Effendi, *Potensi dan Problematika Menjaga Hak Berdaulat Indonesia di Laut Natuna Utara*, 6th ed. Jakarta: Sekretariat Jendral DPR RI, 2021.
- [2] H. Ucar, "Radar cross section reduction," *J. Nav. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 72–87, 2013.
- [3] K. Kim, J.-H. Kim, T.-M. Choi, and D.-S. Cho, "Development of radar cross section analysis system of naval ships," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 20–32, 2012, doi: 10.2478/IJNAOE-2013-0075.
- [4] J. Khan and W. Duan, "Warship Radar Cross Section Determination and Reduction, and Hindrances in Optimizing Radar Cross Section Reduction on Warships," in *Third International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2011)*, 2011, vol. 8009, pp. 467–474. doi: 10.1117/12.896175.
- [5] N. Sasria, "Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan Terhadap Rugi Refleksi pada Barium M-Heksaferrit/Poly(Aniline, Pyrrole, Ethylene Terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar," Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] P. D. L. Williams, H. D. Cramp, and K. Curtis, "Experimental study of the radar cross-section of maritime targets," *IEE J. Electron. Circuits Syst.*, vol. 2, no. 4, pp. 121–136, 1978, doi: 10.1049/ij-ecs.1978.0026.