TINJAUAN TEKNO-EKONOM PERANCANGAN KAPAL IKAN KATAMARAN RAMAH LINGKUNGAN

Pramudya Imawan Santosa, Rizky Stighfarrinata, Auladan Prayoga Dhaneswara

ABSTRAK

Pada operasional sebuah kapal ikan persoalan keselamatan dan lingkungan masih menjadi perhatian yang utama karena berkaitan langsung dengan biaya. Dengan melakukan review secara teknis dan ekonomis diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif kepada para desainer dan investor kapal sehingga membantu mereka dalam mengambil keputusan. Analisa teknis dilakukan dengan melakukan pengujian model kapal selanjutnya hasilnya dikembangkan dengan teori-teori ilmu perkapalan (*Naval Architect Theories*)untuk mendapatkan beberapa konfigurasi kapal ikan yang dirancang. Sedangkan analisa ekonomis menggunakan metode *Accounting Rate of Return* (ARR) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dengan nilai Sensitivitasnya. Sebagai hasil ada delapan (8) konfigurasi kapal ikan yang berbeda dengan nilai sensitivitasnya masing-masing. Sebagai hasil, ada beberapa konfigurasi kapal ikan katamaran yang layak untuk dibangun (*Feasible*) karena memiliki nilai IRR lebih besar daripada ARR dengan durasi titik impas (BEP) lebih kecil dari umur layanan (*service life*) nya.

Kata-kata kunci: kapal ikan katamaran, analisa teknis, analisa ekonomis, sensitivitas.

PENDAHULUAN

Saat ini kapal ikan masih sangat dibutuhkan karena mempunyai fungsi menangkap ikan dari laut dan hasil tangkapannya akan menyuplai kebutuhan pangan sehari-hari bagi bermilyard-milyad manusia di dunia ini. Kondisi tersebut yang memaksa kapal ikan harus beroperasi setiap hari walaupun pada cuaca buruk sehingga kondisi kapal dituntut harus benar-benar aman. Operasional kapal ikan selalu berkaitan dengan keselamatan, ekonomi dan lingkungan.

Persoalan hambatan total, pemakaian bbm, stabilitas kapal, *seakeeping* dan tingkat polusi yang dihasilkan masih menjadi perhatian yang sangat penting.

Hal yang paling esensial pada persoalan ekonomi adalah kuatnya tekanan pemilik (investor) kapal memaksa perancang untuk menciptakan kapal yang lebih efisien sehingga penggunaan tenaga penggerak kapal dapat diminimalisir dengan jalan menciptakan desain lambung dan sistem propulsi yang lebih efisien serta aktivitas operasional kapal. Lambung katamaran (lambung ganda) diciptakan untuk mengantisipasi kelemahan lambung tunggal, terutama dalam persoalan hambatan total, stabilitas dan seakeeping kapal.

Kajian dengan tema : "Tinjauan Tekno-Ekonom Perancangan Kapal Ikan Katamaran Ramah Lingkungan", masih sangat relevan dengan persoalan diatas. Gagasan yang dikembangkan adalah rancang bangun konsep kapal ikan masa depan yang efisienr, ramah lingkungan dengan performa yang baik.

Kajian ini fokus pada rancang bangun kapal ikan katamaran dengan penggerak hybrid (kombinasi mesin, layar, panel surya). Analisa teknis dan ekonomis diharapkan dapat membantu dalam menciptakan efisiensi dengan hasil yang optimal.

METODE

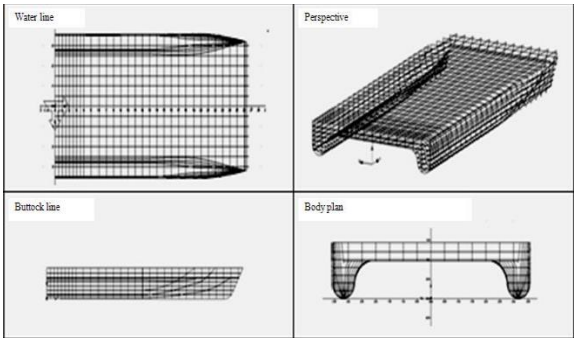
Pengujian (Eksperimen)

1. Dimensi Kapal

Tabel 1. Dimensi kapal

Notasi	*Catamaran hull*	*Demi hull*
L(m)	14,5	14,5
B(m)	7,655	1,855
D(m)	0,65	0,65
C_B	0,382	0,382
Displ(ton)	11,8	5,9

2. Rencana garis



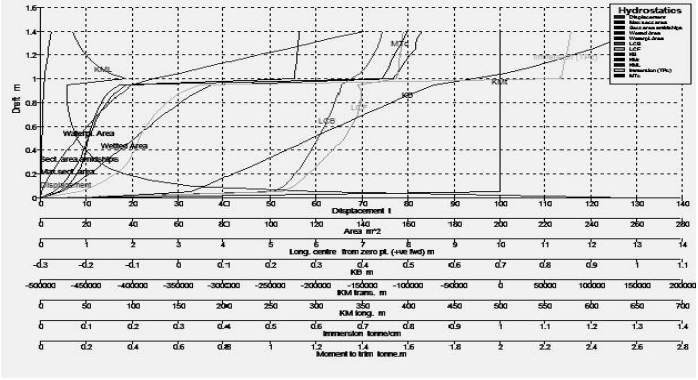
Gambar 1. Rencana garis

Model lambung katamaran yang dipergunakan pada pengujian hambatan kapal di kolam uji dibuat

berdasarkan Rencana Garis yang merupakan representasi dari kondisi kapal sebenarnya.

3. Hydrostatic diagram

Hydrostatic adalah diagram yang dipergunakan untuk mengetahui karakteristik kapal dimana datanya diambil dari ordinat rencana garis kapal.



Gambar 2. Hydrostatic Diagram

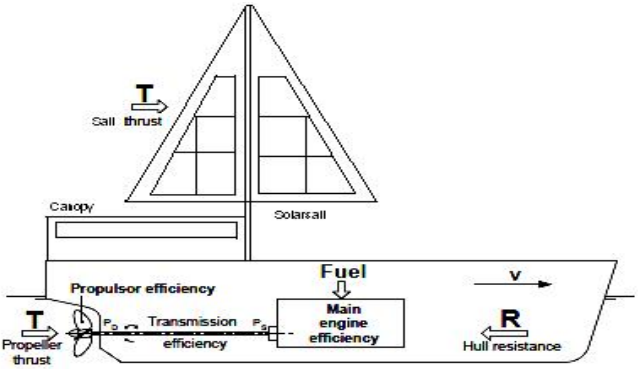
4. Pengujian Hambatan Kapal



Gambar 3. Pengujian Hambatan Model Lambung katamaran

DASAR TEORI EKSPLORASI DATA

1. Gerakan Kapal



Gambar 4. Konfigurasi Kapal Hybrid

Gambar 4. memperlihatkan Konfigurasi Kapal Hybrid dimana gaya dorong (*T*) dihasilkan dari satu atau beberapa sumber penggerak

(misal: mesin, panel surya, layar) secara bergantian atau bersama-sama. Kapal dapat bergerak karena ada gaya dorong (*Thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (R_T) dengan kecepatan tertentu.

$$T \geq R_T \text{ atau } T - R_T \geq 0 \quad (1)$$

2. Hambatan Kapal

$$R_T = \tfrac{1}{2}\ \rho\ C_T\ (WSA) V^2 \quad (2)$$

dimana: massa jenis air laut (ρ), Koefisien hambatan kapal (C_T), Luas permukaan basah (*WSA)*, dan Kecepatan kapal *(V)*.

3. Gaya Dorong

$$\text{Gaya Dorong } (T) = R_T/(1-t) \quad (3)$$

$$t = k_R \,.\, wt \quad (4)$$

$$wt = (-0{,}0458) + 0.3745C^2 + 0{,}1590D_w - 0{,}8635 \,.\, Fr + 1{,}4773 \,.\, Fr^2 \quad (5)$$

$$D_w = \frac{B}{\nabla^{1/3}} \sqrt{\frac{\nabla^{1/3}}{D}} \quad (6)$$

dimana: *Thrust Deduction Factor t* untuk *single screw,* k_R adalah 0.5 untuk thin rudder.

Syarat kapal dapat bergerak, ketika gaya dorong (*T*) yang dihasilkan oleh baling-baling atau layar mempunyai nilai lebih besar dari Hambatan kapalnya (pers.7, 8, 9).

$$T\ propeller + T\ sail \geq R_T \quad (7)$$

$$T\ propeller = K_T.\rho.n^2.D^4 \quad (8)$$

$$T\ sail = ½.\rho\ £.As.Vw^2 \quad (9)$$

dimana: Koefisien thrust (K_T), density air laut (ρ), rpm baling-baling (n), diameter baling-balng (D), Air mass density (ρ) = γ/g, Weight per unit volume (γ)=1.2265 t/m^3, g= 9.81ms^{-2}, £ = koefisien tekanan angin. (1.1), v_w= kecepatan angin.

4. Persyaratan kelengkapan kapal ikan

a. Volume ruang muat, FAO (1980):

$$\text{Methode Cubic number (CUNO)} = (L\ .\ B\ .\ H) \quad (10)$$

$$\text{Vol ruang muat} = \text{CUNO}\ .\ 0{,}14 + 10\% \quad (11)$$

b. Kru kapal menurut Pinkster dan Lamb, (2004):

$$\text{Crew} = 1.9925\ .\ (\text{Vol ruang muat})^{0.3639} \quad (12)$$

c. Waktu operasional, menurut Pinkster (2004):
Kapal ikan L: 10 – 50 m durasi operasi 1- 5 hari

d. Berat kapal kosong (LWT)

$$\text{LWT kapal katamaran} = 0.7 \times \text{Displasemen} \quad (13)$$

Komponen LWT:

- Berat konstruksi:

$$Wh = 0.614\ .\ \text{LWT} \quad (14)$$

- Berat peralatan dan perlengkapan, menurut Pinkster (2004):

$$W_{SE} = 8.8\%\ .\ \text{LWT} \quad (15)$$
$$W_{FPE} = 6.7\%\ .\ \text{LWT} \quad (16)$$
$$W_{FE} = 4.1\%\ .\ \text{LWT} \quad (17)$$

e. Bobot mati atau Dead Weight (DWT)

Komponen:

- Consumable
  Kebutuhan bahan bakar

$$Wfc = 10 \text{ ltr/h atau } 0.23 \text{ kg/HP/h} \quad (18)$$

Kebutuhan air tawar

Menurut KSNA Japan (1990) adalah 50 kg/person/day (19)

Berat crew dan provisions menurut KSNA Japan 1990

$$W \text{ crew} = 120 \text{ kg/person} \quad (20)$$

- Muatan bersih hasil tangkapan
  Muatan bersih = Displasemen – LWT – Konsumabel (21)

f. Tonnage

- Gross Tonnage (GT)
  Menurut Dirjen Hubla No. PY.6711116-02, (1975):

$$GT = 0.25 \times V \quad (22)$$

Menurut ITC 1969:

$$GT = (0{,}2 + 0{,}02 \log V)V \quad (23)$$

dimana : V adalah jumlah ruangan di bawah geladak utama di+ ruangandi atas geladak yang tertutup sempurna tidak kurang dari 1 m^3 atau dengan kata lain V adalah volume ruangan tertutup di kapal

- Nett Tonnage

$$NT = K_2 V_c [4d/3D]^2 + K_3[N_1 + N_2/10] \quad (24)$$

dimana: K_2 = 0,2 + 0,02 log V, V_c = Vol. Ruag muat, K_3 =1,25[1 + GT/10000],
N_1, N_2 = crew < 13 berarti mempunyai harga = 0

5. Sistem Penggerak Kapal

a. Mesin kapal

$$PE = R_T \cdot V_s \quad (25)$$

$$PD = PE/ \eta D \quad (26)$$

$$\eta D = \eta P. \eta H. \eta R \quad (27)$$

$$Ps = PD/ \eta T \quad (28)$$

$$PI = Ps + \text{Margin} \quad (29)$$

dimana: Effective power (*PE*), Delivered power (*PD*), Quasi propulsive coefficient (*ηD*), Service power (Ps), Installed power (*PI*), harga ηT 0.98 dengan gearbox, 0.95 tanpa gearbox, Margins (*roughness, fouling, weather*) 15 – 20% tergantung rute pelayaran.

b. Panel Surya (Photo Voltaic)

$$(P) = V \cdot I \quad (30)$$

$$(Pmax) = Voc \cdot Isc \cdot FF \quad (31)$$

$$(FF) = \frac{V_{mp} \, x \, I_{mp}}{V_{oc} \, x \, I_{sc}} \quad (32)$$

$$(Pwp) = \text{PV area} \cdot PSI \cdot \eta pv \quad (33)$$

dimana: Voltase (V), Arus listrik (I), Luas panel surya (PV area), Faktor pengisian arus listrik (*FF*), Power requirement *(P),* Power aximm *(Pmax),* Power watt peak *(Pwp)*

c. Layar

Hubungan hambatan kapal dengan gaya dorong kapal:

$$T = \frac{R}{1-t} \tag{34}$$

dimana : Gaya dorong T (kg), Hambatan kapal R (lbs)

Tekanan angin pada layar akan mempunyai nilai yang sama dengan gaya dorong yang melawan hambatan kapal.

Gaya lawan adalah gaya angin pada layar.

Sedangkan hambatan kapal dipakai menentukan luas layar minimum.untuk mencapai kecepatan yang direncanakan. Luas layar dicari dari gaya minimum yang melawan hambatan kapal. Estimasi performa kapal layar perlu prediksi gaya yang dihasilkan layar.

$$\text{Gaya dorong Layar } (T_L) = q \,.\, As \tag{35}$$

dimana: q adalah Dynamic wind pressure = ½ . ρ . £ . v_w^2 (ton/m^2), As = luas layar.

Sail ratio (SR) adalah perbandingan As (luas layar) dengan WSA (permukaan basah) dan hampir secara keseluruhan kapal layar mempunyai harga SR antara 2.0 and 2.5.

d. Sistem Penggerak Kombinasi

Berdasarkan Teori Kombinasi: Pengaturan elemen-elemen himpunan dengan *n* elemen dan banyaknya kombinasi yang berukuran *r* dengan notasi $C(n,r)$, ${}_nC_r$, ${}^nC_r$.

$$C(n,r) = {}_nC_r = {}^nC_r = \frac{n!}{r!(n-r)!} \tag{36}$$

dimana : $n!$ (n faktorial) = $n \times (n\text{-}1) \times (n\text{-}2) \times \ldots \times 1$ dan $0! = 1$

Tabel 2. Probability kombinasi penggerak

Konf. no.	Kombinasi : $^{1}C_{3}$				
	Penggerak	Mesin (kW)	Panel (kW)	Layar (m^2)	Gaya dorong (T)
1	Mesin	Ø	-	-	propeller
2	Panel	-	Ø	-	propeller
3	Layar	-	-	Ø	layar
	Kombinasi : $^{2}C_{3}$				
4	Mesin - Panel	Ø	Ø	-	propeller
5	Panel - Layar	-	Ø	Ø	propeller-layar
6	Mesin - Layar	Ø	-	Ø	propeller-layar
	Kombinasi : $^{3}C_{3}$				
7	Mesin -Panel-Layar	Ø	Ø	Ø	propeller-layar

Tabel 2 memperlihatkan hasil probability kombinasi penggerak yang bekerja ketika kapal beroperasi.

6. Karakteristik Gerakan (Seakeeping)

Response Amplitude Operators (RAO) merupakan hasil pengukuran dalam pengujian *seakeeping* untuk gerakan *heave* dan *pitch*.

$$RAO_w = \frac{\chi}{\zeta_a} \tag{37}$$

dimana: ω adalah frekuensi gelombang, χ respons gerakan kapal, dan ς_a ketinggian amplitudo gelombang.

7. Kuantifikasi Polusi Udara

a. Menurut Korol dan Lattore

$$EI = Ki \,.\, SFR \,.\, Kw \,.\lambda.\, T \,. \tag{38}$$

Dimana: Emisi/ton bbm *Ki* (Kg/Ton fuel), *Specific Fuel*

Consumption Rate SFR (gm/kW.hr), Daya mesin (Kw), Waktu operasi mesin T (hr), Konversi CO_2 λ (ton CO_2/Kg).

b. Menurut regulasi IMO

$$\text{EEDI} = \frac{P.SFC.Cf}{C.V} \quad (39)$$

Dimana: Daya mesin P (Kw), Specific Fuel Consumption *sfc* (gm/kW.hr), = Konversi CO_2 C_F (ton CO_2/Kg), Kapasitas kapal C (GT), Kecepatan kapal *V* (knots).

8. Accounting Rate of Return (ARR)

Suatu metode ekonomi yang menggunakan teknik akuntansi dan penganggaran normal untuk mengukur laba yang dihasilkan dari investasi baru. ARR merupakan rasio persentase laba tahunan (*Net Profit*) terhadap biaya investasi.

$$Profit = Revenue - Cost \quad (40)$$

9. Internal Rate of Return (IRR)

Suatu metode ekonomi yang dipergunakan untuk menghitung nilai pendapatan positif dengan berdasarkan pada aliran kas (*cash flow*) dan pengeluaran yang dianggap sebagai item negatif dengan mempertimbangkan tingkat suku bunga sehingga mendapatkan jumlah aljabar nilai diskon adalah nol.

Metode IRR ini lebih rumit daripada ARR dan karena itu mungkin berguna untuk menjelaskan secara singkat komponen-komponennya, beberapa di antaranya adalah sbb:

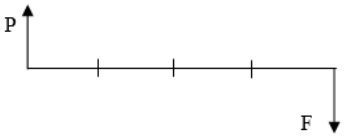
a. Perkiraan umur layanan (*Estimated service life*)

Untuk menghitung pendapatan masa depan dan biaya investasi, orang perlu tahu berapa lama itu akan berlangsung. Dalam kasus kapal penangkap ikan, orang mungkin akan mendapatkan ide yang cukup bagus dari perkiraan kehidupan dengan kapal-kapal yang memiliki karakter serupa. Namun, salah satu yang harus diperhatikan adalah kondisi spesifik tertentu yang dihadapi

investasi kapal. Misalnya, kesempatan untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan yang tidak memadai cenderung akan mengurangi umur layanan.

b. Aliran kas investasi (*Investment cash flow*)

Pengeluaran dan pendapatan yang merupakan unit yang dapat diukur dan yang terkait dengan investasi tertentu dapat diilustrasikan dalam desain aliran kas seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Perlu dicatat bahwa 'aliran kas bersih tahunan' lebih besar daripada 'laba bersih' dengan nilai perbedaannya dibuat oleh 'depresiasi' yang, meskipun merupakan biaya dalam arti pembukuan, akan tetapi tidak mewakili kas tahunan pengeluaran (pembayaran kapal sudah diperhitungkan pada tahun 0).



Gambar 5. Diagram aliran kas

c. Konsep nilai sekarang (*Present value concept*)

Menurut metode ARR, waktu tidak memiliki nilai uang, yaitu, satu dolar yang diperoleh pada tahun 1 sama dengan satu dolar pada tahun ke n. Sedangkan menurut metode IRR yang didasarkan pada konsep nilai sekarang, satu dolar beberapa waktu di masa depan bernilai kurang dari satu dolar hari ini (dihitung menggunakan pers. 25, 26 dan 27). Alasan dasar yang mendasari konsep nilai sekarang adalah bahwa uang memiliki kapasitas penghasilan. Kapasitas penghasilan bervariasi sesuai dengan bagaimana uang itu digunakan. Uang dapat didepositokan ke bank, dipinjamkan, digunakan untuk membeli saham, dll.

$$\text{Present Value Factor} = (1+i)^N \qquad (26)$$

$$F/P = (1+i)^N \quad (27)$$

$$F= P(F/P, i\%, N) \quad (28)$$

Dimana: F (nilai masa depan), P (nilai sekarang), i (interest), N (waktu)

d. Tingkat bunga yang sesuai (*Appropriate rate of interest*)
Untuk menghitung nilai sekarang dari uang yang akan diterima di masa depan, perlu untuk menentukan tingkat bunga yang sesuai (ARI). Nilai ARI tidak boleh lebih rendah dari bunga yang harus dibayar untuk pinjaman. Jika investor berencana untuk menggunakan modalnya sendiri, ARI tidak boleh lebih rendah dari apa yang uangnya dapat hasilkan dalam penggunaan alternatif (biaya peluang) dengan risiko yang sama.

e. Diskonto arus kas masa depan (*Discounting of future cash flows*)
Prosedur yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari jumlah uang masa depan disebut diskonto.

f. Dasar Perhitungan IRR (*Calculation of IRR*)
IRR dihitung dari aliran kas bersih, pengeluaran dianggap sebagai item negatif dan pendapatan dianggap sebagai item positif. Ada beberapa tingkat bunga yang unik di mana jumlah aljabar nilai diskon adalah nol, dan inilah yang dijadikan sebagi dasar perhitungan IRR yang dipergunakan untuk menentukan tingkat waktu pengembalian yang tepat.

10. Pengambilan Keputusan (Decission Making)
Dilakukan dengan membandingkan nilai ARR da IRR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

1. Hasil pengujian hambatan kapal

Tabel 3. Hasil eksperimen

Uji No.	V (kts)	Fr	Hambatan kapal (kN)			Uji No.	V (kts)	Fr	Hambatan kapal (kN)		
			S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4				S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4
1	5,788	0,250	1,821	1,659	1,659	6	8.032	0.347	4.467	3.954	3.766
2	6,218	0,268	2,141	1,851	2,061	7	8.384	0.362	4.844	4.345	4.341
3	6,677	0,288	2,443	2,239	2,348	8	8.818	0.380	5.149	4.790	4.662
4	7,051	0,304	2,852	2,678	2,947	9	9.233	0.398	5.807	5.592	5.515
5	7,560	0,326	3,460	3,568	3,547	10	9.813	0.423	7.101	6.448	6.138

Tabel 3 memperlihatkan hasil pengujian hambatan kapal di kolam uji, Data ini akan dieksplore untuk mengembangkan rancang bangun kapal ikan katamaran berpenggerak hybrid (kombinasi mesin, panel surya, layar),

2. Tenaga penggerak dan Gaya dorong

Tabel 4. Hasil perhitungan Tenaga penggerak dan Gaya dorong

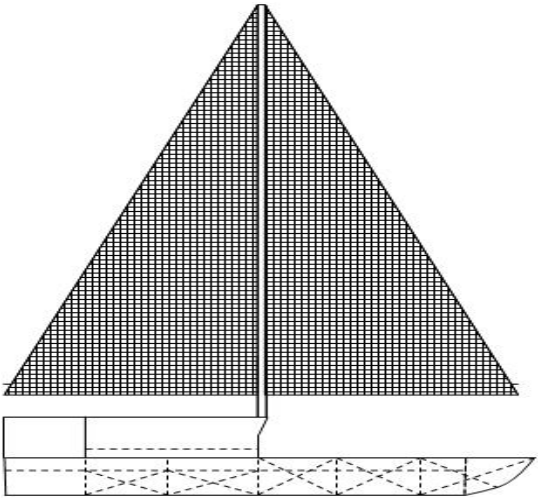
No	Tenaga penggerak	*Vs* (kts)	*RT* (kN)	*Treq* (kN)	*Preq* (kN)	*Power supply* (kW)			*Thrust supply* (kN)		
						Mesin	Panel surya	Layar	Mesin	Panel surya	Layar
1	Mesin	9.8	6.423	6.685	60	60	0	0	6.685	0	0
2	Panel surya					0	32	0	0	3.565	0
3	Layar					0	0	0	0	0	6.685
4	Mesin + Panel					51.6	8.4	0	5.75	0.935	0
5	Mesin + Layar					30	0	0	3.342	0	3.342
6	Panel + Layar					0	8.4	0	0	0.935	5.75
7	Mesin+Panel+ Layar					21.6	8.4	0	2.407	0.935	3.342
8	Mesin +Panel+Layarsurya					30	8.4	21.6	3.342	3.342	3.342

3. Kapasitas Muat

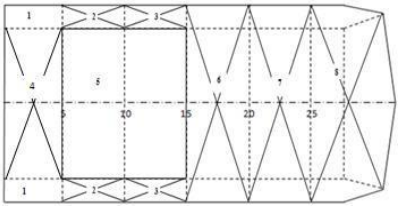
Tabel 5. Hasil perhitungan kapasitas muat

No	Tenaga penggerak	Komponen LWT					LWT (kg)	Komponen DWT				DWT (kg)	Displ. (kg)
		Konst. (kg)	Mesin (kg)	Panel (kg)	Layar (kg)	Peralatan (kg)		Bbm (kg)	Air tawar	Prov. (kg)	Muatan (kg)		
1	Mesin	5072	535	-	-	1620	7227	872	1250	600	1851	4573	11800
2	Panel surya	5072	-	669	-	1620	7361	0	1250	600	2589	4439	11800
3	Layar	5072	-	-	378	1620	7070	0	1250	600	2880	4730	11800
4	Mesin + Panel	5072	460	406	-	1620	7558	700	1250	600	1692	4242	11800
5	Mesin + Layar	5072	268	-	378	1620	7338	407	1250	600	2205	4462	11800
6	Panel + Layar	5072	-	406	378	1620	7476	0	1250	600	2474	4324	11800
7	Mesin+Panel+ Layar	5072	193	406	378	1620	7669	294	1250	600	1987	4131	11800
8	Mesin +Panel+Layar surya	5072	268	406	454	1620	7820	407	1250	600	1723	3980	11800

4. Rencana Umum Kapal ikan



Gambar 6. Tampak samping



Gambar 7. Tampak atas

Keterangan :
1) Ruang mesin
2) Tangki bbm 2 x 1,7 m^3,
3) Tangki air tawar 2 x 1,7 m^3
4) Tangki balas dan tempat alat tangkap,
5) Tempat perlengkapan dan peralatan, gudang dan dapur,
6) Ruang muat 1: 10 m^3,
7) Ruang muat 2: 10 m^3,

8) Tangki balas dan gudang,
Catatan: Luas atap bangunan atas (kanopi)sebesar 48 m^2,

PEMBAHASAN

1. Tinjauan Teknis

Proses perancangan kapal dimulai dengan menentukan kondisi desain (*mission design requirement*) yang selanjutnya akan menghasilkan desain kapal yang baik, Hasil perancangan kapal dari seorang desainer kapal akan dijadikan sebagai dasar untuk menganalisa semua persoalan-persoalan yang berkaitan dengan biaya operasional kapal (akuntansi), Dalam kasus ini (merancang sebuah kapal ikan katamaran ramah lingkungan), seorang desainer kapal mengawali dengan membuat Rencana Garis kapal lengkap dengan kurva hidrostatiknya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 dan 5 , Dengan data Rencana Garis dibuatlah model untuk pengujian hambatan kapal di Towing Tank seperti diperlihatkan pada Gambar 6 dengan hasil pengujian hambatan (R_T) sesuai dengan Tabel 3, Hambatan kapal dipergunakan untuk menentukan besarnya mesin penggerak utama serta gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkannya, Penelitian ini fokus pada perancangan kapal ikan katamaran berpenggerak kombinasi mesin, panel surya dan layar (hybrid), Konsep hybrid adalah dimana kapal dapat berjalan karena gaya dorong propeller dan layar yang bekerja secara bergantian (simultan) atau bersamaan, Penentuan sumber penggerak Layar dan Panel surya mengacu pada besarnya daya mesin penggerak utama dan gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkannya seperti diperlihatkan pada Tabel 4 dengan kombinasi penggunaannya, Kemudian seorang desainer melanjutkan perancangannya dengan membuat Rencana Umum kapal ikan yang dilengkapi dengan perhitungan LWT dan DWT seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5, Kapal ikan katamaran ini didesain dengan kapasitas muat kotor (GT) 15t dan kapasitas muat bersih (NT) 3t, Dengan menggunakan teori kombinasi pers,(36) diperoleh 7 varian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3, Dengan tambahan satu varian lagi kombinasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5, Dari tinjauan sisi aspek teknis, semua Konfigurasi kapal ikan

yang ada sudah diperiksa terutama hal-hal yang berkaitan dengan keselamatan dan lingkungan, seperti: stabilitas, kriteria gerak kapal/*seakeeping*, kuantifikasi polusi udara, dll,

2. Tinjauan Ekonomis

Kapal ikan mempunyai fungsi menangkap ikan dari laut, selanjutnya dari hasil tangkapan tersebut akan menyuplai kebutuhan pangan sehari-hari, Hasil tangkapan merupakan penghasilan dari sebuah kapal ikan, Jadi nilai jual dari kapal ikan adalah seberapa besar kapasitas muatan bersih (ruang muat) untuk mengangkut hasil tangkapan, Dari hasil tinjauan teknis hal tersebut diperlihatkan pada Tabel 6, Semua konfigurasi kapal ikan yang dirancang mempunyai kapasitas muatan yang berbeda, tentu saja hal ini berpengaruh pada penghasilan, Demikian pula dengan nilai investasi dari masing-masing konfigurasi juga akan memiliki nilai yang berbeda pula,

Pada tinjauan ekonomis membahas permasalahan kapal ikan yang berkaitan aspek-aspek ekonomi , seperti: nilai investasi, penghasilan (revenue), biaya-biaya (cost), titik impas, umur layanan kapal, dsb,

a. Menetukan Nilai Investasi

Metode yang dipakai dalam menentukan nilai investasi adalah dengan metode inkuiri berdasarkan harga pasaran untuk kapal ikan setipe, Seperti diperlihatkan pada Tabel 6,

Tabel 6. Nilai Investasi (dlm jutaan)

Item investasi Kapal Ikan	**10 GT**	**15 GT**	**20 GT**
	80 HP	2x43 HP	120 HP
1, Hull and Equipment	360	480	600
2, Machinery and Installation	315	360	525
3, Vessel Cost	675	840	1125
4, Fishing Gear	75	100	125
5, Total Investment	750	940	1250
Investment Cost			

*Sumber:www.majubangkit.com

Menurut harga pasaran: kapal ikan 10 GT/ 80 HP mempunyai harga 750, sedangkan kapal ikan 10 GT/ 120 HP mempunyai harga 1250, Kapal ikan yang dirancang (K1) 15 GT/ 86 HP dengan melalui perhitungan interpolasi didapatkan harga 940 dengan rincian seperti pada Tabel 7, Dalam hal ini harga 940 adalah merupakan nilai investasi dari konfigurasi kapal ikan K1 yaitu kapal ikan katamaran dengan penggerak mesin diesel konvensional, Selanjutnya nilai investasi kapal ikan K1 ini akan dijadikan sebagai dasar untuk menentukan Investasi pada pembangunan kapal yang lainnya, Nilai Investasi juga dapat dipergunakan untuk menghitung *Accounting Rate of Return* (ARR) dari masing-masing konfigurasi,

b. Kalkulasi *Accounting Rate of Return* (ARR)

Suatu metode akuntansi dan penganggaran normal yang dipergunakan untuk mengukur laba yang dihasilkan dari investasi baru, Sedangkan ARR merupakan rasio persentase laba tahunan (*Net Profit*) terhadap biaya investasi, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 7,

Tabel 7. Perhitungan ARR

INVESTMENT COST	KONFIGURASI							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
1, Hull and Equipment	480	480	480	480	480	480	480	480
2, Machinery and Installation	360	108	72	418	252	180	310	414
3, Vessel Cost	840	588	552	898	732	660	790	894
4, Fishing Gear	94	94	94	94	94	94	94	94
5, Total Investment	934	682	646	992	826	754	884	988
Operating revenues 1 /	814	759	507	744	776	726	699	758
Operating cost :								
Fixed :								
6, Depreciation = 10% of 3	84	58,8	55,2	89,76	73,2	66	78,96	89,4
7, Average cost of capital = 12% of 0,6 x 5	67	49	47	71	59	54	64	71
8, Insuramce = 5% of 3	42	29,4	27,6	44,88	36,6	33	39,48	44,7
9, Hull maintenance = 5% of 1	24	24	24	24	24	24	24	24
10, Crew basic salary	75	55	52	79	66	60	71	79
11, Fixed management	56	41	39	59	50	45	53	59
Total fixed cost	348	257	244	369	309	283	330	368
Variable :								
12, Fuel oil (10 ltr/hr)	190	0	0	168	95	0	48	95
13, Lubricants = 5% of 12	9	0	0	8	5	0	2	5
14, Ice = 30% of catch 30/t	3	5	5	3	4	4	4	3
15, Engine Repair - 7% of 2	25	8	5	29	18	13	22	29
16, Hull Repair - 3% of 1	14	14	14	14	14	14	14	14
17, Gear Repair & Replacement - 50% Of 4	47	47	47	47	47	47	47	47
18, Miscellanous - 10% of 12-17	29	7	7	27	18	8	14	19
19, Crew Bonus - 20% of Net Profit	24	70	30	13	44	59	36	30
Total Variabel cost	342	151	109	310	245	145	186	242
20, Total Annual Costs	690	408	353	679	554	428	516	610
21, Net Profit	124	352	154	66	222	298	183	148
22, Profit Before Deduction Interval (21+ 7)	191	401	201	137	282	352	247	219
23, Accounting Rate Of Return (22 as % of 5)	20	59	31	14	34	47	28	22

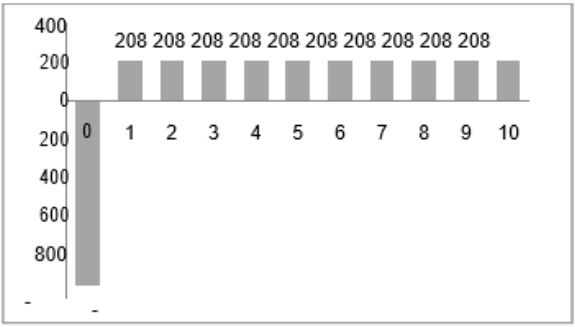
c. Menghitung Aliran Kas

Tabel 8. Konsep Aliran kas K1

K1	0	1	2	3	4	5
Investment Cost	934					
Cash Revenue		841	841	841	841	841
Cash Outlays		632	632	632	632	632
Depreciation		84	84	84	84	84
Net profit		124	124	124	124	124

Nilai ARR = 20 %

Semua data-data Tabel 8, seperti: nilai Investment Cost, Depreciation, Net profit dan ARR diambil dari hasil perhitungan Tabel 8, Nilai ARR selalu lebih besar daripada nilai laba (net profit), Sedangkan skema proyeksi pengembalian modal investasi seperti diperlihatkan pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Diagram Aliran Kas K1

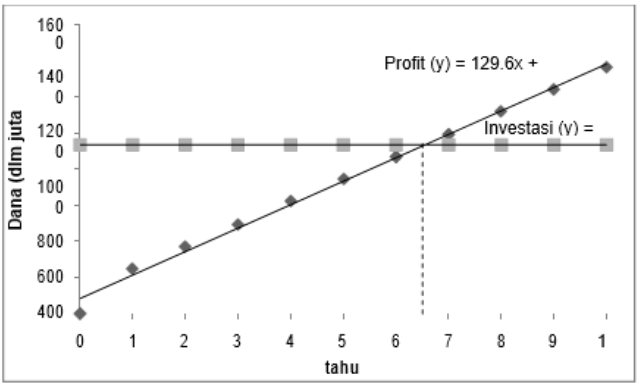
d. Perhitungan Internal Rate of Return (IRR)

Tabel 9. Perhitungan IRR

Th ke	Aliran kas	Present Factor			Present value		
		15%	20%	25%	15%	20%	25%
0	-934	1,00	1,00	1,00	-934	-934	-934
1	208	0,87	0,83	0,8	181	173	166
2	208	0,76	0,69	0,64	157	144	133
3	208	0,66	0,58	0,51	137	120	106
4	208	0,57	0,48	0,41	119	100	85
5	208	0,50	0,40	0,33	103	84	68
6	208	0,43	0,33	0,26	90	70	55
7	208	0,38	0,28	0,21	78	58	44
8	208	0,33	0,23	0,17	68	48	35
9	208	0,28	0,19	0,13	59	40	28
10	208	0,25	0,16	0,11	51	34	22
					110	-62	-191

Untuk menghitung nilai IRR penentuan nilai suku bunga (interest rate) didasarkan pada preference (ekspetasi) dari investor dan selalu lebih besar daripada persentase rasio laba (net profit) terhadap nilai investasi, Sebagai contoh: Pada Tabel 9 menjelaskan perhitungan nilai IRR konfigurasi kapal ikan K1 investor preference dengan suku bunga 15%, 20%, dan 25%, Sementara nilai rasio laba terhadap investasi adalah sebesar 13%, sehingga didapat nilai IRR K1 sebesar 15 (5x15) / (110 - (-62)/) = 18 % dengan umur layanan (service life) sekitar 10 tahun, Dengan cara yang sama, maka Nilai IRR konfigurasi yang lainnya dapat dihitung pula.

e. Titik Impas



Gambar 9. Diagram Titik Impas

Titik impas konfigurasi kapal ikan K1 didapat sebesar 6,5 tahun dengan pembulatan menjadi 7 tahun dengan umur layanan 10 tahun, Sedangkan hasil perhitungan nilai ekonomis untuk semua konfigurasi kapal ikan diperlihatkan pada Tabel 10.

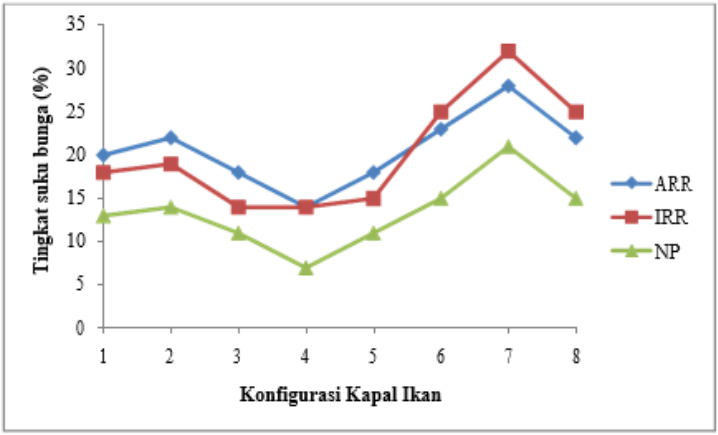
Tabel 10. Resume Perhitungan Ekonomis

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Investment	934	682	646	992	826	754	884	988
NP (%)	13	14	11	7	11	15	21	15
ARR (%)	20	22	18	14	18	23	28	22
IRR (%)	18	19	14	14	15	25	32	25
Sesitivity (%)	14,4-21,6	15,2-22,8	11,2-16,8	11,2-16,8	12-18	20-30	25,6-38,4	20-30
BEP (years)	7	6	8	14	8	5	4	6
Sevice life	10	10	10	10	10	10	10	10

Dari Tabel 10 jelas terlhat bahwa konfigurasi kapal ikan K4 bisa disebut gagal (*f ail*) karena umur layanan hanya 10 tahun sedangkan titik impasnya 14 tahun atau dengan kata lain belum

balik modal sudah rusak duluan,

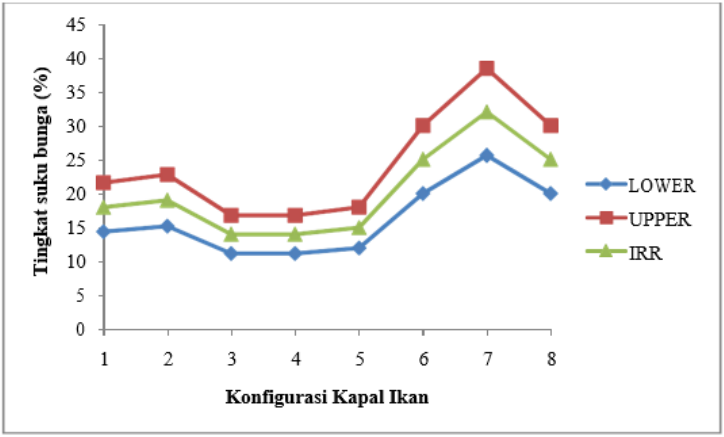
f. Pengambilan Keputusan



Gambar 10, Diagram Pengambilan Keputusan dg membandingkan NP, ARR, IRR

Pengambilan keputusan dilakukan dengan metode membadingkan nilai IRR dan ARR, Ketika nilai IRR lebih kecil dari ARR maka keputusannya adalah TIDAK LAYAK, akan tetapi ketika nilai IRR lebih besar dari ARR maka hasil keputusannya adalah LAYAK, Gambar 10 memperlihatkan Diagram Pengambilan Keputusan dg membandingkan NP, ARR, IRR, Dari hasil pembacaan diagram bahwa konfigurasi kapal ikan yang memenuhi kriteria nilai IRR > ARR adalah K6, K7 dan K8.

g. Sensitivitas



Gambar 11. Diagram Sensitivitas

Suatu hasil keputusan tidaklah selalu mutlak benar dan tidak bisa terlepas dari faktor kesalahan, apalagi ketika nilai-nilai parameter masukannya masih banyak yang diasumsikan, Berubahnya suatu keputusan akibat dari adanya asumsi-asumsi tadi berarti keputusan tersebut sensitif terhadap perubahan, Untuk mengantisipasi perubahan-perubahan yang terjadi (dalam hal ini) berkaitan dengan nilai IRR yang sangat erat kaitannya dengan penentuan umur layanan (service life) kapal maka diberikan nilai margin +/- sebesar 20% dari nilai IRR yang merupakan batas atas dan batas bawah dari nilai IRR, seperti terlihat pada Gambar 11,

KESIMPULAN

Setelah melakukan tinjauan secara teknis dan ekonomis pada beberapa konfigurasi hasil perancangan kapal ikan dapat disimpulkan bahwa konfigurasi kapal ikan katamaran yang layak untuk dibangun adalah K6, K7 dan K8 karena beberapa reasoning sbb: 1) mempunyai nilai IRR>ARR, 2) Durasi titik impas < umur layanan, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 11,

DAFTAR PUSTAKA

Santosa PI et al, 2017, Kapal Ikan Katamaran : Tinjauan Aspek Kebutuhan Energi, Fungsi dan Performa Kapal yang Ramah Lingkungan, Disertasi –MT093350,*repository,its,ac,id* › 4112301001-Dissertation

Santosa PI et al,2017, A Study into the Development of More Energy Efficient and Less Polluted Fishing Vessel , International Journal of Engineering Research & Science (IJOER), ISSN: 2395-6992, Vol-3, Issue-10, October- 2017,

Santosa PI, 2019, The Configuration of Solar Sail Catamaran Fishing Vessel, Global Journal of Researches in Engineering: A Mechanical and Mechanics Engineering, Volume 19 Issue 3 Version 1,0 Year 2019, Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal, Publisher: Global Journals, Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861, https://engineeringresearch,org/index,php/GJRE/article/view/1961/1892

Santosa PI et al, 2019, The Configuration of Engine-Sail Catamaran Fishing Vessel, IOP Conf, Series: Materials Science and Engineering, DOI:10,1088/1757-899X/462/1/012008, https://iopscience,iop,org/article/10, 1088/1757-899X/462/1/012008/pdf, https://ui,adsabs,harvard,edu/abs/2019MS%26E,,462a2008S/abstract

Santosa PI, 2019, Techno-Economic Review: The Use of Solar Sail On Catamaran Fishing Vessel, SSRG International Journal of Mechanical Engineering (SSRG-IJME) – Volume 6 Issue 7 – July 2019 ISSN: 2348 – 8360 www,internationaljournalssrg,org, https://www,researchgate,net/publication/336053021_Techno-Economic_Review_The_Use_of_Solar_Sail_On_Catamaran_Fishing_Vessel

Santosa PI, 2020, Study of fish Catamaran ship based on fossil energy, Jurnal Kelautan Vol,13, No, 1, 2020, https://journal,trunojoyo,ac,id/jurnalkelautan/article/view/6141/4488

PENGUNAAN JENIS ANODA DAN VARIASI WAKTU PROSES ELEKROPLATING BAJA KARBON DALAM APLIKASI PERLINDUNGAN KATODIK TERHADAP KOROSI

Vuri Ayu Setyowati, Suheni, dan Asep Nur Hidayat

PENDAHULUAN

Logam merupakan bahan yang pada umumnya diaplikasikan dalam segala aspek di kehidupan, diantaranya dalam hal rumah tangga, industri, perniagaan, dan bidang lainnya yang berbahan dasar logam. Setiap material memiliki karakteristik yang berbeda tergantung komposisi, fabrikasi, dan kondisi dalam aplikasinya. Terdapat berbagai jenis material logam berdasarkan komposisi paduan. Salah satunya adalah baja karbon. Baja karbon merupakan baja yang umum diaplikasikan sebagai material kapal. Sebagai alat transportasi laut, kapal bekerja pada media air laut, sehingga diperlukan suatu perlindungan terhadap korosi. Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Keberadaan logam erat kaitanya dengan korosi. Korosi tidak dapat dicegah, akan tetapi laju korosi dapat dikendalikan supaya tidak mempercepat kerusakan material. Salah satu upaya untuk perlindungan material terhadap korosi adalah pelapisan material. Tujuan pelapisan tidak hanya untuk perlindungan korosi saja akan tetapi bertujuan untuk dekoratif.

Salah satu proses pelapisan yaitu elektroplating. Pelapisan ini dilakukan dengan bantuan arus listrik menggunakan elektrolisis yang melibatkan dua elektroda (anoda dan katoda) yang dialiri arus searah. Proses pelapisan sendiri dilakukan dengan mengorbankan material logam yang kita tentukan untuk melindungi logam yang hendak kita lapisi. Material aluminium, nikel, dan seng merupakan beberapa logam yang umum digunakan sebagai pelapis pada logam baja karbon.

Oleh karena itu pada penitian ini dilakukan analisa pada material baja AISI 1045 yang umum digunakan dalam berbagai industry manufaktur untuk dilakukan pelapisan elektroplating menggunakan variasi anoda dan waktu. Anoda yang digunakan berupa nikel, aluminium, dan seng. Sedangkan variasi waktu yang dilakukan yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Tujuan dari pelapisan ini adalah untuk mengetahui morfologi dan ketebalan yang terjadi pada permukaan

katoda dengan variasi anoda dan waktu proses electroplating.

METODE PENELITIAN

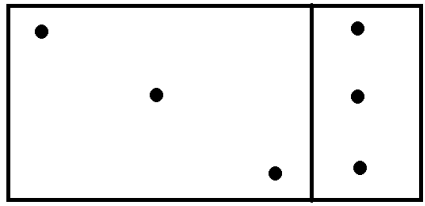
Material utama yang digunakan pada penelitian ini adalah Baja AISI 1045 sebagai material katoda yang dilindungi, sedangkan material untuk anoda adalah seng (Zn), aluminium (Al), dan Nikel (Ni). Material AISI 1045 dengan dimensi 50x25x12 mm dilakukan proses grinding menggunakan kertas SiC dengan grade 100, 200, 400, 500, 800, dan 1000 serta dilanjutkan proses polishing dengan serbuk alumina. Langkah terakhir untuk membersihkan permukaan baja AISI 1045 adalah menggunakan air dan sabun. Setelah specimen baja karbon bebas dari pengotor, akan dilakukan proses elektroplating. Aluminium, nikel, dan seng diguakan sebagai elektroda positif (anoda) dan logam baja karbon sebagai elektroda negative (katoda). Kedua elektroda disambungkan ke kedua kutub power supply atau rectifier dan dicelupkan kedalam gelas ukur yang berisi larutan elektrolit. Adapun larutan elektrolit yang digunakan untuk anoda Ni adalah $NiSO_4$, anoda Zn adalah ZnO_4, dan $Al_2(SO4)_3$ untuk anoda Al. Proses electroplating divariasikan selama 1, 2, dan 3 jam. Material yang sudah dilakukan pelapisan kemudian dilakukan analisa ketebalan dan morfologi. Pengujian ketebalan menggunakan alat ukut mikrometer, ppengujian SEM untuk mengetahui morfologi, dan pengujian XRD untuk menganalisa senyawa yang terbentuk setelah proses elektroplating.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Ketebalan dengan Variasi Anoda dan Waktu terhadap Perbedaan Tebal antara Material Sebelum dan Sesudah dilakukan Elektroplatting

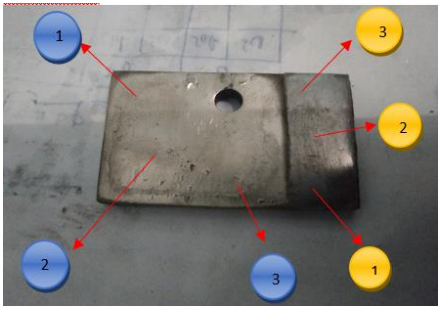
Pengujian ketebalan merupakan teknik yang banyak digunakan untuk mendapatkan informasi tentang ketebalan suatu material. Pada umumnya menggunakan micrometer biasa, namun untuk penelitian yang membutuhkan keakuratan tebal, maka digunakan micrometer digital. Pengujian ketebalan masing – masing material uji dilakukan pada 3 titik random dengan rincian 3 titik dilakukan pada bagian yang tidak diakukan platting dan 3 titik lainnya dilakukan pada bagian yang

dilakukan pencelupan sesuai gambar 1.



Gambar 1. Skema sampel untuk elektroplating

Adapun untuk penjelasan secara nyata dapat diihat pada gambar 2 dimana bagian yang dilingkari biru adalah titik – titik pengujian untuk bagian yang dilakukan pelapisan, sedangkan bagian yang dilingkari dengan warna kuning adalah titik pengujian pada bagian yang tidak dilakukan proses elektroplating.



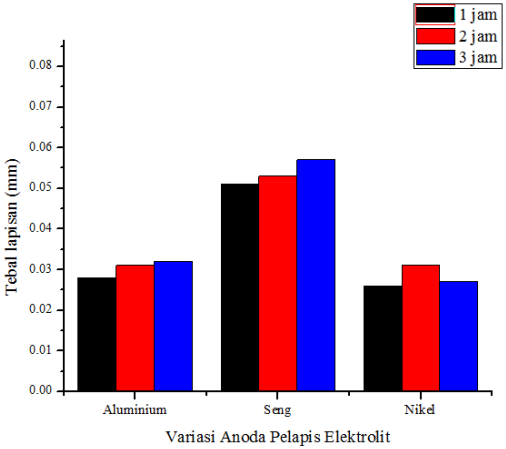
Gambar 2. Posisi Titik Uji Ketebalan Material

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Ketebalan

Material Anoda	Lama Pelapisan	Non Platting				Platting			
		hasil pengukuran 3 titik (mm)			rata - rata	Hasil pengukuran 3 titik (mm)			rata - rata
		titik 1	titik 2	titik 3	(mm)	titik 1	titik 2	titik 3	(mm)
Aluminium	1 jam	4.816	4.817	4.818	4.817	4.841	4.843	4.852	4.845
	2 jam	4.778	4.781	4.778	4.779	4.796	4.808	4.827	4.810
	3 jam	4.729	4.731	4.732	4.731	4.766	4.769	4.770	4.763
Seng	1 jam	4.758	4.760	4.761	4.760	4.819	4.802	4.813	4.811
	2 jam	4.917	4.922	4.918	4.919	4.952	4.974	4.990	4.972
	3 jam	4.786	4.790	4.788	4.788	4.843	4.855	4.839	4.845
Nikel	1 jam	4.721	4.717	4.718	4.718	4.743	4.746	4.745	4.744
	2 jam	4.736	4.732	4.731	4.733	4.763	4.767	4.764	4.764
	3 jam	4.652	4.645	4.641	4.646	4.671	4.673	4.677	4.673

Data yang terdapat pada tabel 1 merupakan data primer hasil uji

ketebalan yang selanjutnya akan dibuat tabel dari rata – rata uji ketebalan untuk membuat grafik dibawah ini

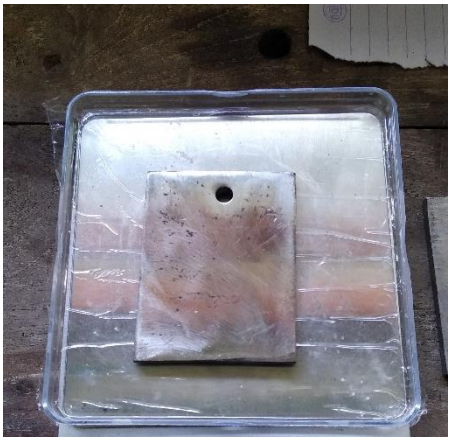


Gambar 3. Grafik Ketebalan Lapisan Plating

Gambar 3 menunjukkan hasil dari uji ketebalan material yang diplatting dan non platting pada material dengan anoda seng, nikel, dan aluminium menggunakan variasi waktu 1, 2, dan 3 jam. Penggunaan anoda aluminium dan seng menghasilkan ketebalan lapisan yang linear dengan lama waktu proses electroplating. Berbeda halnya dengan material yang dilapisi oleh nikel, pada pelapisan 3 jam terjadi penurunan ketebalan dari pelapisan 2 jam. Hal ini disebabkan karena tidak banyak anoda nikel yang menempel secara sempurna pada bagian permukaan baja karbon. Pada gambar tersebut juga menunjukkan bahwa semakin lama pencelupan untuk seng dan aluminium, maka pelapisan semakin tebal. Hal itu dikarenakan adanya lapisan pasivasi yang menyebabkan anoda bisa menempel sepenuhnya pada material katoda. Terlihat dari grafik bahwa pada anoda nikel memberikan ketebalan yang paling rendah diantara kedua anoda yang lain dikarenakan nikel tidak memiliki lapisan pasivasi yang melindungi logam dari korosi. Ketebalan lapisan pasivasi ini juga mempengaruhi ketebalan pada material setelah dilakukan elektroplating.

2. Pengamatan Morfolologi terhadap Material Elektroplating dengan Variasi Anoda dan Waktu

Pengamatan morfologi ini bertujuan untuk membandingkan perbedaan dari Pada pengujian ini, peneliti menggunakan 2 metode yaitu penampakan secara visual dan pengujian SEM dengan perbesaran 500x dari hasil elektroplating dengan menggunakan variasi anoda dan waktu pelapisan larrutan elektrolit menggunakan baja karbon rendah AISI 1045.



Gambar 4. Material Sebelum di rendam Dalam Larutan Platting



Gambar 5. Material Katoda yang Dilapisi Anoda Aluminium



Gambar 6. Material Katoda yang dilapisi Anoda Seng



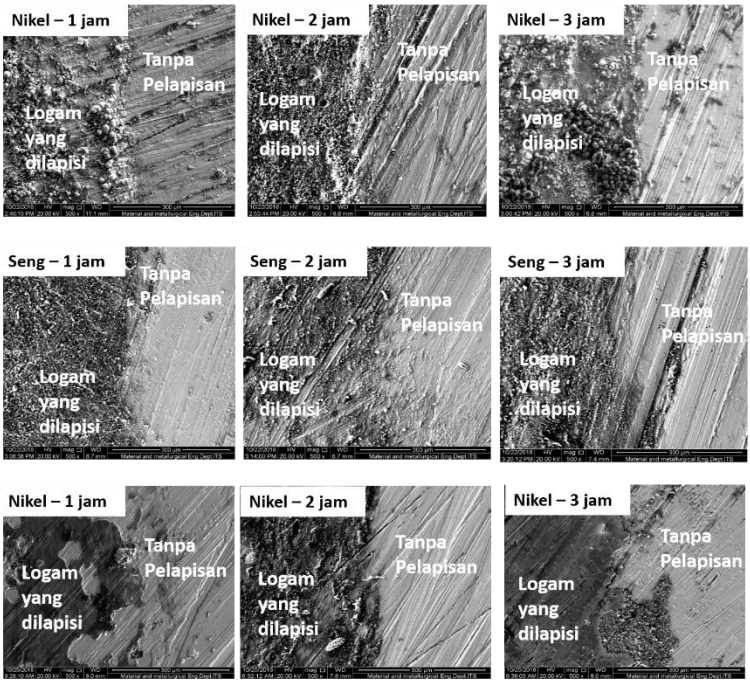
Gambar 7. Material Katoda yang dilapisi Anoda Nikel

Visualisasi gambar di atas tampak bahwa material yang dilapisi dengan anoda aluminium memiliki warna pelapis berupa emas kecoklatan serta terlihat hasil pelapisan merata pada seluruh bagian material. Tidak tampak adanya perbedaan mencolok pada variasi durasi waktu 1, 2, dan 3 jam. Hal ini bisa diambil kesimpulan bahwa lapisan aluminium memiliki daya rekat antara anoda dan katoda lebih bagus daripada pelapisan dengan seng yang pada waktu 1 jam memiliki warna coating bagus, namun seiring bertambahnya waktu pelapisan mulai adanya perubahan pada permukaan katoda. Sedangkan pada pelapisan nikel, warna produk pelapisan sebagian besar adalah hitam kecoklatan dan waktu 1 jam pelapisan tidak merata pada seluruh permukaan material Hal ini diakibatkan pada pelapisan 1 jam, lapisan masih belum homogen. Seiring bertambahnya waktu pelapisan, seluruh permukaan katoda bisa tertutup oleh anoda seng.

3. Uji SEM terhadap Material Elektroplatting dengan Variasi Anoda dan Waktu

Hasil pengujian SEM dapat diihat pada gambar 8 dibawah ini. Simbol

lingkaran biru pada sisi sebelah kiri menunjukkan bagian yang dilakukan pelapisan, sedangkan sisi sebelah kanan yang diberi lingkaran kuning adalah bagian yang tidak dilakukan pelapisan logam.



Gambar 8. Hasil Uji SEM dengan Perbesaran 500x

Pada pelapisan nikel 1 jam terlihat bahwa material belum sepenuhnya terlapisi dengan anoda. Hal ini dapat dibuktikan dengan hanya beberapa titik gumpalan saja yang terlihat dari seluruh permukaan katoda tertutup oleh anoda nikel. Pada pelapisan nikel dengan waktu 2 jam terlihat bahwa material sudah terlapisi oleh anoda pada seluruh permukaan katoda, namun masih terihat gumpalan – gumpalan anoda meskipun tidak banyak. Untuk pelapisan 3 jam nikel, terlihat bahwa seluruh permukaan juga terlapisi oleh anoda namun masih terlihat gumpalan . Dari ketiga pelapisan ini tampak bahwa semakin lama pelapisan, maka permukaan akan

semakin terlapisi.

Pelapisan anoda seng selama 1 dan 2 jam menunjukkan bahwa material sudah terlapisi oleh anoda secara sempurna pada seluruh permukaan. Pada pelapisan 3 jam terlihat anoda seng melapisi seluruh permukaan. Hal yang sama juga terjadi pada pelapisan aluminium dengan waktu 1 jam, terlihat bahwa material baja sudah terlapisi permukaannya,namun tidak semua bagian terlapisi dikarenakan waktu yang masih 1 jam. Pada 2 jam pelapisan, material sudah sepenuhnya terlapisi oleh anoda aluminium. Seluruh permukaan terlapisi dan terlihat melekat dengan baik pada material baja karbon pada pelapisan aluminium selama 3 jam.

Perbedaan dari ketiga anoda tersebut yaitu, pada penggunaan anoda nikel tampak banyak sekali gumpalan – gumpalan anoda dikarenakan material anoda tidak melapisi sepenuhnya pada material katoda baja karbon. Hal ini dapat diketahui dari deret volta bahwa potensial reduksi unsur nikel yaitu -0,250 V lebih besar dibandingkan dengan Fe^{2+} yang sejumah -0,440 V. Semakin tinggi posisi suatu unsur, maka potensial reduksinya semakin tinggi atau lebih mudah mengalami reaksi reduksi sedangkan semakin kebawah potensial reduksinya maka semakin turun. Pada pelapisan seng dan aluminium , potensial reduksi seng E (Zn) = -0,763 v dan potensial reduksi aluminium E (Al) = -1,662 v ,dimana dibawah E (Fe) = -0,440 V maka material anoda dapat menempel dengan sempurna pada material katoda baja karbon.

4. Uji XRD dengan Variasi Anoda dan Waktu terhadap Sifat Kristalisasi Setelah dilakukan Proses Elektroplatting

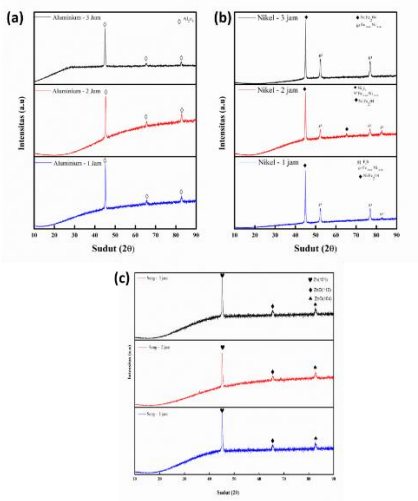
Uji XRD atau X-*Ray Diffraction* bertujuan untuk menentukan sifat kristal atau kristalinitas yang terbentuk dari suatu material setelah dilakukan elektroplatting dengan variasi 3 anoda dan 3 waktu. Karakterisasi senyawa hasil elektroplatting menggunakan instrumen dengan range sudut $2\theta = 10^{o}$-90^{o} dan panjang gelombang sebesar 1.540 Å. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel hasil percobaan elektroplatting dan pola XRD pada semua specimen ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar a menyajikan hasil XRD berupa puncak (peak) senyawa penyusun sampel pada derajat 42 dengan terbentuknya senyawa

Al_2O_3 (202) (JCPDS CARD no. 10-173). Pada peak kedua muncul peak dengan senyawa yang sama, namun memiliki struktur kristal 204 dan pada peak ke-3 dengan derajat 82 terlihat (220) sebagai struktur kristal.

Dijelaskan pada gambar b menyajikan hasil XRD berupa puncak (peak) dengan senyawa penyusun $NiFe_2O_4$ pada 45,012˚ selama 1 hingga 3 jam dalam JCPDS PDF card no.10-0325. Pada peak kedua, muncul peak dengan senyawa yang sama pada 52˚, namun memiliki struktur kristal (204) dan pada peak ke-3 dengan 82˚ terlihat 220 sebagai struktur Kristal dan tidak ditemukan senyawa lain sebagai pengotor.

Pada Gambar c hasil XRD berupa puncak (peak) senyawa penyusun sampel pada derajat 45 dengan terbentuknya senyawa Zn dengan struktur krista 101 (JCPDS CARD no. 036-1451). Peak kedua muncul dengan senyawa yang sama, namun memiliki struktur kristal 112 dan pada peak ke-3 dengan derajat 82 terlihat 104 sebagai struktur kristal. Semua peak yang terdapat dalam diagram tidak mengindikasikan adanya unsur senyawa lain.



Gambar 9. XRD pattern untuk variasi anoda dan waktu proses elektroplating

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data mengenai variasi waktu (1, 2, dan 3 jam) dan anoda (seng, aluminium, dan nikel) terhadap morfologi material dan penambahan berat pada material AISI 1045, dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin lama waktu pelapisan maka diperoleh semakin tebal hasil pelapisan untuk melindungi baja. Sedangkan pelapisan dengan seng memiliki hasil ketebalan pelapisan yang paling besar dari pada pelapisan dengan aluminium dan nikel.
2. Pada pengamatan secara morfologi menunjukkan semakin lama waktu pelapisan, maka seluruh permukaan logam katoda akan semakin banyak yang terlapisi oleh anoda. Hasil variasi anoda seng, aluminium, dan nikel pada morfologi menunjukkan lapisan anoda aluminium lebih merekat dan lebih halus permukaannya terhadap material katoda dibanding dengan logam anoda seng dan nikel.

DAFTAR PUSTAKA

Ariseno, Agustinus., Sutikno, Endi., Tri Subangga, Bagus., 2011." *Pengaruh Vaiasi Anoda dan Waktu Pelapisan Elektroplating Terhadap Laju Keausan Grinding Ball"* Malang : Universitas Brawijaya Malang.

Era Satyarini 1), Baju Bawono 2), *Optimalisasi Sifat-sifat Mekanik material S45C*, Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri,Universitas Atma Jaya Yogyakarta (2013).

Risyanto., 2006, "*Pengaruh Variasi Celup Khrom proses electroplating tembaga,nikel Dan Chrom Terhadap Cacat Vibrous Pada Aluminium 1100*", (Tugas Akhir S1-Fakultas Teknik) Surakarta, UMS.

Sandi, Aisiyah Putri, 2017. "*Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Elektroplating Zn – Mn Terhadap Laju korosi Baja AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaaCL 3 %*",(Tugas Akhir S1-Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam) Lampung, Universitas Lampung

Sugiyarta, dkk (2012)*"Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah"*

Yerikho., Raharjo, Wahyu Purwo , Kusharjanta, Bambang., 2013 "*Optimalisasi Waktu Tegangan dan Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan pada Plat Baja Karbon Rendah dengan Proses Electroplating menggunakan Pelapis Seng*". Universitas Sebelas Maret.