Paper ID: 5638
Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV)
ISSN 2775-5630

Analisa Teknis dan Ekonomis Pencegahan Korosi Pada Lambung KM. Dharma Kencana VII dengan Sistem ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection)* dibandingkan dengan SACP *(Sacrificial Anode Cathodic Protection)*

Abdul Azis[1], Erifive Pranatal[2]
Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
abdul_azis139@yahoo.co.id[1], erifive@itats.ac.id[2].

ABSTRACT

Cathodic protection can protect ship hulls against corrosion. In principle, it involves an electrochemical cell to control corrosion by concentrating oxygen reactions on the galvanic cell and suppressing corrosion on the cathode within the same cell. There are two types of cathodic protection, namely ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) and SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection). Both systems are compared over 20 years in terms of technical and economic aspects using calculations according to DNV standards. The comparison consisted of the design stage, installation stage, and maintenance. The results from the design stage show that ICCP provides broader protection, covering an area of 10 m^2 with a weight of 0.7008 kg, while SACP covers the same area with a total weight of 1.01077 kg of aluminum. In the installation stage, the SACP system tends to be easier than the ICCP system. Meanwhile, in the maintenance stage, the ICCP system is superior to the SACP system. Economically, over 20 years, the ICCP system has been cheaper than the SACP system.
Keywords: *ICCP, corrosion, cathodic protection, SACP*

ABSTRAK

Perlindungan badan kapal terhadap korosi dengan menggunakan cathodic protection (Perlindungan Katodik). Pada prinsipnya adalah sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanic dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama. Ada dua macam perlindungan katodic yang di gunakan yaitu ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) dan SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection), Kedua system tersebut dibandingkan dalam jangka 20 tahun dari segi teknik dan Ekonomis dengan menggunakan perbandingan perhitungan sesuai standar DnV, yang dibandingkan dari tahap desain, tahap instalasi, dan maintenance. Hasil dari tahap desain memiliki Tingkat perlindungan ICCP lebih luas yaitu 0.7008 kg mampu mengcover area seluas 10 m^2 sedangkan untuk SACP dengan total berat aluminium 1,01077 kg mampu mengcover area seluas 10 m^2. Sedangkan hasil pada tahap Instalasi dimana Sistem SACP cenderung lebih mudah dari sistem ICCP. Untuk tahap maintenance dimana sistem ICCP lebih unggul dari pada sistem SACP. Dan Secara Ekonomis dibandingkan dalam jangka 20 tahun, untuk Sistem ICCP Lebih murah dibandingkan Sistem SACP.
Kata Kunci: *ICCP, Korosi, Proteksi katodik, SACP*

PENDAHULUAN

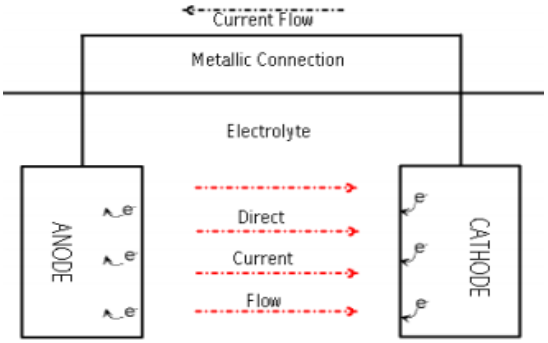
Kapal penumpang merupakan alat transportasi laut yang mengangkut penumpang dari pelabuhan satu ke pelabuhan lainnya. di negara kepulauan seperti Indonesia, kapal penumpang merupakan alat transportasi yang sangat penting [1]. Untuk mencegah korosi pada kapal, Ada beberapa metode yang digunakan yaitu dengan pemberian lapisan (*coating*), melakukan proteksi katodik. Proteksi katodik meliputi metode arus paksa (ICCP) dan metode anoda tumbal (SACP) [2]. Saat ini banyak kapal yang menggunakan system SACP untuk mengendalikan korosi pada Lambung kapal, padahal selain SACP ada metode cathodic protection lain, yaitu system ICCP, yang jarang digunakan pada kapal-kapal Indonesia. Oleh karena itu Analisa harus dilakukan untuk menentukan system mana yang lebih menguntungkan dari segi Teknis dan Ekonomis, untuk mengendalikan proses korosi pada Lambung kapal [2]. Sistem ICCP yang dirancang dengan baik dapat menjaga integritas struktural kapal dan secara signifikan mengurangi biaya perawatan selama masa operasionalnya [3]. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perencanaan dan mekanisme desain sistem sacrificial anode Cathodic Protection bila ditinjau dari segi teknis dan ekonomis dibandingkan dengan Impressed Current Cathodic Protection (ICCP). Tujuan penelitian ini adalah Perencanaan dan Membuat mekanisme desain sistem SACP pada konstruksi Lambung Bawah Garis Air Kapal dari segi teknis dan ekonomis dan dibandingkan dengan sistem ICCP [4].

ISSN 2775-5630

TINJAUAN PUSTAKA

Korosi adalah penurunan kualitas logam sebagai hasil dari reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Secara Umum korosi hilangnya logam pada bagian yang terekpose [11]. Korosi dapat terjadi dalam berbagai bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja. Korosi pada logam terjadi karena adanya aliran arus listrik melalui permukaan logam. Pada titik di mana arus dilepaskan ke lingkungan, metal hilang (oksidasi atau reaksi anoda), dan pada titik di mana arus kembali ke permukaan logam, metal diproteksi. Korosi tidak dapat terjadi jika salah satu dari empat unsur ini hilang. Empat komponen utama tersebut adalah sebagai berikut [1]:

a. Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi.
   Adanya perbedaan potensial menyebabkan aliran arus listrik. Sementara arus listrik bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah, elektron bergerak berlawanan dengan arus listrik. Disebabkan potensial anoda lebih negatif dari katoda, elektron yang ada di anoda dapat mengalir ke katoda melalui kontak metalik [1].
b. Katoda, tempat terjadinya reaksi reduksi.
   Reaksi katodik terjadi pada permukaan katoda ketika katoda menerima elektron. Dalam reaksi ini, elektron akan berada di permukaan katoda dan bereaksi dengan ion positif dari elektrolit, membentuk gelembung gas H2. Ini melindungi katoda dari korosi [1].
c. Elektrolit, Lingkungan tempat katoda dan anoda terekpose.
   Untuk membentuk suatu loop, larutan elektrolit berfungsi sebagai media penghantar listrik [1].
d. Adanya kontak metalik
   Hanya melalui kontak metalik elektron dapat mengalir dari anoda ke katoda [6].



Gambar 1 Mekanisme Korosi

Pencegahan Korosi pada Lambung Kapal

Pencegahan dan Penanggulangan Korosi pada Lambung Kapal untuk Meningkatkan Usia Pemakaian Kapal. Korosi air laut adalah salah satu sumber kerusakan terbesar pada plat kapal laut. Korosi ini dapat mengurangi kekuatan dan umur pakai kapal, mengurangi kecepatan, dan mengganggu kelancaran pengoperasian kapal [6].

METODE

Metode penelitian pada dasarnya adalah metode ilmiah untuk tujuan dan manfaat tertentu. Dengan demikian, empat hal penting yang harus diperhatikan: metode ilmiah, data, tujuan, dan kegunaan. Penelitian yang didasarkan pada prinsip-prinsip rasional, empiris, dan sistematis dikenal sebagai metode ilmiah. Empiris berarti cara-cara penelitian dapat diamati oleh indera manusia, sehingga orang lain dapat mengetahuinya; rasional berarti kegiatan penelitian dilakukan dengan cara yang masuk akal sehingga terjangkau oleh penalaran manusia. Sistematis berarti bahwa penelitian ini menggunakan metode yang logis. Data yang dikumpulkan dari penelitian adalah data sistematis atau empiris yang diamati dan memenuhi standar validitas [6].

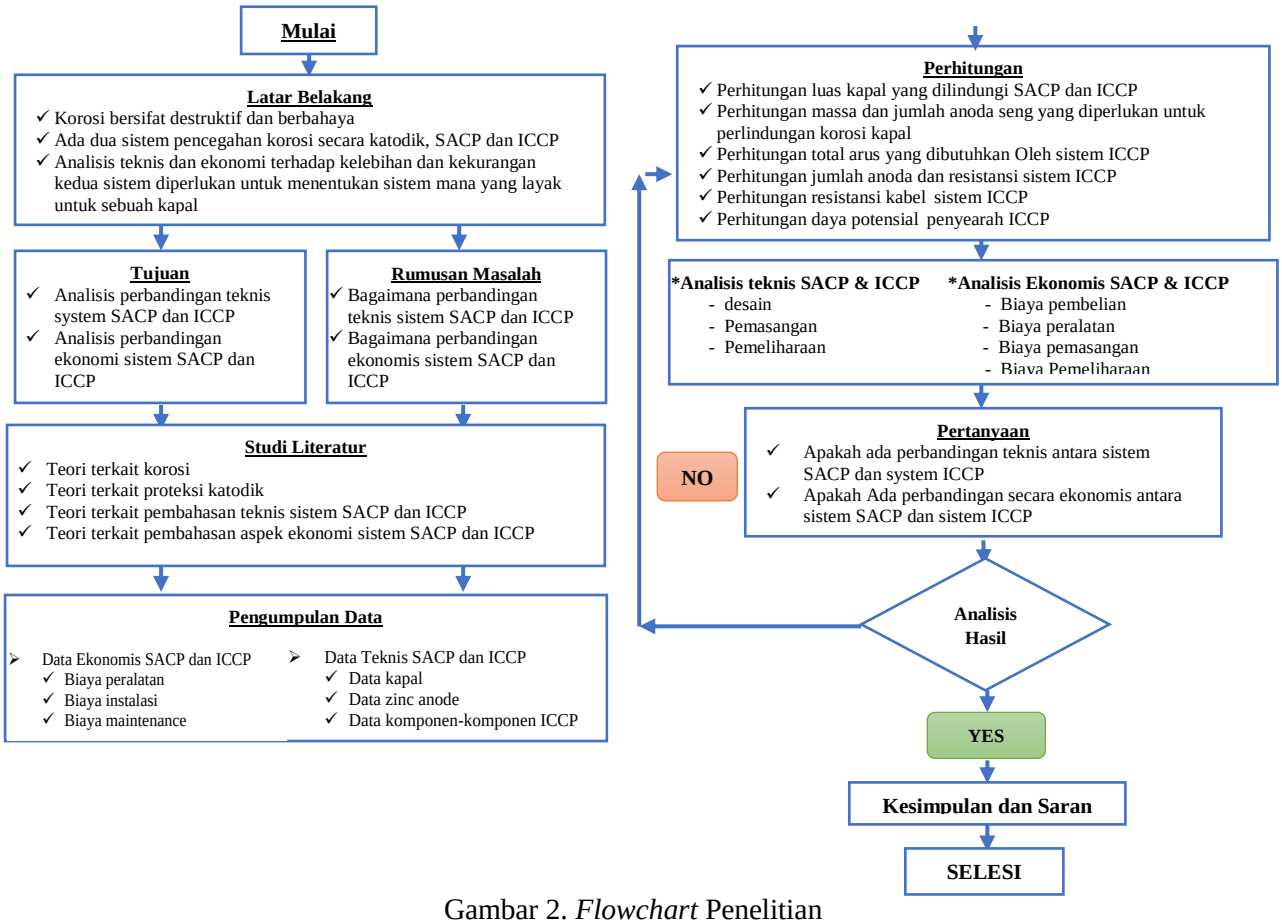
Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini pada saat Docking Tahunan KM. Dharma Kencana VII Milik PT. Dharma Lautan Utama yang dilaksanakan Pada Tanggal 23 Maret sampai dengan 05 April 2023 di PT.

Samudra Marine Indonesia Kp. Lumalang, Desa Bojonegara, Kec. Bojonegara, Kab. Serang – Banten [10].

Kerangka Penelitian

Dalam Tahapan penulisan Penelitian ilmiah Analisa Teknis Dan Ekonomis Pencegahan Korosi Pada Lambung KM. Dharma Kencana VII Dengan sistem ICPP Dibandingkan dengan SACP, Penulis menyatukan ide-ide dalam kerangka pemikiran yang disusun menurut skema alur pembahasan berikut:



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Persiapan Penelitian

Hal pertama yang perlu dilakukan saat persiapan penelitian adalah observasi Kapal dan Tempat Docking Kapal yang akan menjadi obyek penelitian. Langkah kedua adalah mengidentifikasi masalah yang ada dalam proses Penelitian. Langkah ketiga adalah menentukan rumusan masalah, tujuan penelitian dan batasan-batasan masalah agar pembahasan penelitian tidak menyimpang jauh. Langkah keempat adalah studi literatur sebagai bahan perbandingan dengan penelitian lain dan panduan dalam memperoleh data serta proses analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian ini pada saat Docking Tahunan KM. Dharma Kencana VII Milik PT. Dharma Lautan Utama yang dilaksanakan Pada Tanggal 23 Maret 2023 sampai dengan 05 April 2023 di PT. Samudra Marine Indonesia Kp. Lumalang, Desa Bojonegara, Kec. Bojonegara, Kab. Serang – Banten [12].

Ship Particular

Namak Kapal :KM.Dharma Kencana VII
IMO Number : 9035125
LOA : 186 meter.
LWL : 174,25 meter.

LPP : 170 meter.
H : 17,91 meter.
B : 25,50 meter
T : 6,60 meter.
CB : 0,65
Service speed : 16 knots
Complement : 42 persons
GT : 27975 Ton
DWT : 5814 ton

Tinggi kapal 17,91 meter, Karena anoda hanya melindungi area yang tercelup air, perhitungan dilakukan sampai sarat kapal, yaitu 6,60 meter, dan jangka waktu untuk desain dalam penelitian ini adalah 20 tahun [12].

Perhitungan sistem ICCP dengan menggunakan DnV RP B104

Area perlindungan kapal [5].

WSA = (1,8 x Lpp x T) + (Cb x Lpp x B)

A_{kemudi} = [1+25 . (B/Lpp)²]

$A_{proteksi}$ = WSA + Akemudi

Dimana:

WSA = luas permukaan basah lambung kapal (m^2)
A_{kemudi} = luas permukaan basah kemudi kapal (m^2).
$A_{proteksi}$ = total luas permukaan perlindungan basah (m^2)

Setelah melakukan perhitungan, kita dapatkan $A_{proteksi}$ = 2.622,03 m^2

Jumlah Kebutuhan anoda

Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan jumlah anoda yang dibutuhkan dan resistansi total anoda yang dibutuhkan [6].

n = Ip: Ia

$$\boldsymbol{R = \frac{0,315 \,.\, \rho}{\sqrt{A\ \rho}}}$$

$$\mathbf{F = 1 + \frac{\sqrt{A\ \rho}}{\pi . Sa . R}\ Ln\ (0,66 . n)}$$

Rn = n.R.F

Dimana:

n = Jumlah Anoda
Ip = Total Arus yang Dibutuhkan
ρ = Ketahanan Lingkungan (ohm.cm)
R = Resistansi Anoda Individu (ohm)
F = faktor interferensi
Ia = Arus Anoda Maximum (A)
Rn = Resistansi Anoda Total (ohm)
A = Resistansi Area Anoda (cm2)
Sa = jarak antar anoda (m)

Setelah dilakukan perhitungan, didapat Jumlah Anoda = 2 buah (Hambatan total anoda adalah 0,154 ohm)

Penentuan Hambatan Kabel [5].

Rc= Pc x L
Rs = R1 + R2 + R3 + …

Dimana:

Pc = Resistansi konduktif kabel (ohm)
Rc = Resistansi kabel (ohm)
Rs = Resistansi seri total (ohm)
L = Panjang kabel (m)

Setelah melakukan perhitungan, didapat hambatan kabel = 0.06 ohm

Menentukan Kapasitas Potensial Rectifier [5].

Vdc= VTR
ITR = Ip
Vdc= Ipx (Rn+ Rs)

Dimana:

VTR = Daya Potensial Penyearah (V)

ITR = Arus Penyearah (A)
Vdc = Potensial Keluaran Penyearah (V)
Setelah dihitung diperoleh Daya Penyearah = 19,124 volt

Tahap Desain (Spect Anode ICCP)

Jenis Material	: Titanium
Lapisan anoda	: dilapisi dengan oksida logam campuran (MMO)
Model anoda	: anode elips
Kapasitas arus max. anoda	: 50 A
1/2 diagonal terpanjang (a)	: 57,2 cm
1/2 diagonal terpendek (b)	: 34,3 cm
Panjang kabel tembaga	: 25 mm
Resistansi kabel	: 423.10^{-}6 ohm/m

Tahap Intall ICCP Pada Lambung KM. Dharma Kencana VII

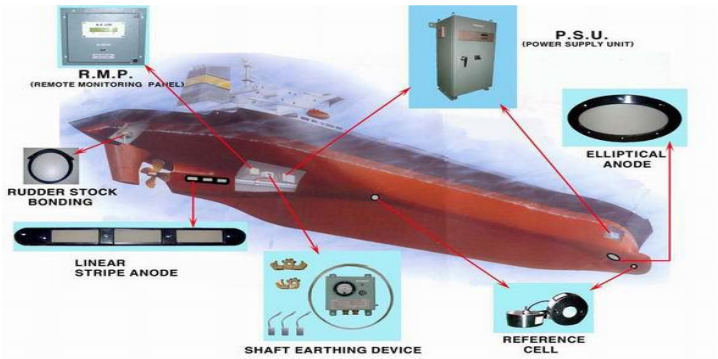
Setelah melewati tahap perencanaan dan mekanisme desain, diketahui bahwa Kapal KM. Dharma Kencana VII membutuhkan 2 anoda dan 2 elektrode referensi. Anoda dipasang pada posisi Frame 34–35 di bagian depan dan belakang kapal dan pada ketinggian 2500 mm dari dasar. Elektrode referensi dipasang pada posisi Frame 75–76 di bagian depan dan belakang kapal dan pada ketinggian 3800 mm dari dasar. Pembuatan tempat untuk anoda dan dudukan rectifier di kapal adalah komponen teknis instalasinya.



Gambar 3. a) Proses dockiing KM. Dharma Kencana VII, b) Proses pemasangan ICCP KM Dharma Kencana VII

Komponen sistem ICCP

Sistem ICCP terdiri dari Power Supply Unit (Rectifier), Anode, Reference cell, Remote Monitoring Panel, Rudder Stock Bonding, dan Shaft Earthing Device [9].

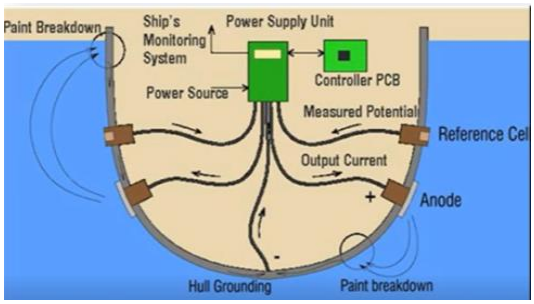


Gambar 4. Komponen-komponen sistem ICCP

Skema rangkaian aliran arus untuk sistem ICCP yang terletak di hull kapal

Dalam skema rangkaian aliran arus sistem ICCP pada hull kapal, aliran arus dimulai dari Power Supply Unit (Rectifier) dan dialirkan ke anode. Selanjutnya, arus mengalir melalui elektrolit air laut

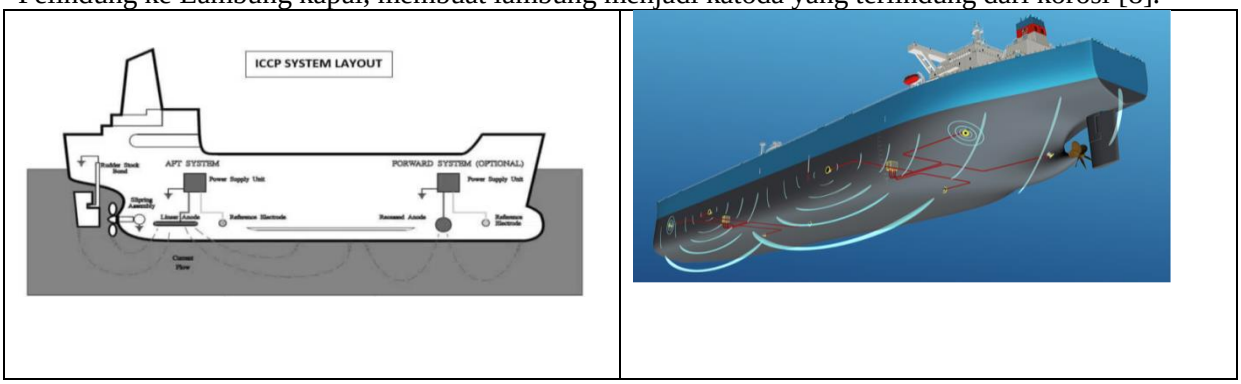
ke struktur hull kapal dan kemudian kembali ke rectifier melalui kabel grounding, atau sel referensi, yang berfungsi untuk menghitung potensial arus yang keluar dari anode [13].



Gambar 5. Skema Arus Sistem ICCP pada Lambung Kapal

Prinsip Kerja ICCP di Lambung kapal.

Prinsip Kerja di lambung kapal adalah, ICCP dihubungkan ke elektroda referensi. Elektroda referensi ini adalah logam yang tidak larut sepenuhnya pasif. Elektroda referensi mengukur arus korosi alami yang tidak lain adalah perbedaan potensial antara lambung dan sel referensi ini. Kita perlu mengukur arus korosi ini di lambung kapal, sehingga kita mensuplai arus DC yang sama atau sedikit lebih besar darinya (dalam arah yang berlawanan) ke anoda arus yang ditekan. pada gilirannya, memasok Arus Pelindung ke Lambung kapal, membuat lambung menjadi katoda yang terlindung dari korosi [8].



Gambar 6. a) Prinsip Kerja Sistem ICCP pada Lambung Kapal, b) Simulasi Kerja Sistem ICCP pada Lambung Kapal

Analisa Kebutuhan System Sacrificial Anode Catdodic Protection (SACP)

Table di bawah menunjukkan lokasi instalasi zinc anode kapal KM. Dharma Kencana VII. Untuk sistem SACP yang didasarkan pada NACE RP0176, penggantian anoda dilakukan setiap dua tahun sekali [14].

Tabel 1. Analisa Kebutuhan System Sacrificial Anode Catdodic Protection)

Lokasi Instalasi Zink Anoda	**Jumlah (Pcs**
Hull (WT 14Z = 10 Kg) 60% Dipasang di separuh belakang kapal (28 Pcs) 40% Dipasang di separuh depan kapal (19 Pcs)	47
Sea Chast pump room (3.2 Kg)	6
Sea Chast engine room (4.5 Kg)	8
Sea Chast emergency room (3.2 Kg)	1
TOTAL	**62**

(

Rincian Biaya Sistem Sacrificial Anode Catdodic Protection (SACP)

Untuk Rincian sistem SACP biaya desain anoda ini terdiri dari:

a) Harga zinc anode di pasar adalah Rp 60.000,00 per kg, dan biaya pembelian anoda setiap dua tahun sekali adalah 528,4 kg x Rp 60.000,00 = Rp 31.704.000,00. Dengan asumsi umur sistem SACP 20 tahun, biaya total selama 20 tahun adalah Rp 317.040.000,00.

b) Selain di hull, ada juga zinc anode yang dipasang di Water Ballast Tank (WBT), tetapi materialnya beda menurut data dari PT. Samudera Marin Indonesia menggunakan material Timah putih dan material ini bertahan sampai 20 tahun, dengan biaya 1.450.000/kg dan untuk melindungi WBT membutuhkan 14 buah anode dengan berat 11 kg per buah, Jadi biaya untuk perlindungan korosi di WBT selama 20 tahun sebesar 20.300.000 x 10 = Rp 203.000.000
c) Jadi biaya total untuk tahap design sistem SACP adalah Rp 317.040.000 + Rp 203.000.00 = Rp 520.040.000.

Rincian Biaya Install Sistem SACP

Menurut sumber PT. SMI, perakitan sistem SACP dilambung kapal. Biaya instalasi adalah sebagai berikut:

a) Harga instalasi satu titik adalah 65.000, sehingga biaya total untuk instalasi sistem SACP adalah Rp 65.000 x 62 = Rp 4.030.000. Dengan asumsi bahwa biaya instalasi sistem SACP dikalikan 10 (selama 20 tahun), biaya total selama 20 tahun adalah Rp 40.300.000.
b) Maintenance sistem SACP meliputi biaya re coating WBT sebesar Rp 150.000 tiap titik (Area Coating yang terbakar waktu pengelasan) karena ada 62 titik maka biaya re coating adalah Rp 150.000 x 62 = Rp 9.300.000.
c) Jadi Jika di asumsikan dengan umur 20 tahun maka biayanya hanya meliputi recoating WBT dan dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp 93.000.000.
d) Total biaya yang dikeluarkan untuk Instal Sistem SACP dan biayar Repair akibat Install system SACP adalah, Rp 40.300.000 + Rp 93.000.000 = Rp 133.300.000

Analisa Desain dan Pembelian System ICCP

Analisa biaya pada tahap desain sistem ICCP bergantung pada biaya untuk membeli satu set komponen sistem ICCP untuk kapal KM. Dharma Kencana VII sebesar Rp 309.740.000,00.

Rincian Biaya Install dan Maintenance System ICCP

Analisa ekonomis tahap instalasi sistem ICCP didasarkan pada pemasangan ICCP di kapal; instalasi berlangsung selama dua hari:

a) Hari pertama Pembuatan rumah dan dudukan Anode pada lambung kapal, sebanyak 2 buah = Rp 3.750.000 x 2 = Rp 7.500.000
b) Hari kedua adalah Pemasangan Anoda dan cek kekedapan pada lambung kapal Dengan Biaya dari Galangan PT. SMI, Rp 750.000 x 2 buha = Rp 1.500.000,00.
c) Analisa ekonomis tahap perawatan sistem ICCP adalah zero maintenance, yang berarti tidak ada biaya, karena fasilitas perawatan telah disediakan oleh penyedia paket ICCP (CATHELCO) untuk inspeksi tanpa biaya setiap dua tahun sekali. Oleh karena itu, analisis ekonomi tahap perawatan sistem ICCP adalah RP 0,00 (0 Rupiah).

Perbandingan Tahap Desain Sistem SACP dengan ICCP

1. Sistem ICCP memiliki tingkat perlindungan yang lebih besar, yaitu 0,7008 kg, dan mampu mengcover area 10 m^2.
2. Sistem SACP, dengan berat aluminium anode total 1,01077 kg, baru dapat mengcover area 10 m^2.

Perbandingan Tahap Install Sistem SACP dengan ICCP

1. Sistem SACP pada tahap Install dengan metode pengelasan pada kaki-kaki zink anode pada lambung kapal yang sudah ditentukan.
2. Utk Sitem ICCP pada Awal pemasangan membutuhkan sedikit banyak pekerjaan, dengan pembuatan dudukan Zink anode pada lambung kanan dan kiri kapal dan pemasangan panel ICCP di kamar mesin.

Perbandingan Tahap Maintenace Sistem SACP dengan ICCP

❖ Tahap Maintenance SACP
   1. Maintenance Sistem SACP berdasar pada NACE RP0176, dilakukan dengan penggantian anoda setiap dua tahun sekali.
   2. Penggantian dilakukan dengan cara yang di ptong pada kaki-kaki zink anode, Sehingga cat pada lambung luar dan dalam tangka (internal Yank) akan terbakar dan Rusak.

❖ Tahap Maintenance Sistem ICCP
   1. Pengecekan sumber arus (arus yang keluar, konsumsi power) ICCP setiap 2 bulan sekali.
   2. Pengecekan arus pendek, koneksi kabel, akurasi alat ukur, efisiensi rectifier, dan total tahanan yang dilewati.

3. Pengecekan dengan voltmeter untuk mengetahui tegangan kapal untuk memastikan bahwa kapal telah mendapatkan arus yang dibutuhkannya dan telah terlindungi.

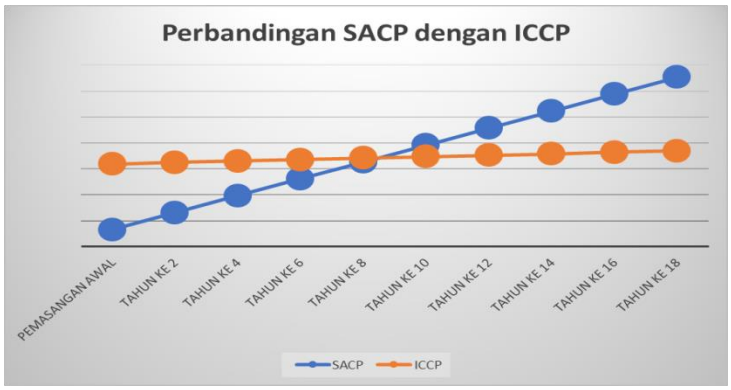
Perbandingan Ekonomis, antara system SACP dan ICCP

Didasarkan pada tahapan desain, instalasi, dan perawatan, analisis perbandingan ekonomis antara ICCP dan SACP dilakukan selama dua puluh tahun.

Tabel 2. Perbandingan Ekonomis, antara system SACP dan ICCP

TAHAP	BIAYA SACP	BIAYA ICCP
Pengadaan Anode	Rp 520.040.000	Rp 309.740.000
Instalasi	Rp 40.300.000	Rp 13.250.000
Maintenance	Rp 93.000.000	Rp 56.000.000
TOTAL	Rp 653.340.000	Rp 369.140.000

Biaya sistem ICCP selama dua puluh tahun adalah 369.140.000,00, sedangkan biaya sistem SACP adalah 653.340.000,00. Oleh karena itu, menggunakan sistem ICCP akan menghemat Rp 284.200.000,00, atau 56,5% dari biaya sistem SACP.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Ekonomis SACP dan ICCP

Dari grafik Analisa perbandingan Ekonomis antara SACP dan ICCP dibandingkan selama 20 tahun, Untuk biaya SACP pada Tahunan ke 8 yang dikeluarkan untuk biaya design, instalasi dan maintenance adalah Rp 326.670.000,00 Sedangkan untuk biaya ICCP pada tahunan ke 8 adalah Rp 341.140.000,00. Jadi untuk biaya Ekonomis SACP pada Tahunan ke 10 adalah Rp 392.004.000,00 yang mana biaya untuk SACP lebih mahal dibandingkan dengan ICCP.

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk live design dalam jangka 20 tahun Perbandingan Secara teknis dan Perbandingan secara ekonomis penggunaan sistem ICCP dengan sistem SACP. Berdasarkan hasil percobaan dan analisis perhitungan yang dilakukan sesuai dengan Desain Perlindungan Cathodic DnV RP B401 (2005), dapat ditarik kesimpulan bahwa :

a) Dengan mengadopsi Impressed Current Cathodic Protection pada lambung kapal penumpang, tingkat perlindungan menjadi lebih luas dibandingkan dengan metode Sacrificial Anode Cathodic Protection yang digunakan sebelumnya. Ini karena per anoda dapat melindungi luas 428,75 meter persegi struktur material.
b) Banyak kapal penumpang lebih memilih menggunakan Proteksi Anode Cathodic Sacrificial karena instalasi Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) pada lambung kapal penumpang lebih kompleks dibandingkan dengan sistem yang digunakan sebelumnya.
c) Life Time penggunaan sistem Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) yang diterapkan di lambung kapal penumpang lebih lama jika dibandingkan sistem Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)
d) Perbandingan Secara teknis, sistem ICCP lebih menguntungkan daripada sistem SACP karena mereka lebih mudah dirancang, dipasang, dan diperbarui.
e) Perbandingan secara ekonomis, Biaya sistem ICCP selama dua puluh tahun adalah 369.140.000,00, sedangkan biaya sistem SACP adalah 653.340.000,00. Oleh karena itu,

menggunakan sistem ICCP akan menghemat Rp 284.200.000,00, atau 56,5% dari biaya sistem SACP.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Salim. (2012). Analisis Draft Survey Report di MV. Jupiter Ace, Khusus untuk angkutan penumpang. *PIP Surabaya*.

[2] Tri Karyono, B. R. G. P. (2017). Analisis Teknik Pencegahan Korosi pada Lambung Kapal dengan Variasi Sistem Pencegahan ICCP Dibandingkan dengan SACP. *JURNAL PENDIDIKAN PROFESIONAL, VOLUME 6, NO. 1*.

[3] Mihail-Vlad VASILESCU, S., Mariana PANAITESCU, P., & Fănel-Viorel PANAITESCU, P. (2019a). Marine Impressed Current Cathodic Protection System. Dalam *Ecology* (Nomor 4).

[4] Alwi, Ir. S. S. M. Sc. , I. R. K. ST. M. S. (2012). Analisa Teknis Dan Ekonomis Perubahan Sacrificial Anode Menjadi Impressed Current Cathodic Protection Untuk Meminimalisir Korosi Pada Lambung Kapal. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1*.

[5] DNV-RP-B401.(2010). *RECOMMENDED PRACTICE DNV-RP-B401-CATHODIC PROTECTION DESIGN*. http://www.dnv.com

[6] DET NORSKE VERITAS INDUSTRI NORGE AS. (1993). DNV-Recommmended Practice RP-B401-Cathodic Protection Desigen-1993.

[7] Sudjasta, B., Suranto, P. J., Setiani, H., Studi, P., Perkapalan, T., Pembangunan, U., Veteran, N. ", Jakarta, ", & Selatan, J. (2018). *ANALISIS KEBUTUHAN PEMASANGAN ZINK ANODE UNTUK MENCEGAH KOROSI PADA LAMBUNG KAPAL KAPAL GENERAL CARGO* (Vol. 14).

[8] Syahputra, B., Joko Sisworo, S., Trimulyono, A., Studi, P. S., & Perkapalan, T. (2015). Analisa Teknis & Ekonomis Perancangan Sistem Pencegahan Korosi Pada Lambung Kapal, Dengan Variasi Sistem Pencegahan Menggunakan ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) Dibandingkan dengan SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection). Dalam *Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 03, Nomor 02).

[9] Afif Wiludin dan Heri Soepomo. (2013). Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) Dibandingkan dengan Sacrificial Anode dalam Proses Pencegahan Korosi. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2*.

[10] aria Esterlita. (2023). *Dry Dock Coating Report KM. Dharma Kencana VII, IMO Number 9035125 Docking di PT. Samudra Marine Indonesia Shipyards for: PT.DHARMA LAUTAN UTAMA Documents: TechSpec_KMP Dharma Kencana VII-spec 2 tahun.pdf AF Cert.*

[11] Widyanto. (2000). Jurnal Korosi & Material. *Fakultas Teknik UNTAG Surabaya*.

[12] P T. Dharma Lautan Utama, & Esterlita Maria. (2022). *Technical Specification KMP Dharma Kencana VII-2 years*.

[13] Arsy Jayanti, G., Soim, S., & Wiro Karuniawan, B. (t.t.). *Analisis Teknis dan Ekonomis Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal dan Proteksi Katodik Arus Paksa Pada Undeground Gas Pipeline di Perusahaan Eksplorasi dan Pengolahan Gas Bumi*.

[14] NACE Standard RP0176-2003 Item No. 21018.