

# Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) Dibandingkan dengan *Sacrificial Anode* dalam Proses Pencegahan Korosi

Afif Wiludin dan Heri Soepomo.

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: herisupomo@na.its.ac.id

**Abstrak**—Perlindungan badan kapal terhadap korosi dengan menggunakan metode perlindungan katodik pada prinsipnya adalah sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanik dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama. Pada proteksi katodik, logam yang akan dilindungi dijadikan katoda dan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Ada dua macam *cathodic protection* yaitu *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) dan *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP). Dilakukan penelitian tentang analisa teknis dan ekonomis penggunaan ICCP dibandingkan dengan SACP dalam proses pencegahan korosi, kedua sistem dibandingkan dalam jangka 20 tahun, dari segi teknis dengan menggunakan perbandingan perhitungan sesuai standar DnV, yang dibandingkan dari tahap *design*, tahap instalasi, dan *maintenance*, dari segi ekonomis perbandingan dibedakan dari tahap pengadaan komponen-komponen sistem, tahap instalasi, dan tahap *maintenance*. Data perbandingan diperoleh dengan perhitungan sesuai standar, *study literature*, diskusi dan *interview*. Hasil perhitungan perbandingan yang diperkirakan selama 20 tahun, dari segi teknis kedua sistem memenuhi standar yang berdasar pada sistem perhitungan standar DnV B-401, sedangkan dari segi ekonomis, biaya untuk sistem ICCP sebesar Rp. 205.405.000,00 dan sistem SACP sebesar Rp. 562.590.000,00, sehingga lebih ekonomis menggunakan sistem ICCP sebesar Rp 357.185.000, 00 atau 63,49% dari biaya untuk sistem SACP

**Kata Kunci**— ICCP, Korosi, Proteksi katodik, SACP

## I. PENDAHULUAN

KAPAL merupakan alat transportasi yang penting bagi negara Indonesia karena sebagian besar wilayahnya berupa perairan laut. Agar perawatan kapal tidak menghabiskan biaya besar, maka perlu perancangan yang tepat mengenai sistem yang dipergunakan untuk mencegah korosi yang akan dialami oleh kapal, karena korosi bersifat merusak dan merugikan [1]. Dalam usaha untuk mencegah korosi pada kapal terdapat beberapa macam metode yang dipergunakan yaitu dengan: pemberian lapisan (*coating*), melakukan proteksi katodik. Proteksi katodik meliputi metode anoda tumbal (SACP) dan metode arus paksa (ICCP) [2].

Dewasa ini banyak kapal yang menggunakan sistem SACP untuk pengendalian korosi pada badan kapal, padahal selain

SACP ada metode *cathodic protection* yang lain, yaitu sistem ICCP, akan tetapi sistem ICCP jarang dipakai di kapal-kapal Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa sistem mana yang lebih menguntungkan dari segi teknis dan ekonomis, dalam mengendalikan proses korosi pada badan kapal. Di PT.DPS terdapat kapal tanker milik Pertamina yaitu kapal MT.Kasim, pada kapal tersebut dipasang SACP secara temporary untuk perlindungan korosi selama pembangunan dan sebelum *launching*, Setelah *launching* dipasang ICCP pada *hull* dan sistem MGPS (*marine Growth Prevention Sistem*) pada *sea chest*. Untuk sistem MGPS metodenya sama seperti ICCP. Oleh karena itu, untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan antara sistem ICCP dan SACP, dan untuk mengetahui sistem mana yang menguntungkan dan ekonomis yang dipasang pada kapal, maka dilakukan penelitian tentang analisa teknis dan ekonomis penggunaan ICCP dibandingkan dengan SACP dalam proses pencegahan korosi [3].

## II. METODE PENELITIAN

Menurut sifatnya metode yang dipakai adalah *Grounded Research* yaitu suatu metode penelitian yang didasarkan kepada fakta dan menggunakan analisa perbandingan, bertujuan untuk mengadakan generasi empiris, menetapkan konsep-konsep, membuktikan teori dan mengembangkan teori serta analisa data yang berjalan pada saat bersamaan.. Pelaksanaan metode ini tidak hanya terbatas pada pengumpulan data, tetapi juga adanya analisis interpretasi data. Tujuannya adalah menganalisa antara dua sistem, yaitu sistem ICCP dan SACP. Metode tersebut sesuai dengan objek yang diteliti dalam penelitian ini yaitu proses perlindungan kapal menggunakan sistem ICCP dan SACP pada kapal MT.KASIM milik PT.PERTAMINA yang dibangun di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya.

### A. Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan ini, penulis melaksanakan kegiatan survey tempat dan objek penelitian, pemilihan judul, mengadakan studi menyusun proposal penelitian.

### B. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan ini penulis mengumpulkan data dari observasi langsung dan wawancara melalui konsultasi dengan pihak yang lebih mengerti tentang proses *cathodic protection*. Setelah data terkumpul dilakukan penyusunan dan penganalisaan data. Observasi dalam penelitian ini adalah observasi langsung. Observasi langsung yaitu pengamatan secara langsung terhadap gejala-gejala subjek yang diselidiki. Jadi Observasi ini menitikberatkan pada hasil survey lapangan, aplikasi studi dokumen untuk mengumpulkan data. Hasil survey dapat pula digunakan untuk mengadakan prediksi mengenai fenomena sosial tertentu. Wawancara merupakan suatu metode pengumpulan data dengan mengadakan responden interaksi dengan mengajukan pertanyaan sesuai dengan topik penelitian. Wawancara dapat dilakukan dengan cara wawancara terstruktur dan non terstruktur.

### C. Tahap Pelaporan

Pada tahap ini, penulis mengadakan penyempurnaan data yang telah disusun dan dianalisis, setelah sempurna dilanjutkan dengan penyusunan dan penulisan laporan hasil dari penelitian yang dilakukan.

## III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### A. Analisa Data

Pada tugas akhir ini perbandingan sistem katodik protection membandingkan dua sistem yaitu sistem *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP) dan *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP). Dalam membandingkan sistem, menggunakan data kapal *Tanker* milik Pertamina yaitu kapal KASIM yang dibangun di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya (PT.DPS) [4].

### B. Data Kapal

- Material plat : SA 36 (Mildsteel Great A)
- Length over all (LOA) : 108 meter.
- Length of water line (LWL) : 103,80 meter.
- Length between Perpendicular (LPP): 102 meter.
- Depth Moulded (H) : 9,30 meter.
- Breadth Moulded (B) : 19,20 meter
- Draught Design (T) : 6 meter.
- Block Coefficient (CB) : 0,7754
- Service speed : 12 knots
- Complement : 26 persons
- Kerapatan arus permukaan badan kapal :  $35\text{mA/m}^2$

Tinggi kapal 9,3 meter, dikarenakan anoda hanya berfungsi untuk melindungi terhadap daerah yang tercelup air maka perhitungan dihitung sampai sarat kapal, yaitu 6 meter. Untuk *live design* dalam tugas akhir ini adalah 20 tahun.

### C. Kondisi Lapisan Pelindung (Coating)

- Spesifikasi coating : epoxy-anti corrosive, epoxy finish
- Temperature kerja :  $24^\circ\text{C}$

- Total dry film thickness :  $700\ \mu\text{m}$

### D. Data Zinc Anode

- Anode type : WT 14Z
- Dimension (L×W×H) :  $550\times 130\times 50$  (mm)
- Core dimencion :  $700\times 38\times 6$
- Nett.Weight (Hull) : 21,4 kg
- Nett.Weight (Pump Room) : 3,2 kg
- Nett.Weight (Engine Room) : 4,5 kg
- Nett.Weight (Emergency Room) : 0,7 kg
- Gross. Weight : 22,5 kg
- Utilisasi Anoda : 0,9
- Kapasitas logam :  $780.000\ \text{A.h/kg}$

### E. Data Anode ICCP

- Material : Titanium
- Lapisan anoda : dilapisi mixed metal oxide (MMO)
- Bentuk anoda : elliptical anode (elips) buatan Cathelco
- Kapasitas arus maximal anoda : 50 A
- Setengah diagonal sisi terpanjang anoda (a) : 57,2 cm
- Setengah diagonal sisi terpendek anoda (b) : 34,3 cm
- Panjang kabel tembaga :  $25\ \text{mm}^2$ , lihat Gambar 1
- Tahanan konduktifitas kabel :  $423 \cdot 10^{-6}\ \text{ohm/m}$

### F. Analisa Teknis Sistem Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)

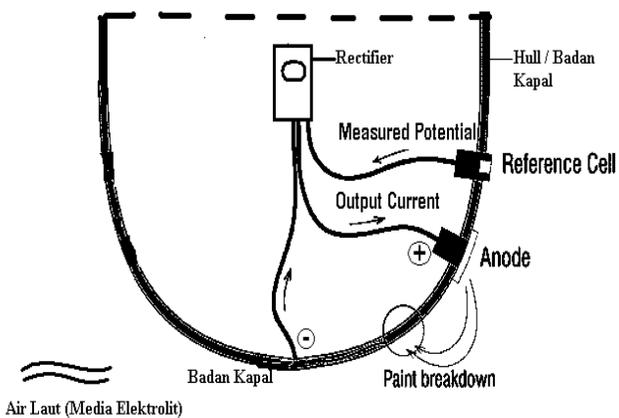
Berdasarkan Gambar 1 di atas komponen-komponen yang terdapat pada sistem ICCP adalah, *Power Supply Unit (Rectifier)*, *Anode*, *Reference cell*, *Remote Monitoring Panel*, *Rudder Stock Bonding*, *Shaft Earthing Device*.

Analisa teknis adalah peninjauan sistem dalam bidang teknis. Hal ini berhubungan dengan kelayakan sistem ICCP dalam melakukan kinerjanya. Diawali dengan pendesaian sistem sesuai kebutuhan objeknya yang berdasarkan *code Det Norske Veritas Recommended Practise (DnV RP) B104 Cathodic Design (2005)*. Bukan hanya pendesainan saja yang diperhatikan, tetapi instalasi (pemasangan), dan *maintenance* (perawatan) sistem ini harus diperhatikan. Hal ini bertujuan agar sistem tetap berjalan efisien, efektif, dan lancar [1]. Skema aliran arus yang terjadi pada sistem ICCP diberikan dalam Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, aliran arus berawal dari *Power Supply Unit (Rectifier)* yang dialirkan ke anode kemudian melalui elektrolit air laut, arus akan mengalir menuju struktur *hull* kapal dan melalui kabel *grounding (reference cell)* kembali ke *rectifier*. *Reference cell* berfungsi untuk membaca potensial arus yang keluar dari anode [7].

Setelah melewati tahap desain maka diketahui bahwa anoda yang dibutuhkan anoda dipasang pada Kapal KASIM adalah 2 buah, dan elektode reference 2 buah. Anoda dipasang pada posisi gading 10,5 pada *portside* dan *starboard* kapal dan tinggi 2100 mm dari baseline, sedangkan *elektrode reference* dipasang pada gading 29,5 pada *portside* dan *starboard* kapal dan pada ketinggian 3500 mm dari *baseline*. Teknis instalasinya yaitu pembuatan tempat untuk anoda dan untuk dudukan *rectifier* di kapal.



Gambar. 1. Komponen-komponen yang terdapat pada sistem ICCP



Gambar. 2. Skema rangkaian aliran arus pada sistem ICCP pada hull kapal

Sistem pemasangan anoda berdasarkan pada *National Association Corrosion Engineering (NACE) RP0176-2003*, berikut tahapan pemasangan anoda, kabel, *rectifier*, dan *junction box* [3]:

- 1) Sesuai dengan *code NACE RP0176-2003 pada poin 6.5.2* menyatakan bahwa *rectifier* harus dipasang pada daerah yang tidak bersuhu ekstrim dan tidak mudah terkontaminasi. Maka *rectifier* dipasang *engine room*.
- 2) Pemasangan anoda harus aman dari kepecahan dan kerusakan.
- 3) Penyambungan dari masing-masing *junction box* menuju *rectifier* harus dipastikan bahwa kabel menghubungkan kutub positif (+) *rectifier* dengan anoda. Serta kabel menghubungkan kutub negatif (-) *rectifier* dengan kapal. Hal ini sesuai dengan *NACE point 6.5.2.5*
- 4) Sambungan kabel dipastikan menyalurkan arus dari *rectifier*, baik ke anoda maupun ke kapal. Serta sistem sambungan diatas bersifat tertutup karena melindungi dari kelembapan dan terisolasi dari lengkungan.

Untuk sistem maintenance dari sistem ICCP berdasar pada *NACE RP0176 section 9.5*, berikut langkah-langkah maintenance sistem ICCP pada kapal KASIM:

- 1) Pengecekan sumber arus ICCP setiap 2 bulan sekali. Termasuk di dalamnya pengecekan arus yang keluar, konsumsi power, terlindunginya struktur secara menyeluruh
- 2) Semua fasilitas sistem ICCP diinspeksi, termasuk pengecekan terhadap terjadinya arus pendek, koneksi kabel, akurasi alat ukur, efisiensi *rectifier*, keseluruhan tahanan yang dilewati
- 3) Dilakukan pengecekan dengan *voltmeter* untuk mengetahui tegangan pada kapal, sehingga diketahui arus yang mengalir pada kapal, hal ini untuk memastikan kebutuhan arus telah diperoleh oleh kapal, sehingga memastikan bahwa kapal sudah terproteksi.

Pada sistem pengecekan dengan menggunakan *voltmeter*, pengecekan dengan cara menempelkan kabel kutub negatif pada kapal dan kutub negatif pada *voltmeter*, sehingga diketahui nilai *voltmeter* yang sesuai [5].

#### G. Analisa Teknis Sistem Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)

Analisa teknis adalah peninjauan sistem dalam bidang teknis, hal ini berhubungan dengan kelayakan sistem *sacrificial anode* dalam melakukan kinerjanya, diawali dengan pendesainan sistem sesuai dengan kebutuhan objeknya yang berdasarkan *handout Calculation Temporary Cathodic protection (WT ZINC ANODES) for 6500 LTDW Oil product tanker Pertamina*, kemudian diikuti dengan perancangan pemasangan sistem SACP secara baik dan benar. Bukan hanya pemasangan yang harus sesuai standar, namun perawatan sistem ini harus diperhatikan, hal ini berfungsi agar sistem tetap berjalan efektif, efisien, dan lancar [6].

Pada tahap instalasi pemasangan anoda dilakukan sebelum kapal diluncurkan. Anoda dipasang dengan cara dilas pada bagian lengan anoda dan disambungkan langsung pada badan kapal. Pada bagian lengan anoda yang dihubungkan langsung pada kapal, lapisan coatingnya dihilangkan, hal ini bertujuan agar aliran arus dari anoda lebih efektif, tidak terhambat oleh *coating*. Anoda dipasang pada bagian –bagian kapal yang telah ditentukan pada tahap pendesainan sesuai dengan *lay out*.

Untuk lokasi instalasi zinc anoda pada kapal MT.KASIM bisa dilihat pada Tabel 1. Untuk sistem maintenance dari sistem SACP berdasar pada *NACE RP0176 Maintenance* sistem SACP dilakukan dengan cara penggantian anoda setiap 2 tahun sekali.

#### H. Analisa Ekonomis Sistem ICCP dan SACP

Analisa ekonomis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pembiayaan yang harus dilakukan pada sistem ICCP dan SACP, dan pertimbangan yang penting dalam pemilihan perlindungan katodik. Pembiayaan yang lebih murah menjadi pertimbangan dalam pemilihan sistem mana yang paling pas digunakan dalam perlindungan kapal terhadap korosi. Perhitungan pembiayaan disesuaikan dengan tahapan pada analisa teknis kedua sistem, tahapan tersebut antara lain tahap desain, tahap instalasi dan tahap *maintenance* [8].

Tabel 1.  
Lokasi instalasi Zinc Anode pada kapal MT.KASIM

Lokasi Instalasi Zinc Anode	Jumlah (Pcs)
Hull (WT 14Z = 21.4 kg) 60 % dipasang di separuh belakang kapal (14 PCs) 40 % dipasang di separuh depan kapal (8 pcs)	22
Sea chest pump room (3.2 kg)	2
Sea chest engine room (4.5 kg)	2
Sea chest emergency room (0.7 kg)	1
TOTAL	27

Tabel 2.  
Perbandingan ekonomis sistem ICCP dan SACP

TAHAP	BIAYA ICCP(Rp)	BIAYA SACP(Rp)
Pengadaan anode	203.605.000	435.690.000
Instalasi	1.800.000	54.000.000
Maintenance	0	72.900.000
TOTAL	205.405.000	562.590.000

Analisa biaya pada tahap desain sistem ICCP didasarkan pada biaya pembelian satu paket komponen sistem ICCP untuk kapal MT.KASIM sebesar Rp 203.605.000, 00. Analis ekonomis tahap instalasi sistem ICCP didasarkan pada pemasangan ICCP di kapal, dengan rincian : Instalasi dilakukan 2 hari, hari pertama yaitu pemasangan yang berlangsung sekitar 9 jam, hari kedua adalah cek kekedapan dan berlangsung selama 9 jam juga, dengan jam orang di PT.DPS yaitu sebesar RP 100.000,00, jadi biaya instalasi sebesar Rp 1.800.000,00. Untuk analisa ekonomis tahap *maintenance* sistem ICCP dalah zero maintenance yaitu tanpa biaya karena untuk maintenance sudah disediakan fasilitas dari pihak penyedia paket ICCP (CATHELCO) untuk inspeksi setiap 2 tahun sekali tanpa dikenakan biaya. Jadi untuk analisa ekonomis maintenance sistem ICCP adalah RP 0,00 (0 Rupiah)

Untuk sistem SACP biaya desain anoda ini hanya terdiri dari:

- harga anoda, menurut sumber dari PT.DPS Surabaya harga Zinc Anode perkilogramnya adalah Rp 60.000, 00, biaya untuk pembelian anoda tiap 2 tahun sekali adalah = 486.9 kg x Rp 60.000, 00 = Rp 29.214.000, 00, Jadi Jika di asumsikan dengan umur 20 tahun maka biaya design sistem SACP dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp 292.140.000, 00,
- Selain di hull, ada juga zinc anode yang dipasang di Water Ballast Tank (WBT), tetapi materialnya beda menurut data dari PT.DPS menggunakan material Timah putih dan material ini bertahan sampai 20 tahun, dengan biaya 1.450.000/kg dan untuk melindungi WBT membutuhkan 9 biji anode dengan berat 11kg per biji, Jadi biaya untuk perlindungan korosi di WBT selama 20 tahun sebesar 1.450.000x9x11= 143.550.000

Jadi biaya total untuk tahap design sistem SACP adalah 292.140.000 + 143.550.00 = 435.690.000

Analisa Ekonomis Instalasi Sistem SACP, Menurut sumber dari PT.DPS biaya instalasi sebagai berikut :

1 titik 200.000, ada 22 titik di Hull, 5 titik di sea chest, jadi

total biaya untuk instalasi SACP adalah : Rp 200.000,00 x 27 = Rp 5.400.000,00. Jadi Jika di asumsikan dengan umur 20 tahun maka biaya instalasi sistem SACP dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp 54.000.000,00

Analisa ekonomis tahap maintenance sistem SACP meliputi biaya re coating WBT sebesar 270.000 tiap titik karena ada 27 titik maka biaya re coating adalah 270.000x27 = 7.290.000.

Untuk tahap maintenance yang dihitung hanya biaya recoating karena biaya pembelian anoda dan instalasi sudah dihitung ditahapan sebelumnya.

❖ Jadi Jika di asumsikan dengan umur 20 tahun maka biayanya hanya meliputi recoating WBT dan dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp 72.900.000,00

Analisa perbandingan secara ekonomis antara ICCP dan SACP dibandingkan selama 20 tahun dan didasarkan pada tahapan design, instalasi dan maintenance. Untuk penjelasan dari tiap-tiap tahapan bisa dilihat ada Tabel 2. Dengan demikian, dari segi ekonomis, maka lebih ekonomis menggunakan sistem ICCP . Selisihnya sebesar Rp. 357.185.000, 00

#### IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan perhitungan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

##### 1. Perbandingan Secara Teknis

*Tahap Design:* Perbandingan sistem ICCP dan sistem SACP sama, karena perhitungan kedua sistem sesuai dengan perhitungan standar DnV B-401

*Tahap Instalasi:* Sistem SACP cenderung lebih mudah dari sistem ICCP, sistem SACP hanya melakukan pengelasan pada titik-titik yang sudah ditentukan lokasi anodenya, sedangkan sistem ICCP harus membuat tempat untuk dudukan rectifier, pemasangan anoda pada hull, serta memastikan arus dari sambungan komponen-komponen ICCP berjalan lancar, serta komponen sistem ICCP yang banyak.

*Tahap Maintenance:* Pada tahap ini, sistem ICCP lebih unggul dari sistem SACP, selama 20 tahun, sistem ICCP hanya melakukan pengecekan ringan arus setiap minggu menggunakan voltmeter, dan setiap 2 tahun sekali pengecekan sistem gratis dari pihak perusahaan penyedia ICCP, sedangkan pada sistem SACP harus melakukan penggantian anode setiap 2 tahun sekali, jadi selama 20 tahun, ada 10 kali bongkar pasang dan pengerjaan panas pada kapal yang akan merusak struktur kapal, serta ada 10 kali recoating akibat pengerjaan itu.

##### 2. Perbandingan Secara Ekonomis

Selama 20 tahun biaya untuk sistem ICCP adalah Rp. 205.405.000,00 dan sistem SACP adalah Rp. 562.590.000,00, sehingga lebih ekonomis menggunakan sistem ICCP sebesar Rp 357.185.000 atau 63,49% dari biaya sistem SACP.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] DNV. Recommended Practice RP B401. 1993. Cathodic Protection Design, Det Norke Veritas Industry AS, Hovik, 1993.
- [2] Jones, Denny. 1996. Principles and Prevention of Corrosion. New York: Macmillan Publishing Company.
- [3] NACE RP0176. 2003. Corrosion Control of Steel Fixed Offshore. (Houston, TX: NACE).
- [4] Mars, G. Fontana. Corrosion Engineering, 3rd edition.1987. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [5] Marsahall E.Parker, Edward G. Peatie. 1984. Pipe-line Corrosion dan Cathodic Protection, 3rd edition. Texas: Gulf Publishing Company.
- [6] Roberge, P.R. 1999. Handbook of Corrosion Engineering. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [7] Supomo, Heri. 1999. Diktat Kuliah Korosi. FTK-ITS Surabaya.
- [8] Zainab, (2008). *Studi Perbandingan Sistem Perlindungan Korosi Sacrificial Anode dan Impressed Current Pada Struktur Jacket*, Surabaya : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan-Fakultas Teknologi Kelautan-Institut Teknologi Sepuluh Nopember.