

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*)

Benny Syahputra, Sarjito Joko Sisworo, Andi Trimulyono, ¹⁾

¹⁾Program Studi S1 Teknik Perkapalan

Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Email : syahputra.benny@gmail.com

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 proteksi katodik yaitu *Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)* dan *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)*. Dilakukannya penelitian tentang analisa teknis & ekonomis perancangan sistem pencegahan korosi pada lambung kapal, dengan variasi sistem pencegahan menggunakan ICCP dibandingkan dengan SACP, kedua sistem dibandingkan dalam jangka 20 tahun, dari segi teknis dengan menggunakan perbandingan perhitungan sesuai standar DnV, yang dibandingkan dari tahap desain, 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, studi literatur, 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. 203.605.000,00 dan sistem SACP sebesar Rp. 526.770.000,00, sehingga lebih ekonomis menggunakan sistem ICCP sebesar Rp 323.165.000,00 atau 38,65% dari biaya untuk sistem SACP

Kata Kunci: Korosi, Proteksi Katodik, SACP, ICCP

Abstract

Protection of the hull against corrosion using cathodic protection method is principally electrochemical cells to control corrosion by concentrating the reaction of oxygen to the cells and suppress galvanic corrosion at the cathode in the same cell. In cathodic protection, metal will protected be cathode and oxidation process occurs at the anode. There are two types of cathodic protection, Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP) and the Impressed Current Cathodic Protection (ICCP). Do the research on technical analysis and economical compared to use ICCP or SACP to prevention of corrosion, the two systems are compared in term of 20 years, from a technical point of view by using ratio calculation DNV Standart, a comparison of the design stage, the stage of installation, and maintenance, in terms of economical comparison is distinguished from the procurement stage of the system components, the installation phase, and maintenance phase. Comparative data obtain by standarts calculations, literature study, discussion and interview. From the comparison results about 20 years, from a technical analysis the two system are appropriate with standarts that based on standardized accounting system DNV B-401, while from economic analysis, ICCP system cost is spent about Rp. 203.605.000,- and the SACP system cost is Rp. 526.770.000,- so it more economical to use ICCP system about Rp. 323.165.000,- or 38,65 % the cost from SACP system.

Keywords : Corrosion, Cathodic Protection, SACP, ICCP

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. 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. Dumas Tanjung Perak Shipyard terdapat kapal tanker milik Pertamina yaitu kapal MT.MATINDOK, 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 & ekonomis sistem pencegahan korosi pada lambung kapal, dengan variasi sistem pencegahan menggunakan ICCP dibandingkan dengan SACP dalam proses pencegahan korosi [3].

II. KAJIAN LITERATUR

Korosi

Korosi adalah degradasi bahan (umumnya logam) atau sifatnya karena bereaksi dengan lingkungannya.

Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa:

- Yang terdegradasi bahan logam dan non-logam
- Yang terdegradasi bahan atau sifatnya (fisik, mekanik, kimiawi)
- Lingkungan (disekitarnya) : kimiawi, fisik, biologis.

Banyak definisi mengenai korosi, tergantung kepada siapa definisi tersebut disampaikan, tetapi kesemuanya mempunyai maksud yang

sama. Korosi yang bersifat sangat merugikan ini akan terjadi ketika terdapat suatu paduan ataupun logam yang bersifat anodik dan katodik. Dimana pada bagian anodik terjadi proses korosi dan pada bagian yang bersifat katodik yang justru sebaliknya yaitu tidak terjadi proses korosi, selain itu korosi juga akan terjadi ketika terdapat arus listrik (I) meninggalkan logam menuju ke elektrolit dan jika yang terjadi adalah sebaliknya dimana arus listrik masuk ke dalam logam, maka korosi tidak akan terjadi. Korosi pada logam terjadi karena adanya aliran arus listrik dari satu bagian pada ke bagian yang lain di permukaan logam. Aliran arus ini akan menyebabkan hilangnya metal pada bagian dimana arus dilepaskan ke lingkungan (oksidasi atau reaksi anoda). Proteksi terjadi di titik dimana arus kembali ke permukaan logam (reaksi katoda).

Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah pengendalian laju korosi yang dihasilkan oleh polarisasi katodik permukaan logam yang terkorosi (Marshall, 1984). Derajat proteksi ditentukan oleh potensial logam terhadap elektrolit bukan oleh besarnya arus, hal ini dapat diartikan bahwa arus searah yang berasal dari anoda dipaksa menuju ke permukaan struktur sehingga terjadi perubahan beda potensial antara daerah anoda dan katoda

Sejauh ini proteksi katodik banyak digunakan untuk mengendalikan korosi pada pipa minyak, lambung kapal, anjungan pengeboran lepas pantai, pipa gas serta pipa air dibawah tanah. Kesemuanya dilindungi dari serangan korosi di salah satu lingkungan alami yang sehingga kerusakan pada sistem ini akan berakibat fatal terhadap kinerja sistem proteksi. Ada kemungkinan dapat menimbulkan masalah efek iterferensi arus terhadap struktur disekitarnya.

Sistem SACP

Proteksi katodik dengan sistem anoda tumbal dapat dijelaskan dengan prinsip sel galvanik. Dalam suatu sel galvanik, bagian anoda adalah pihak yang terkorosi, sedangkan katoda tidak terkorosi. Dalam proteksi katodik dengan metode anoda tumbal logam yang di proteksi diatur agar berperan sebagai katoda dalam suatu sel korosi dan pasangan yang ditempelkan adalah logam lain yang memiliki potensial elektroda yang lebih negatif sehingga berperan sebagai anoda.

Derajat proteksi dengan metode ini tergantung dari perbedaan potensial antara

logam yang diproteksi (katoda) dan logam yang memproteksi (anoda), mengingat prinsip perhitungannya berdasarkan pemberian elektron dari anoda korban kepada logam yang di proteksi, dimana arus elekttron ekivalen dengan arus proteksi. Prinsip perhitungan proteksi anoda tumbal berdasarkan pada luasan permukaan dan jenis logam yang diproteksi serja jenis logam anoda sebagai tumbalnya.

Sistem ICCP

Dalam perencanaan sistem proteksi katodik dengan metode ICCP pada kapal, terdapat beberapa hal yang mutlak diperhatikan sehingga perencanaan yang dilakukan dapat tepat sasaran yaitu meminimalisir terjadinya korosi pada permukaan kapal yang dilindungi, diantaranya adalah (DNV,1993)

- Kondisi struktur lingkungan yang dilindungi
- Kondisi lingkungan operasional
- Peralatan yang digunakan

Tujuan ICCP ini adalah meminimalisir pengkaratan atau korosi yang terjadi pada logam yang tercelup dalam air. Perlindungan korosi pada lambung terbuka dan tempat tempat yang tersembunyi semacam sea-chest, umumnya dilakukan pada tingkat tertentu saja kecuali pada pembuatan perencanaan instalasi khusus. Perlindungan badan kapal dengan metode ICCP yaitu metode perlindungan dengan memberikan elektron pada badan kapal dengan bantuan sumber arus listrik dari luar. Elektron yang diberikan pada material berasal dari anoda permanen yang terbuat dari logam.

Prinsip dasar sistem ICCP adalah memberikan potensial lebih negatif, sehingga logam akan berpindah ke zona kekebalan. Perbedaan antara zona korosi dengan zona kekebalan semata – mata hanya berpijak pada definisi saja, tetapi dalam kenyataannya meskipun logam berada pada zona kekebalan, korosi masih berlangsung dengan laju yang lebih rendah. Semakin negatif potensial yang diberikan maka akan memperlambat reaksi anodik, sebaliknya reaksi katodik akan semakin cepat, akibatnya logam akan menjadi lebih katodik.

III. 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 di teliti dalam penelitian ini yaitu proses perlindungan kapal menggunakan sistem ICCP dan SACP pada kapal MT.MATINDOK milik PT.PERTAMINA yang dibangun di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard.

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 struktur.

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.

IV. 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 MT.MATINDOK yang dibangun di PT.Dumas

Tanjung Perak Shipyard.

B. Data Kapal

Material plat : SA 36 (*Mildsteel Great A*)
Lenght over all (LOA) : 90 meter
Lenght of water line (LWL): 87,36 meter
Lenght between Perpendicular (LPP): 84 meter
Depth Moulded (H) : 7,20 meter
Breadth Moulded (B) : 15,20 meter
Draught Design (T) : 5 meter
Block Coefficient (CB) : 0,7666
Service speed : 12 knots
Complement : 26 persons
Kerapatan arus permukaan badan kapal: 35 mA/m²

Tinggi kapal 7,2 meter, dikarenakan anoda hanya berfungsi untuk melindungi terhadap daerah yang tercelup air maka perhitungan dihitung sampai sarat kapal, yaitu 5 meter. Untuk *live design* dalam tugas akhir ini adalah 20 tahun.

C. Kondisi Lapisan Pelindung (*Coating*)

Spesifikasi coating : epoxy-anti corrosive, epoxy finish
Temperatur kerja : 24° C
Total dry film thickness : 700 µm

D. Data Zinc Anoda

Anode type : WT 14Z
Dimension (LxWxH) : 550x130x50 (mm)
Core dimension : 700x38x6
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 A.h/kg

E. Data Anoda 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 mm² (lihat Gambar 1)
Tahanan konduktifitas kabel : 423 . 10⁻⁶ ohm/m

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

Berdasarkan Gambar 1 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 kerjanya. Diawali dengan pendesaian sistem sesuai kebutuhan objeknya yang berdasarkan *code Det Norske Veritas Recommended Practise (DnV RP) B104 Cathodic Design (2005)*. Bukan hanya pendesaian 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].

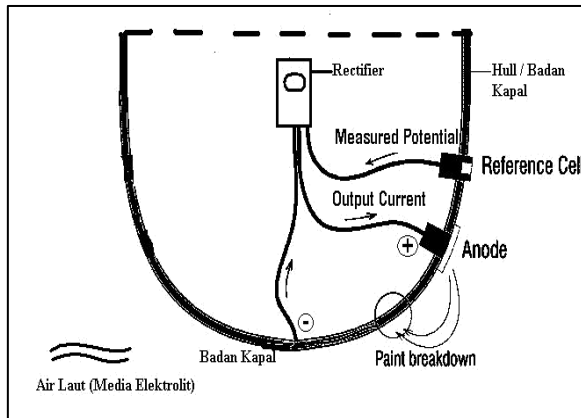
Skema aliran arus yang terjadi pada sistem ICCP diberikan dalam Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, aliran arus berawal dari *Power Supply Unit (Rectifier)* yang dialirkan ke anode kemudian melalui elektrolit air laut, arus akan mengalir menuju struktur *hull* kapal dan melalui kabel *grounding (reference 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 MT.MATINDOK 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 Assosiation 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 anode 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 anode 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 MT.MATINDOK :

- 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 positif pada kapal dan kutub negatif pada voltmeter, sehingga diketahui nilai voltmeter yang sesuai [5].

G. Analisa Teknis Sistem *Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACCP)*

Analisa teknis adalah peninjauan sistem dalam bidang teknis, hal ini berhubungan dengan kelayakan sistem *sacrificial anode* dalam melakukan kinerjanya, diawali dengan pendesignan sistem sesuai dengan kebutuhan objeknya yang berdasarkan *handout Calculation Temporary Cathodic protection (WT ZINC ANODES) for 3500 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 anode pada kapal MT.MATINDOK 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.MATINDOK

Lokasi Instalasi Zinc Anode	Jumlah(Pcs)
Hull (WT 14Z = 21.4 kg) 60 % dipasang di separuh belakang kapal (9 PCs) 40 % dipasang di separuh depan kapal (6 pcs)	25
<i>Sea chest pump room</i> (3.2 kg)	2
<i>Sea chest engine room</i> (4.5 kg)	2
<i>Sea chest emergency room</i> (0.7 kg)	1
Total	30

Tabel 2. Perbandingan ekonomis sistem ICCP dan SACP

TAHAP	BIAYA ICCP(Rp)	BIAYA SACP (Rp)
Pengadaan anode	203.605.000	385.770.000
Instalasi	0	60.000.000
Maintenance	0	81.000.000
TOTAL	203.605.000	353.470.000

Analisa biaya pada tahap desain sistem ICCP didasarkan pada biaya pembelian satu paket komponen sistem ICCP untuk kapal MT.MATINDOK sebesar Rp 203.605.000,00. Analis ekonomis tahap instalasi sistem ICCP didasarkan pada pemasangan ICCP di kapal, dengan rincian : Instalasi dilakukan 2 hari, dimana pihak Cathelco yang melakukan instalasi langsung dengan mengirim tenaga ahlinya dalam bidang instalasi perangkat ICCP dan pada tahap ini sama sekali tidak dikenakan biaya. Untuk analisa ekonomis tahap *maintenance*, sistem ICCP memberikan garansi selama 2 tahun, dimana garansi meliputi seluruh perangkat dalam sistem ICCP. Dan memberikan fasilitas inspeksi setiap 2 tahun sekali dengan persyaratan pemilik produk rutin melaporkan Logsheets bulanan ke pihak Cathelco. 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.Dumas harga Zinc Anode perkilogramnya adalah Rp 70.000, biaya untuk pembelian anoda tiap 2 tahun sekali

adalah = $551.1 \text{ kg} \times \text{Rp } 70.000,00 = \text{Rp } 38.577.000,-$ Jadi Jika di asumsikan dengan umur 20 tahun maka biaya design sistem SACP dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp 385.770.000,-.

Analisa ekonomis instalasi sistem SACP, menurut sumber dari PT. Dumas biaya instalasi sebagai berikut :

1 titik Rp. 200.000, sedangkan ada 25 titik di Hull dan di 5 titik *sea chest*. Jadi total biaya untuk instalasi SACP adalah $\text{Rp.}200.000 \times 30 = \text{Rp. } 6.000.000,-$ Bila diasumsikan dengan umur 20 tahun maka biaya instalasi sistem SACP dikalikan 10 maka biaya total selama 20 tahun = Rp. 60.000.000,-

Analisa ekonomis tahap *maintenance* sistem SACP meliputi biaya re coating WBT sebesar 270.000 tiap titik karena ada 30 titik maka biaya re coating adalah $270.000 \times 30 = 8.100.000.$

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 81.000.000,00

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. 323.165.000,-

V. 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. Namun dari segi kemampuan untuk melindungi lambung kapal, tingkat perlindungan ICCP lebih luas yaitu sebesar $1802,53 \text{ m}^2$ luasan struktur material.

Tahap Instalasi: Sistem SACP cenderung lebih mudah dari sistem ICCP. Sistem SACP hanya melakukan pengelasan pada titik-titik yang sudah ditentukan lokasi anodanya, 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. 203.605.000,- sehingga lebih ekonomis menggunakan sistem ICCP sebesar Rp. 323.165.000,- atau 38,65% dari biaya sistem SACP.

Umar, Husein. 2013. Studi Kelayakan Bisnis. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

Cathelco.2013. Anti – Fouling System Installation & Operational Manual. (Chesterfield, UK : Cathelco)

Cathelco. 2013. Marine Impressed Current Cathodic Protection (Chesterfield, UK : Cathelco)

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.