PROTOTYPE ALAT SIMULASI PENGENDALIAN KOROSI METODE PROTEKSI KATODIK ARUS PAKSA DALAM LARUTAN NaCl 3,56%

Agustinus Ngatin, Yunus Tonapa S, Saripudin

Jurusan Teknik Kimia, Polban, Bandung

E-mail: ngatin_agustinus@yahoo.com

Abstrak
Metode pengendalian korosi logam di lingkungan air laut dilakukan proteksi katodik arus paksa, dengan logam menjadi katodik dihubungkan dengan anoda inert. Prototype alat simulasi pengendalian korosi metode proteksi katodik arus paksa di lingkungan NaCl 3,56% adalah simulasi dalam skala laboratorium, sehingga mahasiswa dapat memepelajari metode ini. Tujuan peneltian ini adalah membuat prototype alat simulasi pengendalian korosi metode proteksi katodik arus paksa dan pengujiannya menggunakan elektroda perak/CSE untuk mengukur potensial logam. Prototype alat simulasi ini menggunakan elektroda karbon, pipa galvanis, coating, dan baja karbon dalam wadah bervolume 5,0 Liter. Hasil pengukuran potensial logam menunjukkan bahwa potensial logam yang dialiri arus 0,12 mA or 3,2 volt, dicoating, dan pipa galvanis menghasilkan potensial lebih negatif dari kriteria proteksi (<-0,850 V/CSE) atau terproteksi, dan potensial baja karbon tanpa proteksi menghasilkan -0,675 V/CSE berarti baja karbon terkorosi. Potensial logam berada dalam rangkaian menunjukkan -1,095 Volt/Ag/AgCl berarti logam terproteksi dan logam di luar rangkaian potensialnya -0,675 Volt sampai 0,475 Volt/(Ag/AgCl) berarti kondisi logam terkorosi.

Kata kunci: arus paksa, baja karbon, larutan NaCl 3,56%, potensial logam, proteksi katodik

Abstract
Corossion control method metal in the sea water is impressed curent cathodic protection, with mettal become kathodic is contacted with inert anode. This prototype simulation technic corrosion control cathodic protection method impressed curent in environmetal NaCl 3,56% is simulation in lab scale, so that the student can studies this method. The reseach aim to make prototype simulation corrosion control impressed curent cathodic protection method and the test used CSE or Ag/AgCl reference to measure metal potensial. Prototype this simulation used carbon electrode, galvanis pipe, coating, and carbon steel in tank 5.0 Liter volum. Measuring potential metal result is resulted that potential metal/pipe with curent 0,12 mA or 3,2 volt, metal coated, galvanis pipe is the potensial more negative from protection criteria (< -0,850 V/CSE) that is the condition metal/pipe is protected, and potential carbon steel is resulted -0,675 V/CSE or more positip from protection creteria thats metal/pipe is corrosion. If measuring potential metal/pipe to use Ag/AgCl reference, potential metal/pipe in the circuit is -0,1095 V/Ag/AgCl is the metal is protected and metal is not circuit the potensial metal more positip to initial -0,675 V until -0,475 V/Ag/AgCl that is the condition is not protected.

PENDAHULUAN

Lingkungan NaCl 3,56% merupakan lingkungan yang korosif, yang dapat menyebabkan korosi logam khususnya baja karbon. Di lingkungan tersebut, baja karbon sangat cepat mengalami korosi dibandingkan lingkungan lain. Air laut mempunyai kandungan NaCl sekitar 3,5% (Sulaiman, 2011) dan larutan NaCl 3,56% merupakan lingkungan yang dapat menyebabkan korosi baja karbon paling cepat (Supriyanto, 2007). Untuk mengendalikan korosi logam dalam air laut menggunakan metode proteksi katodik.

Prinsip proteksi katodik adalah menurunkan potensial logam/struktur sampai mencapai daerah imun atau di bawah -0,850 V/CSE (NACE 0169 - 92) atau membanjiri arus atau elektron ke

logam/struktur, sehingga struktur menjadi katodik (Sulaiman, 2011). Arus yang mengalir ke logam yang diproteksi dapat berasal dari sumber arus searah untuk metode proteksi katodik arus paksa (*Impressed Curent Cathodic Protection:ICCP*) atau berasal dari logam yang dikorbankan untuk metode proteksi katodik anoda korban (*Sacrifial Anode Cathodic Protection: SACP*).

Pengendalian korosi baja karbon metode proteksi katodik arus paksa memerlukan sumber arus baik dari PLN atau baterai. Jika sumber arus dari PLN, maka arus dilewatkan melalui rectifier, sehingga arus menjadi searah dan dihubungkan dengan struktur sebagai katoda atau kutub negatif dan kutub positif (anoda) dihubungkan dengan *grounbed* yang berfungsi sebagai penghantar arus. Arus dari anoda mengalir melalui media elektrolit menuju struktur logam yang bersifat katodik dan terproteksi (Peabody 1967).

Reaksi yang terlibat pada proteksi katodik arus paksa, di anoda melibatkan reaksi oksidasi dan di katoda melibatkan reaksi reduksi (Jones:1992).

Reaksi anoda di lingkungan air laut adalah:

$$H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e \quad .....1)$$

dan

$$2Cl^- + 2e \rightarrow Cl_2 \quad .....2)$$

Reaksi di katoda adalah

$$\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- \quad .....3)$$

Jenis anoda yang digunakan pada proteksi katodik arus paksa antara lain adalah platina atau logam yang dilapis platina, baja, besi, besi tuang, Pb-Pt, Pb-Ag, grafit (Trethewey, 1991, Morgen: 1987).

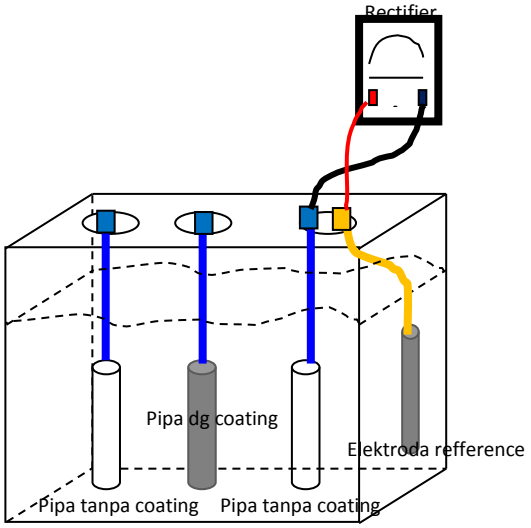
Beberapa aplikasi proteksi katodik arus paksa di lingkungan air laut dapat dilakukan pada lambung kapal, tiang pancang, anjungan, dan lain-lain. Kriteria proteksi baja karbon dalam tanah adalah <-850 mV/CSE (*copper sulfate electrode*) atau sisa polarisasi minimal 100mV. Untuk lingkungan air laut <-800 mV atau lebih negatif terhadap perak (Ag/AgCl), atau turun 300 mV [NACE 01 69-92, ISO 15589-1 (2003)].

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana membuat prototype alat proteksi katodik arus paksa dan pengujiannya dalam skala lab di lingkungan akuatik! Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan membuat prototype alat simulasi proteksi katodik arus paksa di lingkungan NaCl 3,56% dan melakukan pengujian dengan mengukur potensial logam dari berbagai kondisi, potensial logam sebelum dan setelah dilakukan proteksi katodik. Pengukuran potensial logam menggunakan elektroda standar *Copper sulfate electrode* (CSE) atau elektroda standar perak (Ag/AgCl).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian pembuatan prototype alat simulasi pengendalian korosi baja karbon metode proteksi katodik arus paksa di lingkungan NaCl 3,56% diawali dengan perancangan alat sederhana.

Rancangan alat simulasi direncanakan dibuat wadah bervolume 5,0 Liter yang diisi dengan larutan NaCl 3,56% yang di dalamnya dimasukkan elektroda grafit sebagai penghantar dan material baja karbon seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Alat Simulasi ICCP

Material logam baja karbon dilakukan pengujian dengan mengukur potensial logam yaitu pipa yang digalvanis, pipa dicoating, dialiri arus, dan tanpa proteksi. Beberapa material yang akan dirangkai untuk pengujian alat simulasi proteksi katodik arus paksa ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Material Uji dan Elektroda Untuk ICCP Skala Lab

Pengujian korosi dilakukan dengan pengukuran potensial logam/pipa menggunakan elektroda standar CSE (*copper sulfate electrode*) dan avometer.

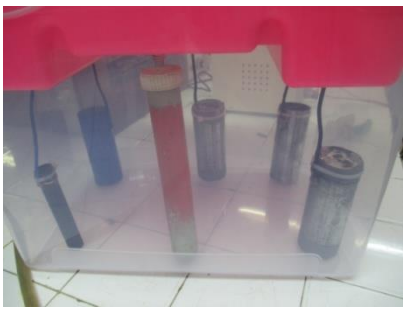
Hasil pengujian dari pengukuran potensial logam dibandingkan antara logam yang diproteksi, digalvanis, dicoating, tanpa coating, sehingga kondisi logam dapat dinalisis untuk menentukan kondisi logam terproteksi/aman atau tidak aman berdasarkan kriteria proteksi.

Batasan proteksi dalam sistem proteksi katodik yaitu batas minimum nilai potensial proteksi (dikenal dengan istilah kriteria terproteksi) ditentukan oleh standar NACE SP 0169-2007 Sect. 6, dan batasan maksimum nilai potensial proteksi (dikenal dengan istilah over-proteksi) ditentukan oleh standard IPS-I-TP-820-1997 Sect. 6. Menurut NACE struktur logam baja karbon terproteksi atau pada kondisi aman jika potensialnya < -850 mV/CSE atau lebih negatif atau < -800 mV/ Ag/AgCl ((NACE 0169 - 92).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype Alata Simulasi

Prototype alat simulasi proteksi katodik arus paksa dalam larutan NaCl 3,56% dalam suatu wadah berisi 10,0 Liter larutan NaCl 3,56% ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Prototype Alat Simulasi

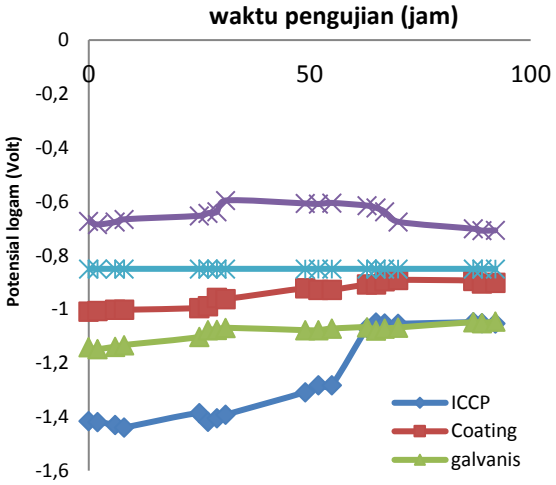
Prototype alat simulasi proteksi katodik arus paksa dibuat berdasarkan rancangan dalam suatu wadah bervolume sekitar 10 liter, yang dapat diisi dengan 5,0 Liter larutan NaCl 3,56% dicelupkan anoda grafit yang berwarna hitam, pipa yang dicoating, pipa galvanis, dan baja karbon tanpa proteksi.

Semua pipa dihubungkan dengan kawat dan pipa paling depan dihubungkan dengan sumber arus listrik searah dengan tujuan semua pipa terproteksi, kecuali baja

karbon. Pada saat pengukuran potensial logam, elektroda standar CSE dicelupkan dalam larutan yang ditunjukkan dengan warna merah.

Pengujian Alat Simulasi Proteksi Katodik arus Paksa

Hasil pengujian pengukuran potensial alat simulasi proteksi katodik arus paksa pada baja karbon dalam skala laboratorium di lingkungan larutan NaCl 3,56% disajikan pada Gambar 4 berikut.



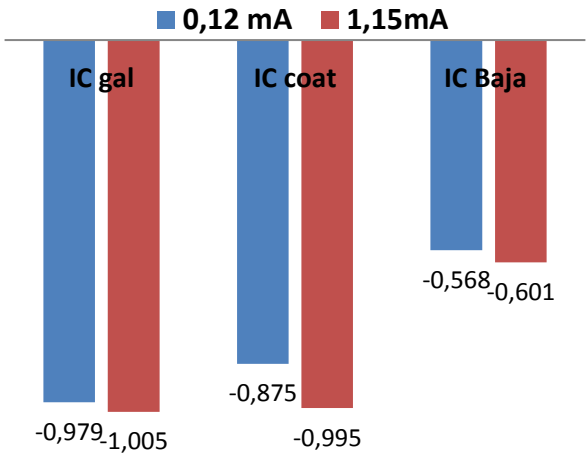
Gambar 4. Hasil Pengukuran Potensial Logam vs CSE

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa pengendalian korosi dengan metode arus paksa atau struktur dialiri arus sebesar 0,009 A atau tegangan 3,2 Volt menghasilkan pengukuran potensial korosi pada struktur di awal proteksi sekitar -1,410 Volt/CSE sampai stabil pada -1,051 Volt/CSE dengan pipa tercelup dalam larutan NaCl 3,56% mencapai waktu 63 jam, coating sekitar -0,965 Volt/CSE, baja galvanis sekitar -1,071 Volt/CSE sampai waktu 92 jam. Ketiga metode proteksi korosi yang digunakan menunjukkan struktur pipa terlindungi dengan baik dengan hasil pengukuran di bawah kriteria proteksi yaitu -0,850 Volt/CSE (Morgan, 1952, ISO 15589-1, 2003).

Untuk baja karbon yang tidak dilakukan proteksi mempunyai potensial logam sekitar -0,675Volt/CSE. Hasil ini menunjukkan pipa/logam dalam kondisi tidak terproteksi dan mengalami korosi.

Pengaruh Arus terhadap Potensial Logam

Besarnya arus yang digunakan adalah 0,12mA dan 1,15mA dalam media elektrolit air tanah yang mempunyai pH sekitar 6,50. Hasil pengukuran potensial logam pada pipa ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Besarnya Arus vs Potensial Pipa

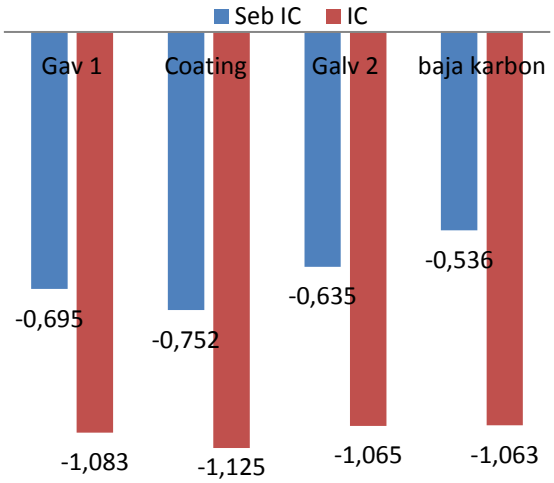
Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan bahwa pipa yang dialiri arus yang lebih besar (1,15 mA) menghasilkan potensial pipa lebih negatif dibandingkan pada aliran arus (0,12mA). Ini menunjukkan bahwa arus yang besar akan memproteksi pipa yang besar, tetapi nilai potensial proteksi ada batasnya yaitu sekitar -1,200 V/CSE, sebab jika potensial proteksi di bawah nilai tersebut akan terjadi over proteksi (Morgan, 1952, ISO 15589-1, 2003).

Untuk pipa yang digalvanis dan coating dialiri arus sekitar 0,12 mA dan 1,15 mA menunjukkan nilai potensial proteksi lebih negatif dari kriteria

proteksi. Ini berarti pipa dalam kondisi terproteksi atau aman, tetapi untuk logam baja karbon menghasilkan potensial pipa lebih positip daripada kriteria proteksi. Ini menunjukkan logam baja karbon dalam kondisi tidak aman atau mengalami korosi atau agar terproteksi diperlukan arus yang lebih tinggi. Karena nilai potensial logam sekitar -0,598 V/CSE.

Pengukuran E pipa dengan Elektroda Standar Perak (Ag/AgCl).

Hasil pengukuran potensial pipa sebelum dan setelah diproteksi menggunakan metode proteksi arus paksa terhadap elektroda standar perak disajikan pada Gambar 6 berikut ini



Gambar 6. Hasil Potensial Pipa Dalam NaCl 3,56%

Berdasarkan Gambar 6. ditunjukkan bahwa potensial pipa yang belum diproteksi mempunyai harga potensial logam > -0,80 Volt/Ag/AgCl atau sekitar -0,693 Volt/Ag/AgCl yang berarti potensial logam dalam kondisi terkorosi dan logam yang dialiri arus dengan tegangan 2,0 Volt mempunyai nilai potensial logam/pipa < -0,80 Volt/Ag/AgCl (di bawah kriteria proteksi) atau sekitar -1,083 Volt/Ag/AgCl. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pipa dalam kondisi terproteksi atau dalam kondisi aman (ISO 15589-1, 2003).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa simpulan adalah prototype alat simulasi proteksi katodik metode arus paksa berhasil dibuat dengan rangkaian yang sederhana dengan wadah 10 Liter dan dapat diisi larutan sekitar 5,0 Liter, yang diaplikasikan pada material pipa galvanis, dicoating dengan elektroda grafit sebagai penghantar.

Pengujian proteksi katodik arus paksa pada baja karbon dilakukan pengukuran potensial pipa dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa potensial pipa dialiri arus, dicoating, dan pipa galvanis menghasilkan potensialnya lebih negatif dari kriteria proteksi (< -0,850 V/CSE) atau kondisi pipa terproteksi, sedangkan potensial baja karbon menghsilkan -0,675 V/CSE atau di atas kriteria proteksi yang berarti baja karbon mengalami korosi. Potensial pipa dalam media NaCl 3,56% dengan arus lebih tinggi menghasilkan pengukuran potensial logam lebih negatif yaitu arus 0,12 mA menghasilkan potensial pipa -0,979 Volt dan arus 1,15 mA menghasilkan 1,005 Volt, untuk pengukuran menggunakan elektroda standar perak dihasilkan potensial pipa terproteksi -1,083 Volt dan potensial tdk terproteksi -0, 691 Volt/ ag/AgCl.

Saran

Pengukuran potensial logam/ struktur di lingkungan akuatik dilakukan terhadap standar perak dan dapat dilaakukan modifikasi untuk lingkungan

yang lain larutan lain seperti dalam air tanah, larutan asam atau garam yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui dana DIPA Politeknik Negeri Bandung sesuai dengan Surat Perjaanjian pelaksanaan Program Penelitian Unggulan untuk Peningkatan Kapasitas Lab/Program Studi No. 529.12/PL1.R7/LT/2015

DAFTAR PUSTAKA

Jones, (1992), *Principles and Prevention of Corrosion*, Macmillan PC, USA.

Morgan, John, (1987), *Cathodic protection*, NACE.

Peabody.A.W., (1975), *Control Of Pipeline Corrosio*n, NACE.

Sulaiman , (2011), *Proteksi katodik di lingkungan air laut.*

Supriyanto, (2007), *Pengaruh konsentrasi larutan NaCl terhadap laju koros baja karbon rend*ah, Universitas Muhamadiyah Surakarta, Surakarta.

Trethewey, (1991), *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

----------, NACE 0169 – 92, Protection Cretiria.

----------, ISO 15589-1 (2003), Kriteria Proteksi Baja Karbon.