

# Analisis Perbandingan Teknis Sistem ICCP Menggunakan Variasi Peletakan *Groundbed* pada *Line* Pipa Gas di Perusahaan Pupuk

Vitalia Dian Novita<sup>1\*</sup>, Bambang Antoko<sup>2</sup>, Pekik Mahardhika<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Email: [vitaliadrn015@gmail.com](mailto:vitaliadrn015@gmail.com)<sup>1</sup>; [bambangantoko@gmail.com](mailto:bambangantoko@gmail.com)<sup>2</sup>; [pekikmahardhika@ppns.ac.id](mailto:pekikmahardhika@ppns.ac.id)<sup>3</sup>

**Abstract** - Corrosion is a natural process indicated by material degradation caused by reaction of metal with its environment. It became one of the problems often occurred in industries. One of them is in fertilizer industry. Therefore, the best prevention system should be chosen. Fertilizer industry is one of industries in Indonesia established to fulfill national needs. In one particular factory, there is a problem on cathodic protection, so countermeasures must be done. The pre-installed SACP with less protection causes many recommendations proposed to change that into ICCP. Refer to the previous research and based on the existing condition, variations of *groundbed* laying can be done to analyze which one is the most suitable for that factory. 5 point locations have been selected in the area. The first step carried out is to calculate technical needs on each variation. The second step is to do comparative analysis. Finally, it can be concluded, in technical point of view, that ICCP system using 2 *groundbed* type 3 is the most effective one to be used in that factory because it has the lowest protection voltage of 3.4268 volts. It is also the most advantageous one based on technical needs compared to the other variations.

**Keyword:** Cathodic Protection, Corrosion, *Groundbed*, ICCP, Industrial Fertilizer.

## Nomenclature

$I_t$	total arus proteksi (A)
SA	luasan pipa (m <sup>2</sup> )
CD	densitas arus (mA/m <sup>2</sup> )
CB	coating breakdown (%)
sf <sub>1</sub>	safety factor 1 (%)
R <sub>BR</sub>	tahanan <i>backfill</i> relatif (Ω)
R <sub>tanah</sub>	resistivitas tanah (Ωm)
L <sub>B</sub>	panjang <i>backfill</i> aktif (m)
D <sub>B</sub>	diameter <i>backfill</i> (m)
R <sub>GB</sub>	tahanan <i>groundbed</i> (Ω)
R <sub>a</sub>	tahanan anoda relatif (Ω)
N <sub>a</sub>	jumlah anoda dalam 1 <i>groundbed</i> (buah)
f <sub>a</sub>	faktor interferensi anoda
R <sub>c</sub>	tahanan kabel (Ω)
L <sub>c</sub>	panjang kabel (m)
R <sub>CS</sub>	tahanan kabel spesifik (Ω/m)
N	jumlah kabel paralel
C	umlah inti kabel
R <sub>kabel-pos</sub>	tahanan total sirkuit positif (Ω)
V <sub>DC</sub>	tegangan proteksi DC yang dibutuhkan (V)
R <sub>T</sub>	tahanan total (R <sub>pos</sub> ) (Ω)
sf <sub>3</sub>	safety factor 3 (%)
B <sub>emf</sub>	tegangan balik (V)

## 1. PENDAHULUAN

Industri pupuk yang ada di Indonesia memiliki fungsi untuk memenuhi kebutuhan nasional dalam bidang pertanian dan pangan yang semakin hari semakin meningkat. Demi menunjang semua pelayanan distribusi dan

proses, sistem jaringan pipa dan instrumen lain didesain dengan aman dan ramah lingkungan. Salah satunya yaitu sistem perpipaan *aboveground* maupun *underground* yang dirancang dengan memperhatikan performanya. Namun ada salah satu masalah yang sering timbul dalam industri ini yaitu peristiwa korosi. Korosi adalah kerusakan material umumnya logam yang ditandai dengan adanya pengurangan ketebalan pada material yang secara umum disebabkan oleh reaksi material dengan lingkungan di sekitarnya. Korosi tidak dapat dicegah atau dihilangkan, namun masih bisa dikendalikan dengan menurunkan lajunya. Salah satu cara yang dipakai untuk mengendalikan korosi pada salah satu perusahaan pupuk secara umum adalah dengan menggunakan proteksi katodik. Berdasarkan data dari Departemen Inspeksi Teknik di salah satu perusahaan pupuk yang ada di Indonesia yang sedang mengalami kegagalan proteksi katodik, sebelumnya telah menggunakan metode SACP untuk perlindungan korosinya. Namun, ada permasalahan proteksi sehingga muncul rekomendasi pergantian sistem proteksi katodik metode SACP menjadi ICCP. Dengan memperhatikan lahan yang ada, variasi peletakan *groundbed* dapat dilakukan untuk mendapatkan proteksi katodik ICCP yang paling sesuai dari segi teknisnya. Pada penelitian dengan judul “Analisis Perbandingan Teknis Sistem ICCP Menggunakan Variasi Peletakan *Groundbed* pada *Line* Pipa Gas di Perusahaan Pupuk” ini pada dasarnya merujuk penelitian sebelumnya dengan judul “Analisa

Pengaruh Variasi Jumlah *Groundbed* Terhadap Kebutuhan Tegangan Proteksi pada Metode Proteksi Katodik ICCP untuk *Underground Trunkline PGDP*” dengan memvariasikan peletakan *groundbed* pada ICCP sehingga dapat diketahui lokasi *groundbed* yang paling sesuai untuk perusahaan pupuk terkait.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alat & Bahan

Dalam penelitian kali ini, beberapa standar digunakan untuk proses pengerjaannya. Berikut adalah beberapa standar perancangan yang digunakan:

- NACE Standard RP-0169-2002 *Control of External Corrosion of Underground or Submerged Metallic Piping System*,
- NACE Standard RP-0572-2001 *Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds*,
- A.W. Peabody, *Control of Pipeline Corrosion*, NACE International The Corrosion Society.

### 2.2 Tinjauan Pustaka

Berikut beberapa pustaka yang perlukan sebagai dasar teoritis pengerjaan penelitian ini:

- **Korosi**

Korosi adalah perusakan atau penurunan mutu dari material akibat bereaksi dengan lingkungan [1]. Dalam kehidupan sehari-hari, sering kita jumpai penggunaan istilah korosi yang disamaartikan dengan karat. Dua kata ini sebenarnya tidak sama. Karat adalah istilah produk korosi yang lebih dikhususkan untuk logam besi (*ferrous*). Sedangkan istilah korosi seharusnya dimaksudkan dengan cakupan yang lebih luas dan secara umum untuk material baik logam maupun non logam.

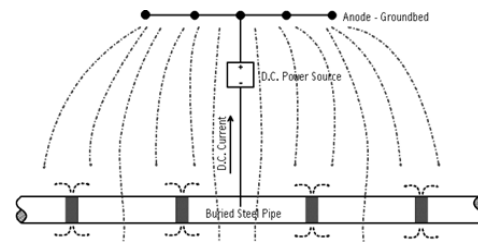
- **Cathodic Protection (Proteksi Katodik)**

Proteksi katodik (*Cathodic Protection*) merupakan teknik yang digunakan untuk pengendalian korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia [2]. Proteksi katodik ini merupakan metode yang umum digunakan untuk melindungi struktur logam dari korosi. Sistem proteksi katodik ini biasanya digunakan untuk melindungi baja, jalur pipa, tangki, tiang pancang, kapal, anjungan lepas pantai, dan *casing* (selubung) sumur minyak di darat. Efek samping dari penggunaan yang tidak tepat adalah timbulnya molekul hidrogen yang dapat terserap ke dalam logam sehingga menyebabkan *hydrogen embrittlement* (kegetasan hidrogen).

Ditinjau dari sumber listriknya, metode proteksi katodik dibagi menjadi dua, yaitu metode anoda korban (*sacrificial anode*) dan metode arus tanding (*Impressed Current*).

- **Metode Proteksi Katodik Arus Tanding**

Prinsip dari metode anoda arus tanding ini adalah melindungi logam dengan cara mengalirkan arus listrik searah yang diperoleh dari sumber luar, biasanya dari penyearah arus (*transformer rectifier*), dimana kutub negatif dihubungkan ke logam yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda [3]. Dimana material anoda yang bisa digunakan dalam metode arus tanding adalah logam yang konduktif dan mempunyai sifat *inert* atau *semi consumable*. Skema ICCP seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Skema Proteksi Katodik ICCP

- **Groundbed**

Secara definisi, *groundbed* adalah satu atau lebih anoda yang dipasang di bawah permukaan tanah dengan tujuan untuk melakukan proteksi katodik [4]. Secara bentuknya, *groundbed* dibedakan menjadi 2 yaitu *vertical groundbed* dan *horizontal groundbed*. Dalam penggunaan pada lapangan, *vertical groundbed* lebih banyak digunakan karena selain menghemat tempat secara horizontal, tipe ini digunakan untuk mendapatkan resistivitas tanah yang lebih kecil karena resistivitas tanah pada permukaan yang sangat tinggi. Dalam penelitian ini *groundbed* yang digunakan adalah *vertical groundbed*. Sedangkan dilihat dari segi pemasangannya, tipe *groundbed* dibagi menjadi 2 macam [5] yaitu:

1. *Shallow Groundbed*

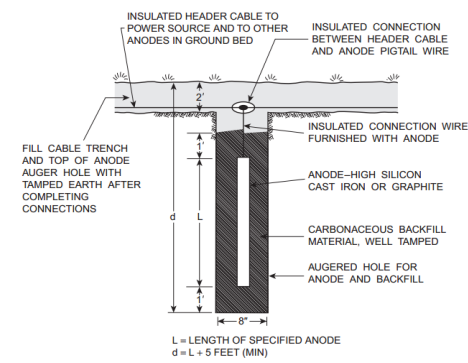
*Shallow groundbed* adalah *groundbed* yang terdiri dari satu atau lebih anoda yang dipasang secara vertikal atau horizontal dengan kedalaman kurang dari 15m (50 ft). Tipe ini biasanya digunakan apabila resistivitas tanah di permukaan tanah rendah dan struktur tanah keras.

2. *Deep Groundbed*

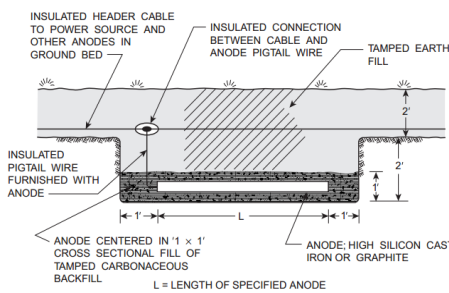
Sedangkan *deep groundbed* adalah tipe *groundbed* yang terdiri dari satu atau lebih anoda yang dipasang secara vertikal dengan kedalaman 15m atau lebih di bawah permukaan tanah dalam suatu lubang.

Berikut Gambar 2 merupakan ilustrasi pemasangan *vertical groundbed* dan Gambar

3 merupakan ilustrasi pemasangan dari *horizontal groundbed* [6]:



Gambar 2. Ilustrasi Pemasangan Vertical Groundbed



Gambar 3. Ilustrasi Pemasangan Horizontal Groundbed

### 2.3 Formula Matematika

Formula yang digunakan dalam perhitungan – perhitungan pada penelitian ini meliputi:

#### 1. Arus Proteksi

Nilai arus proteksi yang digunakan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I_t = SA \times CD \quad (1)$$

#### 2. Hambatan Sirkuit Keseluruhan

Nilai hambatan sirkuit keseluruhan sangat mempengaruhi nilai dari tegangan proteksi yang digunakan. Untuk mengetahuinya dapat digunakan persamaan berikut:

$$R_a = \frac{R_B}{2 \times \pi \times L_a} \times \ln \left[ \left( \frac{8 \times L_a}{D_a} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

$$R_{BR} = \frac{R_{tanah}}{2 \times \pi \times L_b} \times \ln \left[ \left( \frac{8 \times L_b}{d_b} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

$$R_{GB} = \frac{R_a}{N_a} \times f_a + R_{BR} \quad (4)$$

$$R_c = \frac{L_c \times R_{cs}}{N \times C} \quad (5)$$

$$R_{pos} = R_{gb} + R_{kabel-pos} \quad (6)$$

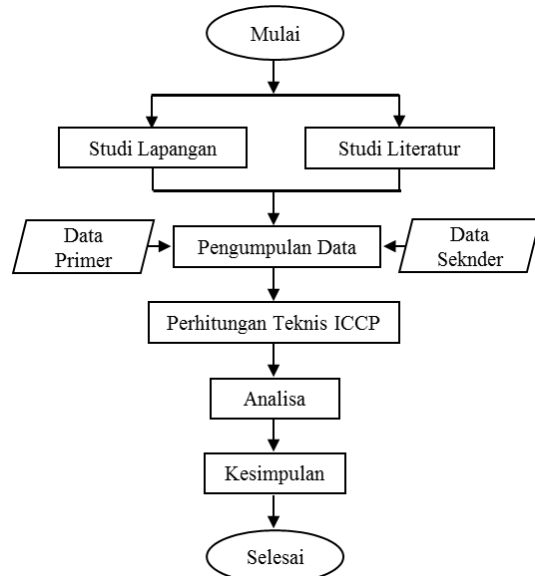
#### 3. Tegangan Proteksi

Nilai dari tegangan proteksi yang digunakan untuk proteksi dengan metode ICCP dapat digunakan persamaan berikut:

$$V_{DC} = \left[ (I_t \times R_t) \times (1 + sf_3) \right] + B_{emf} \quad (7)$$

### 2.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisa perbandingan hasil perhitungan kebutuhan teknis pada seluruh variasi peletakan *groundbed*. Berikut Gambar 4 merupakan diagram alir penelitian:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

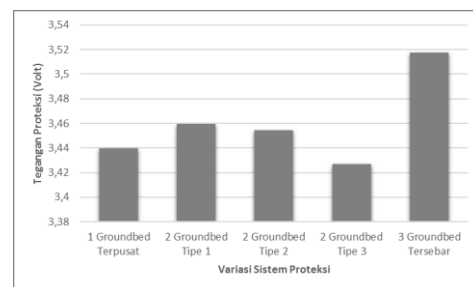
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil perhitungan teknis dari tiap variasi peletakan *groundbed* sesuai dengan Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Hasil Perhitungan Teknis Variasi Peletakan *Groundbed*

Variasi Groundbed	Tegangan Proteksi (V)
1 Groundbed Terpusat	3,4398
2 Groundbed Tipe 1	3,4596
2 Groundbed Tipe 2	3,4546
2 Groundbed Tipe 3	3,4268
3 Groundbed Tersebar	3,5178

Berdasarkan hasil perhitungan teknis yang telah dilakukan, maka dapat dianalisa perbandingan hasil perhitungan yang didapatkan. Berikut Gambar 5 merupakan grafik perbandingan teknis variasi peletakan *groundbed* pada sistem ICCP:



Gambar 5. Perbandingan Teknis Variasi Peletakan *Groundbed*

Berdasarkan Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa semakin banyak *groundbed* yang dipakai belum tentu tegangan yang diperlukan untuk proteksi akan semakin besar. Tegangan proteksi yang dihasilkan diperoleh dari hasil perhitungan arus proteksi serta total tahanan yang didapatkan pada rangkaian sistem proteksi katodik.

Dari obyek penelitian yaitu disain sistem proteksi katodik ICCP dengan variasi peletakan *groundbed* pada salah satu Perusahaan Pupuk yang diteliti, dapat dianalisa bahwa salah satu perhitungan yang berpengaruh besar terhadap tegangan proteksi adalah tahanan kabel. Semakin panjang akumulasi kabel yang dihubungkan antara *positive junction box* ke obyek pipa yang diproteksi, maka akan semakin besar tahanan yang dihasilkan. Karena tahanan dan tegangan berbanding lurus, sehingga apabila tahanan semakin besar nilainya, maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan hasil perbandingan, sistem proteksi yang paling efektif untuk dipakai di salah satu Perusahaan Pupuk yang diteliti adalah dengan menggunakan 2 *groundbed* tipe 3, yang mana memiliki tegangan terkecil sehingga mampu memperkecil arus final yang dikeluarkan oleh TR. Selain itu, hal ini menjadi keunggulan teknis karena dapat mencegah adanya *protection failure* yang disebabkan oleh gangguan eksternal sistem. Suatu sistem dengan adanya lebih dari 1 *groundbed* juga dapat meminimalisir *range* proteksi yang terlalu lebar sehingga anoda akan dapat bekerja lebih optimal.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi peletakan *groundbed* pada sistem ICCP mempengaruhi hasil tegangan proteksi yang dikeluarkan, yaitu 3,4398 volt untuk 1 *groundbed* terpusat; 3,4596 volt untuk 2 *groundbed* tipe 1; 3,4546 volt untuk 2 *groundbed* tipe 2; 3,4268 volt untuk 2 *groundbed* tipe 3; dan 3,5178 volt untuk 3 *groundbed* tersebar.
2. Semakin besar nilai akumulasi panjang kabel positif pada sistem proteksi katodik ICCP, maka tegangan yang dihasilkan untuk proteksi semakin besar.
3. Sistem ICCP yang paling efektif digunakan untuk perusahaan pupuk terkait adalah dengan menggunakan 2 *groundbed* tipe 3 karena memiliki keunggulan teknis yang paling banyak.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyusunan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan

berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang memberikan dukungan lahir maupun batin.
2. Ir. Eko Julianto, M.Sc., MRINA., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. George Endri Kusuma, S.T., M.Sc. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Raden Dimas Endro Witjonarko, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bambang Antoko, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, atas segala bimbingan ilmu, waktu dan kesabaran dalam memberi pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Pekik Mahardhika, S.S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II sekaligus koordinator Tugas Akhir Program Studi D4 Teknik Perpipaan, atas segala bimbingan ilmu, waktu dan kesabaran dalam memberikan masukan dan pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Civitas akademika Jurusan Teknik Permesinan Kapal yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fontana, M. (1987). *Corrosion Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- [2] NACE RP 0169. (2002). *Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems*. Texas: NACE International.
- [3] NACE RP 0572. (2001). *Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds*. Texas: NACE International.
- [4] Baboian, R. (2002). *NACE CORROSION ENGINEER'S REFERENCE BOOK Third Edition*. Texas: NACE INTERNATIONAL.
- [5] Kurniawantoro, F., Wismawati, E., & Bisono, F. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Groundbed Terhadap Kebutuhan Tegangan Proteksi Pada Metode Proteksi Katodik ICCP Untuk Underground Trunkline PGDP. *2nd Conference Piping Engineering and It's Application* (pp. 610-613). Surabaya: Teknik Perpipaan - PPNS.
- [6] Peabody, A. W. (Sam). (2001). *PEABODY'S CONTROL OF PIPELINE CORROSION SECOND EDITION*. Texas: NACE International The Corrosion Society.

- [7] Adam, D. N., Prasajo, B., & Mahardhika, P. (2016). Analisa Perbandingan SACP dan ICCP sebagai Proteksi Katodik untuk Underground Trunkline PGDP. *1st Conference on Piping Engineering and Its Application* (pp. 92-97). Surabaya: PPNS.

**(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)**