

ANALISA PENGARUH PEMODELAN TYPE GROUND BED TERHADAP EFISIENSI DESAIN IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION

Fachrina Zieyan Wardhani^{1*}, Bambang Antoko², Subagio So'im³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1}*

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: Fachrina04@gmail.com^{1*}; Bambangantoko@gmail.com²; Subagiosoim@gmail.com³

Abstract - To protect the underground pipeline along 37 km. An oil company install CP with ICCP method. This pipeline connecting CPA and FSO. But problem that occurs on the cathodic protection system is overprotection and lessprotection for protecting pipe. This problem cause pipe easily corroded. This final project will be redesign cathodic protection using ICCP method with 8 variation groundbed type, 3 variation depth, and 3 variation of voltage capacity. There will be 72 variation of groundbed type, for use to be a consideration which groundbed type is efficient for this cathodic protection design. With the consideration how much voltage does the transformer need and how much produce current the transformer produce to protect the pipe. First, calculate ICCP current protection requirement. Then calculate of produce current and voltage requirement. Then analyze against each of groundbed variation. From this research, can be conclude the protection current required for protecting pipe along 31739.04 m² is 11.902 amperes with using 8 pieces of anode. Based on the technical calculation of groundbed type, Deep Vertical Seri type is recommended. Because at this type produce protection current amount 17.793 ampere with voltage requirement amount 38.783 volt that will be applied at 25 meter of depth.

Keyword : Deep Vertical Parallel, Groundbed, ICCP, Transformator rectifier, Pipeline

Nomenclature

<i>I_t</i>	total Arus Proteksi (A)
<i>S_A</i>	luasan Pipa (m ²)
<i>CD</i>	densitas Arus (mA m ²)
<i>CB</i>	coating Breakdown (%)
<i>sf1</i>	safety Factor 1 sebesar 25%
<i>I_o</i>	keluaran 1 Anoda (A)
<i>S_Aanoda</i>	surface Area Anoda (m ²)
<i>CD</i>	densitas Arus Anoda (A/m ²)
<i>Q_{min}</i>	minimal Anoda yang Dibutuhkan (buah)
<i>I_o</i>	keluaran 1 Anoda (A)
<i>R_a</i>	tahanan Anoda Relatif (ohm)
<i>L_a</i>	panjang Anoda (m)
<i>d_a</i>	diameter Anoda (m)
<i>f_a</i>	faktor Interferensi Anoda
<i>L_a</i>	panjang Anoda (m)
<i>S_Aa</i>	surface Area Anoda (m ²)
<i>N_a</i>	jumlah Anoda Dalam 1 Groundbed (buah)
<i>R_b</i>	tahanan Backfill (ohm)
<i>L_b</i>	panjang Backfill (ohm)
<i>d_b</i>	diameter Backfill (ohm)
<i>R_{gb}</i>	tahanan Groundbed (ohm)
<i>R_{BR}</i>	tahanan Anoda Relatif (ohm)
<i>R_c</i>	tahanan Kabel (ohm)
<i>L_c</i>	panjang Kabel (m)

<i>R_{cs}</i>	tahanan Spesifik Kabel (ohm/m)
<i>N</i>	jumlah Kabel Paralel (buah)
<i>C</i>	jumlah Inti (buah)
<i>R_{pos}</i>	tahanan Total Sirkuit Positif (ohm)
<i>R_{kabel-pos}</i>	tahanan Kabel – Kabel Sirkuit positif (ohm)
<i>VDC</i>	tegangan DC (V)
<i>R_t</i>	tahanan Total (ohm)
<i>sf3</i>	safety Factor 3 (persen)
<i>Bemf</i>	tegangan balik (V)

1. PENDAHULUAN

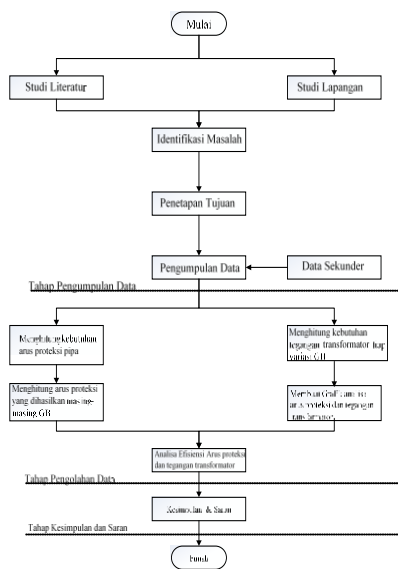
Pada sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pengeboran minyak di wilayah Jawa Timur terdapat *pipeline* sepanjang 37 km sebagai media transportasi minyak dari sumur hingga FSO (tangki penyimpanan). *Pipeline* ini diproteksi dengan proteksi katodik metode *impressed current*. Saat ini telah terpasang 2 *transformator rectifier* dan *groundbed* yang berada di masing-masing ujung *pipeline* 37 km. Namun kendala yang terjadi pada proteksi katodik ini adalah terjadinya *over protection* dan *less protection* pada beberapa titik pipa. Kendala ini terjadi karena penambahan beban listrik pada masing-masing *transformator rectifier*. Masalah ini juga akan menyebabkan pipa mudah terkorosi

dan bocor. Pada jurnal penelitian dengan judul “Analisa Pengaruh *Type Groundbed* Terhadap Efisiensi Desain *Impressed Current Cathodic Protection*” akan dilakukan desain ulang proteksi katodik dengan menggunakan metode *impressed current* dengan menggunakan variasi tipe *groundbed*. Ada 72 variasi tipe *groundbed* yang akan menjadi opsi. Tipe *groundbed* manakah yang efisien berdasarkan tegangan yang dibutuhkan *transformator rectifier* dan arus yang dihasilkan.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk jurnal tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Perhitungan Teknis *Impressed Current*

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan excel. Formula yang akan digunakan dalam perhitungan-perhitungan pada penelitian berdasarkan jurnal (Prof. Dr.Ir. Sulitijono, 2013) [3] ini meliputi:

1. Kebutuhan Proteksi

Untuk mendapatkan nilai kebutuhan proteksi, harus menghitung luas permukaan pipa terlebih dahulu. Dapat menggunakan formula sebagai berikut :

$$SA = \pi \times OD_{pipe} \times L_{pipe} \quad (1)$$

Setelah perhitungan Luas permukaan, dapat dihitung kebutuhan proteksi dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$I_t = \frac{SA \times CD \times CB}{1000} \times (1 + Sf1) \quad (2)$$

2. Arus Keluaran Anoda

Pada jurnal tugas akhir ini menggunakan jenis anoda *mixed metal oxide* (MMO). Selain anoda MMO, anoda grafit dan anoda besi silicon tinggi (14-18% Si) dapat digunakan pada proteksi katodik metode arus pakda untuk struktur yang terpendam dalam tanah. *Mixed metal oxide* memiliki laju konsumsi yang sangat rendah, yang terukur dalam satuan milligram per ampere-tahun. Dengan laju konsumsi yang sangat rendah, dimensinya hampir tetap konstan selama masa pakainya. Bahkan apabila tidak melebihi kapasitas keluaran arus maksimalnya, dapat digolongkan sebagai anoda *inert*. Selain itu secara konsisten mampu menyediakan tahanan yang rendah. (NACE Standart RP-0572, 2001) [2]

Untuk menghitung arus keluaran 1 anoda dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$SA_{anoda} = \pi \times D_{anoda} \times L_{anoda} \quad (3)$$

$$I_o = SA \times ID \quad (4)$$

3. Perhitungan Jumlah Anoda

Jumlah minimal anoda diperlukan (Q_{min}) dihitung dengan mempertimbangkan arus keluaran maksimal anoda dengan umur perencanaan selama 20 tahun. Untuk menghitung jumlah anoda yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{min} = \frac{I_t}{I_o} \quad (4)$$

$$Q = Q_{min} \times (1 + Sf2) \quad (5)$$

$Sf_2 = 15\%$ umumnya digunakan pada perhitungan jumlah anoda untuk mengantisipasi terjadinya perubahan tahanan karena tahanan jenis tanah pada lokasi *groundbed* juga dapat mengalami perubahan. (NACE Standart RP-0169, 2007) [1]

4. Perhitungan tahanan *groundbed*

Untuk mendesain *groundbed* dibutuhkan perhitungan untuk semua jenis tahanan yang akan dihasilkan *groundbed*. Untuk perhitungan tahanan *groundbed* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan *vertical* dan *horizontal groundbed*

$$R_v = \frac{\beta}{2 \times \pi \times La} \times \ln\left[\left(\frac{8 \times La}{Da}\right) - 1\right] \quad (6)$$

$$R_h = \frac{\beta}{2 \times \pi \times La} \times \ln\left[\left(\frac{4 \times La}{Da}\right) - 1\right] \quad (7)$$

5. Perhitungan factor interferensi anoda

Jika anoda yang digunakan lebih dari satu buah maka perlu dilakukan perhitungan factor interferensi pada anoda. Untuk perhitungan factor interfrensi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$fa = 1 + \frac{\frac{2La}{SAa} \ln(0.656 \times Na)}{\ln\left[\left(\frac{8 \times La}{Da}\right) - 1\right]} \quad (8)$$

6. Perhitungan tahanan backfill

Pada jurnal tugas akhir ini digunakan casing dari baja untuk mencegah runtuhnya tanah galian. Sejumlah anoda diikatkan pada pipa PVC dan ditempatkan di dalam casing. Spasi yang tersisa antar anoda diisi dengan backfill, dalam hal ini digunakan calcined petroleum cokebreeze. Untuk perhitungan backfill dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Rb = \frac{\text{resistivitas tanah}}{2 \times \pi \times Lb} \times \ln\left[\left(\frac{8 \times Lb}{Db}\right) - 1\right] \quad (9)$$

7. Perhitungan tahanan groundbed

Untuk menghitung tahanan groundbed keseluruhan dapat di hitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rgb = \frac{Ra}{Na} \times fa + Rb \quad (10)$$

8. Perhitungan Tahanan Kabel DC

Kabel DC digunkan baik sebagai kabel positif dan negative. Kabel positif digunakan untuk menghubungkan transformator rectifier terhadap positive junction box. Untuk menghitung tahanan kabel DC dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Rc = \frac{Lc \times Rc}{N \times C} \quad (11)$$

9. Perhitungan Tegangan dan Arus

Nilai tegangan Dc total dari sumber tenaga untuk mencapai arus keluaran DC yang diperlukan system proteksi dihitung berdasarkan persamaan beriku :

$$Vdc = [(It \times Rt) \times (1 + Sf3)] + Bemf \quad (12)$$

Untuk menghitung arus yang dihasilkan dari variasi tipe groundbed dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Rtotal} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan kebutuhan proteksi dan kebutuhan jumlah anoda untuk proteksi katodik ini sebagai berikut :

$$SA = \pi \times 0,27305 \text{ m} \times 37000 \text{ m} = 31,733.23 \text{ m}^2$$

$$I_t = \frac{31733,23 \text{ m}^2 \times 30 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2} \times 0.1}{1000 + 0.25} \times (1$$

$$= 11.899 \text{ A}$$

$$I_o = (\pi \times 0,0254 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \times 99.77 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

$$= 7,955 \text{ A}$$

$$Q_{min} = \frac{11.902 \text{ A}}{7.955 \text{ A}} = 1.496$$

$$Q = 1.496 \times (1 + 0,15) = 1.720 \sim 2$$

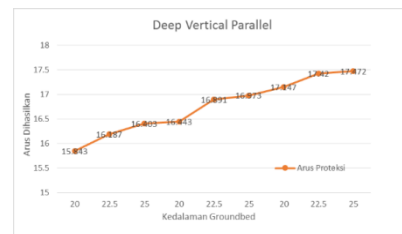
Dari perhitungan kebutuhan proteksi dan jumlah anoda, untuk memproteksi pipa sepanjang 37 km dibutuhkan arus proteksi 11,899 A. Untuk mensuplai sebesar arus proteksi tersebut dibutuhkan 2 buah anoda.

3.1 Analisa Grafik Tipe Groundbed

Penelitian ini menggunakan excel untuk mengolah data yang dihasilkan oleh 72 tipe groundbed. Dengan ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik yang menjelaskan tentang arus yang dihasilkan dan tegangan yang dibutuhkan transformator. Dari 72 type groundbed ini akan digolongkan menjadi 8 grafik arus dan 8 grafik tegangan. Berikut analisa dan grafik variasi type groundbed.

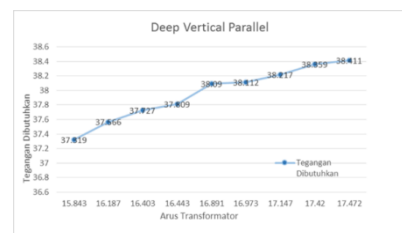
A. Deep Vertical Parallel

Pada type ini dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada type ini akan diketahui hasil arus



yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada gambar (2) berikut :

Gambar 2. Grafik arus proteksi

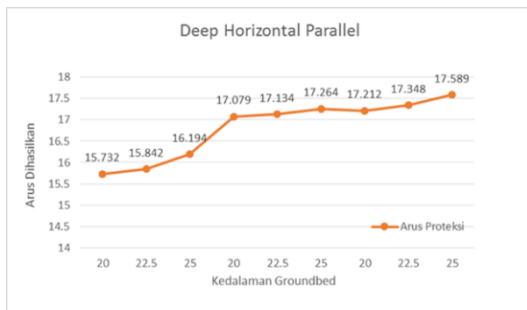


Gambar 3. Grafik tegangan

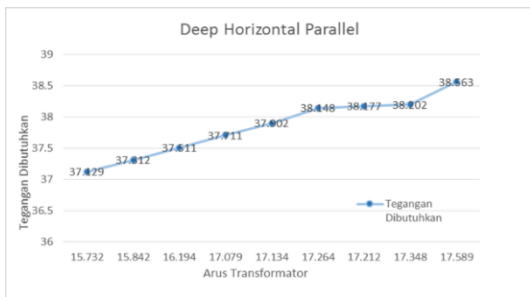
Pada gambar (2) didapat 9 hasil arus proteksi dengan kedalaman yang berbeda. Pada *type ini* didapat hasil yang paling tinggi arus proteksinya pada kedalaman *groundbed* 25 meter dengan dikenai kapasitas tegangan 50 volt yaitu sebesar 17.472 ampere. Sedangkan pada grafik tegangan *type Deep Vertical Parallel* ini untuk mensuplai arus proteksi sebesar 17.427 ampere dibutuhkan tegangan sebesar 38.411 volt.

B. Deep Horizontal Parallel

Pada *type ini* dibagi menjadi 9 variasi dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type ini* akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. Grafik Arus Proteksi

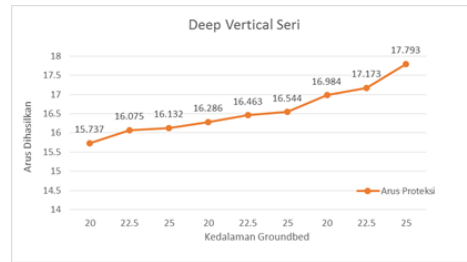


Gambar 5. Grafik Arus Proteksi

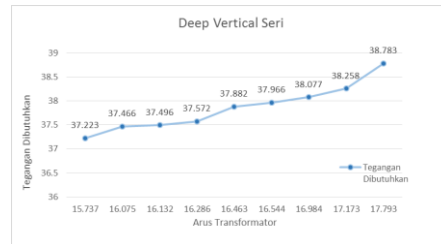
Pada gambar 4 diatas didapat 9 hasil arus proteksi. Sedangkan arus proteksi yang paling besar didapat pada kedalaman 25 meter dengan kapasitas *transformator rectifier* sebesar 50 volt yaitu sebesar 17.589 ampere. Sedangkan untuk mendapatkan arus proteksi sebesar 17.589 ampere dengan dikenai hambatan-hambatan pada *type groundbed* ini maka akan membutuhkan tegangan sebesar 38.563 volt.

C. Deep Vertical Seri

Pada *type ini* dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type ini* akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut



Gambar 6. Grafik Arus Proteksi

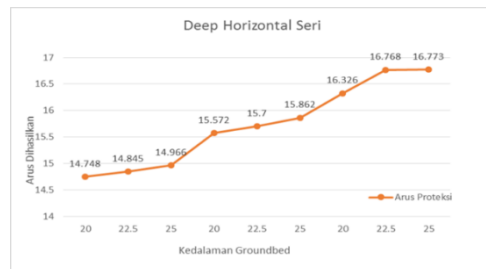


Gambar 7. Grafik Tegangan

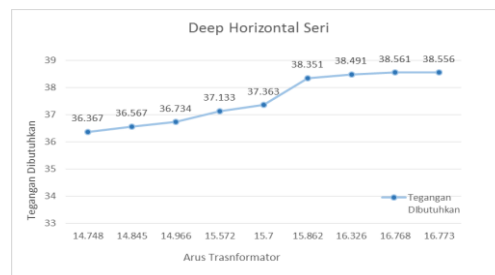
Pada grafik diatas didapat 9 hasil arus proteksi. Sedangkan arus proteksi yang paling besar yaitu pada kedalaman 25 meter dengan dikenai tegangan sebesar 50 volt, maka arus proteksi yang dihasilkan sebesar 17.793 ampere. Pada grafik tegangan diatas pada kedalaman 25 meter dengan arus proteksi 17.793 ampere dibutuhkan tegangan sebesar 38.783 volt.

D. Deep Horizontal Seri

Pada *type ini* dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type ini* akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut:

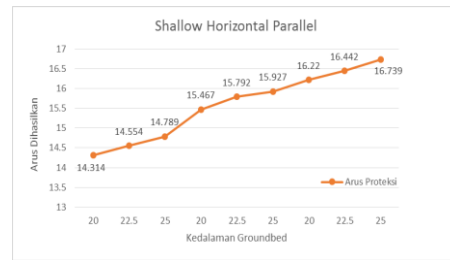


Gambar 8. Grafik Arus Proteksi



Gambar 9. Grafik Tegangan

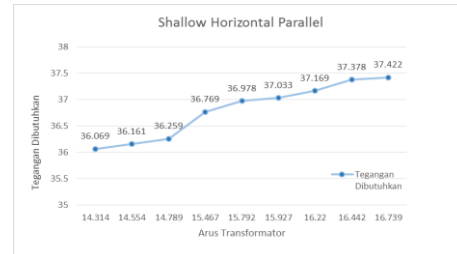
Pada grafik diatas *type groundbed deep horizontal seri* menghasilkan 9 arus proteksi. Pada *type* ini arus proteksi yang paling besar didapat pada kedalaman 25 meter dengan dikenai tegangan 50 volt sebesar 16.773 ampere. Dapat dilihat pada grafik tegangan untuk mensuplai arus proteksi sebesar 16.773 ampere dengan kedalaman 25 meter membutuhkan tegangan sebesar 38.556 volt.



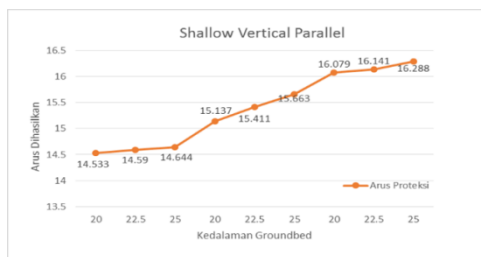
Gambar 12. Grafik Arus Proteksi

E. Shallow Vertical Parallel

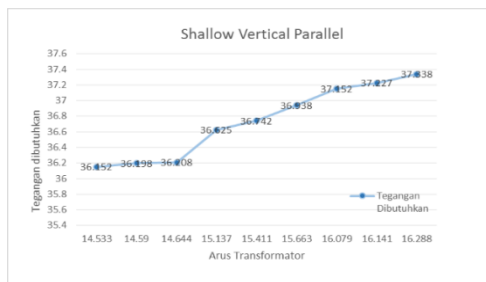
Pada *type* ini dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type* ini akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 13. Grafik tegangan



Gambar 10. Grafik Arus Proteksi



Gambar 11. Grafik Tegangan

Pada grafik diatas arus proteksi yang paling besar dihasilkan pada kedalaman *groundbed* 25 meter dengan kapasitas *transformator rectifier* sebesar 50 volt yaitu sebesar 16.288 ampere. Sedangkan untuk mensuplai arus proteksi sebesar 16.288 ampere dengan kedalaman 25 meter dengan tahanan-tahanan pada *type groundbed* dibutuhkan tegangan sebesar 37.338 volt.

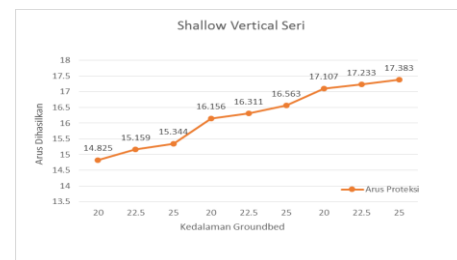
Pada grafik arus proteksi *type groundbed* ini arus yang paling besar dihasilkan pada kedalaman 25 meter dengan dikenai tegangan sebesar 50 volt dan menghasilkan arus proteksi sebesar 16.739 ampere. Sedangkan untuk mensuplai arus proteksi sebesar 16.739 ampere dengan kedalaman 25 meter dengan beberapa hambatan-hambatan pada *type groundbed* ini makan membutuhkan tegangan sebesar 37.422 volt.

F. Shallow Horizontal Parallel

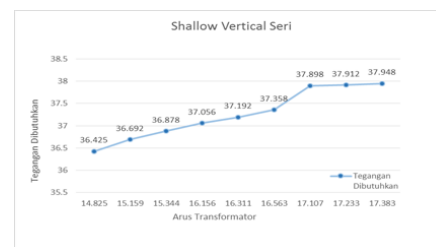
Pada *type* ini dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type* ini akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut :

G. Shallow Vertical Seri

Pada *type* ini dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type* ini akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 14. Grafik Arus Proteksi

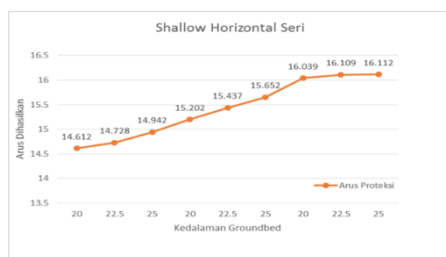


Gambar 15. Grafik Tegangan

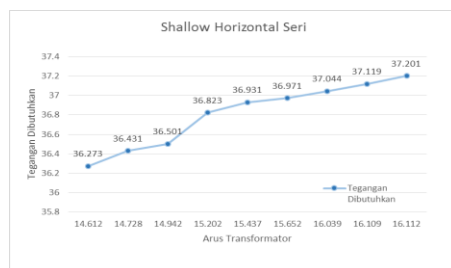
Pada grafik arus proteksi *type groundbed* ini didapat 9 hasil dengan hasil yang paling besar pada kedalaman 25 meter dengan dikenai tegangan sebesar 50 volt yaitu sebesar 17.383 ampere. Sedangkan untuk mensuplai arus proteksi sebesar 17.383 ampere dengan kedalaman 25 meter dan dikenai beberapa hambatan pada *groundbed* ini maka, dibutuhkan tegangan sebesar 37.948 volt.

H. Shallow Horizontal Seri

Pada *type* ini dibagi menjadi 9 variasi yang dengan beda kedalaman dan tegangan. Maka pada *type* ini akan diketahui hasil arus yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 16. Grafik Arus Proteksi



Gambar 17. Grafik Tegangan

Pada grafik arus proteksi *type groundbed* ini didapat 9 hasil dengan hasil yang paling besar pada kedalaman 25 meter dengan dikenai tegangan sebesar 50 volt yaitu sebesar 16.112 ampere. Sedangkan untuk mensuplai arus proteksi sebesar 16.112 ampere dengan kedalaman 25 meter dan dikenai beberapa hambatan pada *groundbed* ini maka, dibutuhkan tegangan sebesar 37.201 volt.

4. KESIMPULAN

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dari 72 variasi *groundbed* didapatkan 8 hasil yang paling efisien dari tiap variasi. Tabel (1) menunjukkan hasil kesimpulan dari rangkaian penelitian ini :

Table 1. Arus dan Tegangan

No	Type Groundbed	Arus Dihilasikan		Tegangan Dibutuhkan	
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
1	Deep Vertical Paralel	17.427	ampere	38.411	volt
2	Deep Horizontal Paralel	17.589	ampere	38.563	volt
3	Deep Vertical Seri	17.793	ampere	38.783	volt
4	Deep Horizontal Seri	16.773	ampere	38.556	volt
5	Shallow Vertical Paralel	16.288	ampere	37.338	volt
6	Shallow Horizontal Paralel	16.739	ampere	37.422	volt
7	Shallow Vertical Seri	17.383	ampere	37.948	volt
8	Shallow Horizontal Seri	16.112	ampere	37.201	volt

Berdasarkan perhitungan teknis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *type groundbed* yang paling efisien digunakan yaitu *type Deep Vertical Seri* dengan arus proteksi sebesar 17.793 ampere dan tegangan sebesar 38.783 volt.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak Bambang Antoko, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi nasehat, motivasi, do'a, pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
3. Bapak Subagio So'im, selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi nasehat, motivasi, do'a pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan jurnal tugas akhir.
4. Pembimbing dari JOB PPEJ yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.
5. Keluarga besar program studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. PUSTAKA

- [1] NACE Standart RP-0169. (2007). Control of External Corrosion of Underground or Submerged Metallic Piping system. NACE International The Corrosion Society.
- [2] NACE Standart RP-0572. (2001). Design, Installation, Operation, and Maintanance of Impressed Current Deep Groundbeds.
- [3] Prof. Dr.Ir. Sulitijono, D. (2013). Desain Sistem Proteksi Katodik Arus Paksa (ICCP) Untuk Pipa Dalam Tanah.