

**Rancang Bangun Sistem Kontrol Pada *Transformer Rectifier*
Untuk Proteksi Katodik Arus Tanding Dengan Beban Dinamik**

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Farhan Ali H

NPM: 173030013



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *PADA TRANSFORMER RECTIFIER* UNTUK PROTEKSI KATODIK ARUS TANDING DENGAN BEBAN DINAMIK



Nama : Farhan Ali H

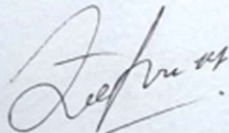
NRP : 173030013

Pembimbing Utama

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rachmad Hartono'.

(DR. Ir. Rachmad Hartono, MT.)

Pembimbing Pendamping

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zulfahmi Febriansyah'.

(Muhammad Zulfahmi Febriansyah, S.T., MT.)

ABSTRAK

Korosi pada material logam terjadi jika suatu logam teroksidasi menjadi ion atau senyawa oksida logamnya. Salah satu cara untuk menanggulangi korosi pada struktur logam yaitu dengan cara proteksi katodik. Proteksi katodik didefinisikan sebagai cara memproteksi permukaan logam yang kontak dengan elektrolit berupa tanah atau air dengan cara mensuplai arus listrik DC (arus listrik searah) ke logam yang hendak diproteksi. Struktur baja yang diproteksi dikatakan telah terproteksi secara katodik jika struktur memiliki potensial polarisasi sekurang kurangnya -850mV sampai -1100mV terhadap Cu/CuSO₄. Besar arus listrik yang dibutuhkan untuk mencapai potensial polarisasi sesuai kriteria proteksi katodik dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut; luas permukaan struktur, kondisi *coating* struktur, temperatur, sifat fisik dan kimia elektrolit, dan kecepatan relatif struktur dengan elektrolit. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perancangan, pembuatan, serta pengujian sistem kontrol pada *transformer rectifier* untuk proteksi katodik arus tanding agar potensial polarisasi struktur tetap berada pada kondisi terproteksi. *Microcontroller* yang digunakan merupakan Arduino UNO serta menggunakan sistem kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan luas permukaan katoda dengan menambahkan plat baja yang terhubung ke kutub negatif agar kebutuhan arus proteksi juga ikut berubah (bertambah besar), sehingga kontrol akan mengatur tegangan keluaran *transformer rectifier* untuk memberikan arus sesuai yang diperlukan agar potensial katoda tetap berada pada nilai *setpoint*.

Kata Kunci: Proteksi Katodik Arus Tanding, Sistem Kontrol PID.

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel.....	ix
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Rumusan Masalah.....	2
3. Tujuan.....	2
4. Manfaat.....	2
5. Batasan Masalah	2
6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Korosi	4
2. Cara Mendeteksi Korosi	5
3. Pencegahan Korosi	7
4. Proteksi Katodik.....	7
5. Proteksi Katodik Dengan Arus Paksa	8
6. Kriteria Proteksi Katodik.....	9
7. Kebutuhan Arus Proteksi Katodik	9
8. Proteksi Katodik Yang Berlebihan	11
9. Polarisasi.....	11
10. Faktor Yang Mempengaruhi Polarisasi.....	12
a. Arus Listrik.....	13
b. Tahanan Elektrolit (Konsentrasi Ion).....	13

c. Perbandingan Anoda/Katoda	13
d. Temperatur.....	13
e. Pergerakan Relatif Elektrolit dengan Elektroda	14
11. Arduino.....	14
11. Arduino Software (IDE).....	15
12. Driver Motor DC L298N.....	16
12. Penelitian yang Sudah Dilakukan	18
12. Persamaan Dasar	19
BAB III SISTEM KONTROL PADA TRANSFORMER RECTIFIER UNTUK PROTEKSI KATODIK ARUS TANDING DENGAN BEBAN DINAMIK	20
1. Digram Alir Rancang Bangun Sistem Kontrol	20
2. Perancangan <i>Transformer Rectifier</i> Proteksi Katodik	21
3. Perancangan Sistem Kontrol <i>Transformer Rectifier</i> Proteksi Katodik.....	24
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN.....	30
1. Pengujian Program Sistem Kontrol <i>Transformer Rectifier</i> Terhadap Perubahan <i>setpoint</i>	30
1. Pengujian Program Sistem Kontrol <i>Transformer Rectifier</i> Terhadap Perubahan Luas Permukaan Katoda.....	32
a. Pengujian Pada <i>Setpoint</i> -900 mV	32
b. Pengujian Pada <i>Setpoint</i> -1000 mV	32
c. Pengujian Pada <i>Setpoint</i> -1100 mV	33
2. Pengujian Efektivitas Sistem Kontrol <i>Transformer Rectifier</i> dalam Mencegah Korosi	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
1. Kesimpulan.....	38
2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Korosi secara umum didefinisikan sebagai degradasi suatu material melalui interaksi lingkungan. Korosi pada material logam terjadi jika suatu logam teroksidasi menjadi ion atau senyawa oksida logamnya. Pada dasarnya korosi pada logam merupakan reaksi elektrokimia yang terdiri dari reaksi oksidasi dan reduksi serta melibatkan pertukaran elektron antara anoda dan katoda. Anoda akan mengalami reaksi oksidasi (korosi) sedangkan katoda akan mengalami reaksi reduksi. Dilihat dari arah arus listrik, logam yang terkorosi akan mengeluarkan arus listrik ke lingkungan (elektrolit).

Salah satu cara untuk menanggulangi korosi pada struktur logam yaitu dengan cara proteksi katodik. Proteksi katodik didefinisikan sebagai cara memproteksi permukaan logam yang kontak dengan elektrolit berupa tanah atau air dengan cara mensuplai arus listrik DC (arus listrik searah) ke logam yang hendak diproteksi, dimana arah arus listrik proteksi katodik berlawanan dengan arah arus listrik korosi. Proteksi katodik terdiri dari dua metode, yaitu metode anoda korban dan metode arus tanding. Proteksi katodik anoda korban merupakan proteksi katodik dengan cara menghubungkan logam yang akan diproteksi dengan logam yang lebih anodik. Proteksi katodik arus tanding merupakan sistem proteksi katodik yang dihubungkan dengan sumber daya DC eksternal, dimana katoda (struktur yang diproteksi) dihubungkan ke kutub negatif sedangkan anoda dihubungkan ke kutub positif sumber daya DC yang digunakan.

Struktur baja yang diproteksi dikatakan telah terproteksi secara katodik jika struktur memiliki potensial polarisasi sekurang kurangnya -800 mV terhadap Ag/AgCl atau -850 mV terhadap Cu/CuSO₄. Besarnya potensial polarisasi yang terjadi pada struktur yang diproteksi tergantung pada jumlah arus proteksi katodik yang diberikan. Besar arus listrik yang dibutuhkan untuk mencapai potensial polarisasi sesuai kriteria proteksi katodik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas permukaan struktur, kondisi *coating* struktur, temperatur, sifat fisik dan kimia elektrolit, dan kecepatan relatif struktur dengan elektrolit. Kebutuhan arus listrik

proteksi akan berubah jika beberapa factor yang mempengaruhinya terjadi perubahan. Jika jumlah arus proteksi katodik yang diberikan terlalu besar dan potensial polarisasi lebih negatif dari -1100 mV terhadap Cu/CuSO₄, maka reaksi reduksi pada katoda dapat merusak lapisan *coating* struktur akibat produksi gas hidrogen (H₂) yang berlebihan. Pada proteksi katodik arus tanding, arus tersebut dapat diatur menggunakan *unit power supply* arus DC atau sering disebut *transformer rectifier*. Untuk itu diperlukan sistem kontrol yang dapat mengatur *transformer rectifier* agar nilai potensial polarisasi struktur tetap berada pada kondisi proteksi yaitu antara -850mV sampai -1100mV terhadap Cu/CuSO₄.

2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, dapat dirumuskan masalah yang akan diselesaikan yaitu bagaimana cara menjaga nilai potensial polarisasi struktur berada pada kondisi proteksi yaitu antara -850mV sampai -1100mV terhadap Cu/CuSO₄.

3. Manfaat

- a. Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama menempuh studi, khususnya dia dalam perancangan sistem kontrol, dan proteksi katodik.

- b. Bagi Akademik

Laporan Tugas Akhir ini dapat dijadikan saran tambahan referensi di perpustakaan Universitas Pasundan mengenai permasalahan yang terkait dengan penulisan Tugas Akhir ini.

- c. Bagi Pembaca

Laporan Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai tambahan pengetahuan dalam pengembangan ilmu kontrol khususnya dibidang proteksi katodik.

4. Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian ini lebih fokus diperlukan batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

- a. *Transformer rectifier* yang digunakan merupakan *transformer rectifier* yang pengaturan tegangannya menggunakan *variac*,

- b. Motor yang digunakan untuk mengontrol *variac* pada *transformer rectifier* yaitu motor DC, dan
- c. Mikrokontroler yang digunakan merupakan mikrokontroler Arduino UNO.

5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, tujuan dari penelitian ini yaitu merancang bangun sistem kontrol otomatis pada *transformer rectifier* untuk proteksi katodik arus tanding.

6. Sistematika Penulisan

Penyusunan penulisan laporan skripsi ini diuraikan berdasarkan beberapa bab dan disajikan dalam bentuk susunan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan materi yang digunakan dalam usulan penelitian, materi diambil dari buku teks atau jurnal. Materi dapat berupa tabel, gambar ataupun teori yang berhubungan dengan skripsi.

BAB III SISTEM KONTROL PADA TRANSFORMER RECTIFIER UNTUK PROTEKSI KATODIK ARUS TANDING DENGAN BEBAN DINAMIK

Bab ini berisikan diagram alir rancang bangun sistem kontrol *transformer rectifier* untuk proteksi katodik dengan beban dinamik, rangkaian *transformer rectifier* proteksi katodik, rangkaian sistem kontrol *transformer rectifier*, dan program sistem kontrol *transformer rectifier* proteksi katodik.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA HASIL PENGUJIAN

Bab ini berisikan pengujian sistem kontrol pada *transformer rectifier* untuk proteksi katodik arus tanding dengan beban dinamik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran yang berhubungan dengan modifikasi sistem kontrol pada *transformer rectifier* untuk proteksi katodik arus tanding dengan beban dinamik.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan buku acuan atau jurnal yang digunakan penulis dalam skripsi.

LAMPIRAN



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. W. Peabody, R. L. Bianchetti, and A. W. Peabody, *Peabody's control of pipeline corrosion*. 2001.
- [2] X. G. Zhang, "Galvanic corrosion," *Uhlig's Corros. Handb.*, vol. 51, p. 123, 2011.
- [3] I. A. Metwally, H. M. Al-Mandhari, A. Gastli, and Z. Nadir, "Factors affecting cathodic-protection interference," *Eng. Anal. Bound. Elem.*, vol. 31, no. 6, pp. 485–493, 2007.
- [4] Det Norske Veritas, "Cathodic Protection Design," *Det Nor. Verit.*, no. October 2010, p. 2017, 2010.
- [5] J. P. Guyer, F. Asce, and F. Aei, "An Introduction to Cathodic Protection Principles," *J. Chem. Eng. Inf.*, vol. 877, no. 5, 2014.
- [6] V. Ashworth and C. J. L. Booker, "Cathodic protection: Theory and practice," 1986.
- [7] B. Hutson *et al.*, "CP 2 – Cathodic Protection Technician Course Manual," no. January, pp. 1–625, 2005.
- [8] R. Hartono, G. Santoso, T. Supriyono, M. G. Pratama, N. Darmawan, and I. Feriawan, "Design and Manufacturing of Cutting Motion Control System on 3-Axis Router Machine for Wood Carving," in *2nd International Conference on Science, Technology, and Modern Society (ICSTMS 2020)*, 2021, pp. 132–136.
- [9] R. Rismawan, T. Supriyono, and H. Sonawan, "Pengukuran kinerja Heat Pipe untuk Pendingin Photovolt Module 100 WP." Fakultas Teknik Unpas, 2022.
- [10] I. P. L. Dharma, S. Tansa, and I. Z. Nasibu, "Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM8001 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 40–56, 2019.
- [11] G. Santoso, R. Hartono, B. Tarigan, T. Supriyono, A. Cardiman, and I. M. Badriansyah, "Numerical Analysis in Development of a Cross-Sectional Model of the 'C' Profile Cold-Formed Steel SNI-1729: 2015," in *2nd International Conference on Science, Technology, and Modern Society (ICSTMS 2020)*, 2021, pp. 123–126.
- [12] R. Condit, "Brushed DC motor fundamentals," *Microchip Appl. Note AN905*, *Microchip Technol. Inc*, 2004.
- [13] R. Hartono and B. T. Sugiharto, "PENGENDALIAN MOTOR PENGGERAK MEKANISME PENGGERAK PAHAT MESIN ROUTER NC PADA ARAH SUMBU X, SUMBU Y, DAN SUMBU Z SECARA SEREMPAK".
- [14] M. Amin, R. Ananda, and J. Eska, "Analisis Penggunaan Driver Mini Victor L298N Terhadap Mobil Robot Dengan Dua Perintah Android Dan Arduino Nano," *JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 51–58, 2019.
- [15] T. Kobayashi, H. Nakauchi, Y. Kanda, K. Ôsato, and H. Togano, "Cathodic Protection of Piping System by Automatic Control," *Corros. Eng. Dig.*, vol. 13, no. 10–11, pp. 457–461, 1964.
- [16] C. Wiliam, "Otomatisasi Metode Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)

Pada Logam Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16.” Universitas Komputer Indonesia, 2013.

- [17] I. A. MP, “Purwarupa Pemantauan Otomatis Katodik Proteksi Arus Paksa.” Universitas Gadjah Mada, 2019.
- [18] L. Bertolini, F. Bolzoni, P. Pedferri, L. Lazzari, and T. Pastore, “Cathodic protection and cathodic prevention in concrete: principles and applications,” *J. Appl. Electrochem.*, vol. 28, no. 12, pp. 1321–1331, 1998.
- [19] I.-D. Kim and E.-C. Nho, “Module-type switching rectifier for cathodic protection of underground and maritime metallic structures,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 52, no. 1, pp. 181–189, 2005, doi: 10.1109/TIE.2004.841094.
- [20] A. E.-S. M. El-Samahy and W. R. Anis, “Microprocessor based control of photovoltaic cathodic protection system,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 38, no. 1, pp. 21–27, 1997, doi: [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(95\)00357-6](https://doi.org/10.1016/0196-8904(95)00357-6).

