



PERANCANGAN SISTEM *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)* ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA DENGAN *PROTOTYPE* BERBASIS ARDUINO UNO
(Studi kasus: PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN TANJUNG JATI B
Unit 3&4)

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma III Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Oleh :

MOCH WILDAN ILYAS

21060115060037

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)* ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA DENGAN *PROTOTYPE* BERBASIS ARDUINO UNO

**(Studi kasus: PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN TANJUNG JATI B
Unit 3&4)**

Diajukan Oleh:

Moch Wildan Ilyas

NIM 21060115060037

Telah disetujui pada tanggal:

Mengetahui,

Ketua Program Studi Diploma III

Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Semarang,



Arkhan Subari, S.T, M.Kom

NIP 197710012001121002

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Drs. Eko Ariyanto, MT

NIP 196004051986021001

Tugas Akhir

Oleh


Moch Wildan Ilyas

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal :

Hari : Selasa

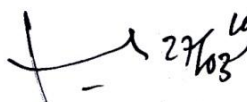
Tanggal : 26 Maret 2019

Penguji I




Priyo Sasmoko, ST.M.Eng
NIP. 197009161998021001

Penguji II



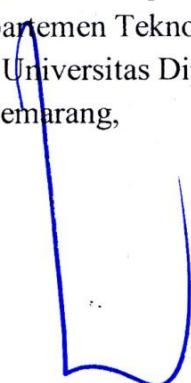
Ir. H. Saiful Manan, MT
NIP. 196104221987031001

Penguji III



Dr. Drs. Iman Setiono, MSi
NIP. 195411301985031004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Diploma III
Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
Semarang,



Arkhan Subari, S.T, M.Kom
NIP 197710012001121002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Moch Wildan Ilyas

NIM : 21060115060037

Program Studi : Diploma III Teknik Elektro Sekolah Vokasi UNDIP

Judul Tugas Akhir : **PERANCANGAN SISTEM *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)* ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA DENGAN *PROTOTYPE* BERBASIS ARDUINO UNO (Studi kasus: PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN TANJUNG JATI B Unit 3&4)**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 28 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan,

Moch Wildan Ilyas

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- **Motto**

1. *The biggest fear comes from yourself.*
2. (Ketakutan terbesarmu datang dari diri sendiri).
3. Jangan bersedih. Allah bersamamu.
4. Rasa malas hanyalah bisikan syaitan yang harus dilawan dengan niat yang tumbuh dalam diri sendiri.

- **Persembahan**

Tugas Akhir ini disusun persembahkan kepada:

1. Ayah dan Ibu Tercinta.
2. Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Diploma III Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
3. Keluarga besar angkatan 2015 Program Studi Diploma III Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
4. Sahabat-sahabat tersayang.
5. Pembaca yang budiman.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas karunia dan rahmatNya sehingga Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PERANCANGAN *SYSTEM IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) PADA PIPA BAJA DENGAN PROTOTYPE ANODA SEBAGAI KORBAN BERBASIS ARDUINO UNO***” dengan studi kasus di area **PT. PLN (persero) Pembangkitan Tanjung Jati B Unit 3 dan 4**, Jepara, Jawa Tengah, yang tepatnya berada di Desa Tubanan, Kecamatan Bangsri dapat terselesaikan.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya di Program Studi Diploma III Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari bantuan berbagai pihak. Ucapan terima kasih penyusun sampaikan kepada:

1. Bapak Prof Dr. Ir. Budiyo, M. Si., Dekan sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Bapak Arkhan Subari, ST, M.Kom., Ketua Program Studi Diploma III Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Yuniarto, ST, MT., selaku Dosen Wali.
4. Bapak Drs. Eko Ariyanto, MT., selaku Dosen Pembimbing.
5. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Diploma III Teknik Elektro Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

6. Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan doa dan dukungan moril maupun materil.
7. Teman-teman seperjuangan, sahabat dan rekan diskusi yang selalu memberikan motivasi.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Penyusun berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Semarang, 28 Agustus 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Tugas Akhir	5
1.4 Manfaat Tugas Akhir	5
1.4.1 Bagi Penyusun	5
1.4.2 Bagi Universitas	6
1.4.3 Bagi PT. PLN Tanjung Jati B unit 3 dan 4	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6. Sistematika Penulisan.....	7

BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Tinjauan Pustaka	10
2.2 Pengertian Korosi	12
2.2 Lingkungan Korosi.....	14
2.3 Mekanisme Korosi	14
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Korosi	16
2.5 Korosi yang disebabkan Media Air Laut	17
2.6 Prinsip - Prinsip Dasar Pengendalian Korosi	19
2.6.1. Proteksi Katodik.....	20
2.6.2. Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal	22
2.6.3. Proteksi Katodik Arus Terpasang	22
2.7 Kriteria Proteksi Pipa Galvanis dan Besi Tuang.....	23
2.8 Rumus-Rumus Proteksi Katodik.....	25
2.9 Perangkat Prototype	29
2.9.1. Relay.....	29
2.9.2. Push Button	30
2.9.3. Power Supply	30
2.9.3.1 Rangkaian Rectifier.....	31
2.9.3.2 Transformator.....	37
2.9.3.3 Kapasitor	38
2.9.3.4 Dioda (Penyearah)	39
2.9.4. Buzzer.....	41
2.9.5. Sensor Arus	42

2.9.6. LCD	44
2.9.6.1 Fitur LCD 16 x 2	44
2.9.6.2 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2.....	44
2.9.6.3 Cara Kerja LCD Secara Umum.....	45
2.9.7. Sensor Tegangan	48
2.9.7.1. Modul Sensor Tegangan.....	48
2.9.7.2. Fitur-fitur dan kelebihanannya	48
2.9.7.3. Kalibrasi Modul Sensor Tegangan	49
2.9.7.4. Rangkaian koneksi Aduino dengan Sensor Tegangan	50
2.9.7.5. Source Code Sensor tegangan untuk Arduino.....	50
2.9.8. Arduino UNO	51

BAB III PERANCANGAN SISTEM <i>IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)</i> ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA BERBASIS ARDUINO UNO.....	53
3.1 Diagram Alat.....	53
3.2 Cara Kerja Tiap Blok	54
3.2.1. Rangkaian Catu Daya 12 V DC	56
3.2.2. Rangkaian Catu daya 5 Volt.....	61
3.2.3. Rangkaian Penyearah	62
3.2.4 Arduino UNO	63
3.2.5 Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display)	64
3.3 Rangkaian Keseluruhan Alat.....	69

3.4 Flowchart Rangkaian Keseluruhan	70
3.5 Cara Kerja Rangkaian Keseluruhan	71
3.6 Prosedur Pengumpulan Data	74
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT SISTEM	
<i>IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) ANODA</i>	
KORBAN PADA PIPA BAJA BERBASIS ARDUINO UNO.....	75
4.1 Proses Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	76
4.1.1 Pembuatan Perangkat Elektronika.....	80
4.1.1.1. Perencanaan Rangkaian.....	80
4.1.1.2. Percobaan Sementara	81
4.1.1.3. Pembuatan Rangkaian	82
4.1.1.4. Pemasangan Komponen	83
4.1.2 Pembuatan Bagian Mekanik.....	89
4.1.2.1. Perencanaan Bagian Mekanik	89
4.1.2.2. Pembuatan Kerangka (Tempat) Untuk Rangkaian.....	90
4.1.2.3. Perakitan Modul Rangkaian Pada Kerangka	90
4.1.2.4. Pembuatan Label Petunjuk Penggunaan	91
4.2. Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	91
4.2.1 Pembuatan Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	92
4.2.2 Pembuatan Program	93
4.2.2.1 Program Arduino UNO	93

BAB V PENGUKURAN DAN PERCOBAAN ALAT	108
5.1 Peralatan dan bahan yang Digunakan	108
5.2 Prosedur Pengukuran dan Percobaan	109
5.3 Pengukuran Rangkaian.....	109
5.3.1 Rangkaian Catu Daya	109
5.3.2 Rangkaian Driver Relay	111
5.3.3 Rangkaian Debouncer	113
5.3.4 Pengujian rangkaian Anoda dan Katoda	113
5.4 Percobaan Keseluruhan Alat	115
5.4.1 Komunikasi PC dengan Arduino.....	115
5.4.2 Perhitungan Proteksi Pipa Galvanis	116
5.4.3 Pengujian dari Hasil Prototype	122
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	124
6.1 Kesimpulan	124
6.2 Saran.....	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensial Elektroda Standar.....	13
Tabel 2.2 Unsur pokok dalam media air laut (Benjamin D, 2006)	17
Tabel 2.3 Potensial Elektroda.....	17
Tabel 2.4 Spesifikasi komponen Arduino UNO.....	52
Tabel 3.1 Deskripsi Pin LCD	71
Table 4.1 Daftar Alat Pembuatan Bagian Hardware	77
Table 4.2 Daftar Bahan-Bahan Pembuatan Bagian Hardware	79
Tabel 4.3 Komponen Power Supply.....	88
Tabel 5.1 Pengukuran Rangkaian Catu Daya 12 V DC	113
Tabel 5.2 Pengukuran Rangkaian Catu Daya 5 VDC	114
Tabel 5.3 Pengukuran Rangkaian Driver Relay	115
Tabel 5.4 Pengukuran Rangkaian Debouncer	116
Tabel 5.6 Kondisi Beban Pada Saat Keadaan Normal	117
Tabel 5.7 Keadaan Tegangan Pada Saat Keadaan Normal	117
Table 5.8 Satuan Laju Korosi.....	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal	22
Gambar 2.2 Proteksi Katodik Metoda Arus Terpasang.....	23
Gambar 2.3 Relay Omron.....	29
Gambar 2.4 Push Button.....	30
Gambar 2.5 Power Supply	31
Gambar 2.6 Penyearah setengah gelombang	32
Gambar 2.7 Rectifier penyearah gelombang penuh 4 dioda	33
Gambar 2.8 Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh	34
Gambar 2.9 Menekan ripple	35
Gambar 2.10 Penyearah gelombang penuh 4 dioda dengan kapasitor	36
Gambar 2.11 Menekan ripple dari proses penyearahan gelombang AC	37
Gambar 2.12 Bentuk Kapasitor	39
Gambar 2.13 Dioda di pasaran dan simbol Dioda.....	41
Gambar 2.14 Buzzer	42
Gambar 2.15 Sensor Arus.....	43
Gambar 2.16 Efek Hall Sensor Arus	43
Gambar 2.17 Bentuk fisik LCD 16x2.....	44
Gambar 2.18 Bentuk diagram rangkaian LCD 16x2	47
Gambar 2.19 Modul sensor tegangan	48
Gambar 2.20 Rangkaian sensor tegangan untuk mengukur tegangan	49

Gambar 2.21	Rangkaian koneksi arduino dengan modul sensor tegangan	50
Gambar 2.22	Gambar Arduino Uno	51
Gambar 3.1	Blok diagram penempatan alat	53
Gambar 3.2	Blok diagram alat.....	53
Gambar 3.3	Diagram blok rangkaian PCB.....	56
Gambar 3.4	Catu daya 12 V	57
Gambar 3.5	Blok Diagram Catu Daya 12 Volt	57
Gambar 3.6	Rangkaian Penyearah.....	58
Gambar 3.7	Rangkaian filter kapasitor.....	59
Gambar 3.8	Rangkaian IC Regulator	60
Gambar 3.9	Rangkaian TIP 3055	60
Gambar 3.10	Blok diagram catu daya 5 Volt	61
Gambar 3.11	Diagram Blok penurun tegangan dari 12 Volt ke 5 Volt.....	62
Gambar 3.12	Diagram blok rangkaian penyearah	63
Gambar 3.13	Arduino UNO	64
Gambar 3.14	Tampilan Fisik LCD 16x2	65
Gambar 3.15	Rangkaian LCD ke Arduino Uno	67
Gambar 3.16	Rangkaian Keseluruhan Alat	69
Gambar 3.17	Flowchart Keseluruhan Rangkaian.....	70
Gambar 3.18	Diagram alir proses pembuatan Tugas Akhir	74
Gambar 4.1	Rangkaian Catu daya	84

Gambar 4.2 Proto Board (Project Board)	85
Gambar 4.3 Printed circuit board PCB.....	86
Gambar 4.4 Pemasangan dan Penyolderan Komponen Aktif	87
Gambar 4.5 Penyambungan dengan Transformator	88
Gambar 4.6 Membuat Lubang dan Pemasangan Jack.....	89
Gambar 4.7 Pemasangan Kabel Input	89
Gambar 4.8 Pemasangan Kabel Input Arduino UNO	90
Gambar 4.9 Pemasangan Kabel output pada sensor arus dan relay	90
Gambar 4.10 Sketsa Mekanik	92
Gambar 4.11 Kerangka keseluruhan Mekanik	93
Gambar 4.12 Tampilan Software Aduino	97
Gambar 4.13 Tampilan Software Aduino setelah dibuka	98
Gambar 4.14 Tampilan untuk mengisi program Software Aduino	98
Gambar 5.1 Rangkaian Catu Daya Yang Akan Diukur.....	113
Gambar 5.2 Rangkaian Skematik Driver Relay	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. MANUAL MAINTANCE for CATHODIC PROTECTION TANJUNG JATI ‘B’ COAL – FIRED POWER STATION UNIT 3&4 2X660 MW (NET)	127
Lampiran 2. DATASHEET ARDUINO UNO	183
Lampiran 3. DATASHEET ACS 712 CURRENT SENSOR.....	195
Lampiran 4. DATASHEET BUZZER	202
Lampiran 5. DATASHEET LCD MODULE 2X16	205
Lampiran 6. DATASHEET ARDUINO VOLTAGE SENSOR	211

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)* ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA (Studi kasus: PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN TANJUNG JATI B Unit 3&4) BERBASIS ARDUINO UNO

Struktur logam semakin banyak digunakan dalam industri modern. Ketiadaan kontrol terhadap sistem pengendalian korosi, struktur logam yang secara langsung berkaitan dengan air akan mudah terbakar. Pencegahan korosi di lingkungan laut berdasarkan prinsip proteksi katodik diperlukan. Prinsip katodik adalah sistem proteksi pada permukaan logam dengan cara arus searah yang cukup untuk permukaan logam dan mengubah seluruh area permukaan anoda menjadi daerah katodik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pengendalian korosi proteksi katodik, menentukan dan memilih jenis anoda, ukuran anoda, dan jumlah anoda yang efisien dalam digunakan untuk melindungi korosi. Rencana penelitian dilakukan dengan mengambil variasi tentang jenis anoda seperti campuran aluminium dan campuran seng, variasi ukuran anoda dan jumlah anoda dalam sistem air laut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perhitungan *MPY*. Dalam penelitian ini untuk menurunkan laju korosi baja lebih baik menggunakan dua jumlah anoda dari campuran aluminium daripada menggunakan campuran dalam media air laut, sama halnya dengan air gambut. Laju korosi baja dalam air laut tanpa proteksi katodik adalah 23.26 *MPY*. Laju korosi dapat diturunkan menjadi 0.5071 *MPY* dengan menggunakan *system impressed current cathodic protection*, karena ICCP system dapat memperlambat terjadinya laju korosi dengan mengorbankan anoda yang ion nya lebih positive.

Kata kunci: campuran aluminium, proteksi katodik, ICCP, anoda korban.

ABSTRACT

DESIGN OF IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) SYSTEM ON STEEL PIPES (Case study: PT. PLN (Persero) TANJUNG JATI B DEVELOPMENT Unit 3 & 4) BASED ON ARDUINO UNO

Metal structures are increasingly being used in modern industries. In the absence of control over the corrosion control system, metal structures that are directly related to water will be flammable. Preventing corrosion in the marine environment based on the cathodic protection principle required. The cathodic principle is a protection system on the metal surface by means of sufficient direct current for the metal surface and converts the entire surface area of the anode into a cathodic region. This study aims to study the effect of cathodic protection corrosion control, determine and choose the type of anode, the size of the anode, and the number of anodes that are efficiently used to protect corrosion. The research plan was carried out by taking variations on the type of anode such as aluminum mixtures and zinc mixtures, variations in anode size and number of anodes in seawater systems. Data processing is done using MPY calculations. In this study to reduce the corrosion rate of steel it is better to use two numbers of anodes from aluminum mixtures rather than using mixtures in seawater media, as well as peat water. The corrosion rate of steel in seawater without cathodic protection is 23.26 MPY. The corrosion rate can be reduced to 0.5071 MPY by using an impressed current cathodic protection system, because the ICCP system can slow down the rate of corrosion at the expense of the anode which has a more positive ion.

Keywords: aluminum mixture, cathodic protection, ICCP (impressed current cathodic protection).