

TESIS - W582100013

**“ANALISA DESAIN PROTEKSI KATODIK PADA
CRUDE OIL BOTTOM TANK PLATE BERUSIA TUA”**



Dosen Pembimbing : Dra. I Gusti Ayu Arwati, MT, Ph. D

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA 2023**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Desain Proteksi Katodik Pada Crude Oil Bottom Tank Plate
Berusia Tua
Nama : Ari Kurniawan
NIM : 55820120005
Program : Magister Teknik Mesin
Tanggal : 13 Januari 2023

Mengesahkan,
Dosen Pembimbing,



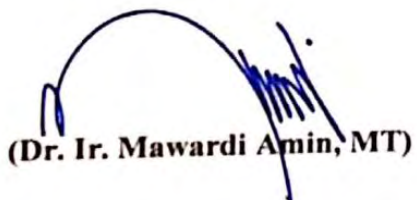
(Dra. I Gusti Ayu Arwati, MT, Ph. D)

Dekan Fakultas Teknik,


Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin,

UNIVERSITAS

MERCU BUANA



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT)



(Dafit Feriyanto, Ph.D)

LEMBAR PERNYATAAN ORIGINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ari Kurniawan
NIM : 55820120005
Jurusan : Magister Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Minor : Analisa Desain Proteksi Katodik Pada
Crude Oil Bottom Tank Plate Berusia
Tua

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tesis ini dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tesis yang sudah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tesis ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian deklarasi ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 13 Januari 2023



(Ari Kurniawan)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Ari Kurniawan
NIM : 55820120005
Program Studi : Magister Teknik Mesin

dengan judul

“PRELIMINARY STUDY FOR DESIGN ANALYSIS OF CATHODIC PROTECTION RETROFIT FOR 40 YEARS OLD BOTTOM TANK IN PETROLEUM INDUSTRIES”.

telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 13 Desember 2022, didapatkan nilai persentase sebesar 8 %.

Jakarta, 13 Desember 2022
Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Mivono, S.Kom

ABSTRAK

Korosi merupakan salah satu masalah utama dalam industri minyak dan gas yang seringkali menghabiskan biaya miliaran dolar per tahun untuk diatasi. Proteksi katodik merupakan salah satu solusi efektif untuk mengendalikan korosi bawah tanah pada fasilitas minyak dan gas sesuai umur desain. Sedangkan tangki penyimpanan di fasilitas migas umumnya beroperasi selama 20-30 tahun lebih lama dari umur desainnya. Oleh karena itu, retrofit proteksi katodik berguna untuk memperpanjang umur tangki penyimpanan. Tulisan ini melaporkan desain retrofit proteksi katodik pada tangki penyimpanan berusia 41 tahun dan mengevaluasi faktor desain kritis yang menentukan desain yang sukses. Objek penelitian ini adalah dua tangki penyimpanan fasilitas permukaan minyak dan gas yang terletak di Kalimantan Timur. Ada tiga langkah kritis yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu evaluasi on-site dari sistem proteksi katodik yang ada, desain sistem proteksi katodik retrofit dengan analisa biaya, dan evaluasi sistem proteksi katodik dari instalasi hasil design. Dari penelitian diketahui bahwa Pelat baja bagian bawah tangki berusia 40 tahun dapat dilindungi menggunakan sistem proteksi katodik sebagai proteksi korosi eksternal. Sistem ICCP dengan Ti-MMO anode lebih efisien 50% dibandingkan dengan SACP tipe Magnesium atau Zinc. Sedangkan dari hasil komisioning diketahui nilai potensial pada tangki meningkat dengan meningkatnya tahanan tanah sehingga dapat dipertimbangkan untuk menggunakan kriteria sisa polarisasi 100 mV untuk memberikan kontribusi arus proteksi yang lebih tinggi dan proteksi katodik yang lebih efisien.

Kata Kunci: korosi, proteksi katodik, retrofit, struktur berumur tua, tangki

ABSTRACT

Corrosion is a major problem in the oil and gas industry which often cost billions of dollars annually to be solved. Cathodic protection is one of effective solution to control underground corrosion in oil and gas facilities, but it only can hold for intended design life. Meanwhile, storage tanks in the oil and gas facilities generally operate for 20-30 years. Therefore, the retrofit of cathodic protection is useful to extend the storage tanks lifetime. This paper reports the retrofit design of cathodic protection on a 41-year-old storage tank and evaluate the critical design factors which determine a successful design. The objects of this study were two storage tanks of an oil and gas surface facility located in East Kalimantan. There were three critical steps performed in this study, i.e., on-site evaluation of the existing cathodic protection system, design of the retrofit cathodic protection system with cost analysis, and evaluation of installed CP system. The bottom steel plate of the 40 years old tank could be protected using cathodic protection system as external corrosion protection. ICCP system with Ti-MMO anode is 50% more cost efficient compare with SACP system with Magnesium or Zinc Anode. Meanwhile, the value of voltage drops in the tanks increase with the increasing of soil resistance so it can be considered to use the criteria of 100 mV decay to contribute higher protection current and more efficient of cathodic protection.

Keywords: corrosion, cathodic protection, retrofit, old structure, tank.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
PERNYATAAN SIMILARITY	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	11
DAFTAR SINGKATAN.....	12
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Novelty/Kebaruan	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Korosi	6
2.1.1 <i>Elektrokimia dan Redox</i>	7
2.1.2 <i>Jenis-Jenis Korosi</i>	8
2.2 Proteksi Katodik	16
2.2.1 Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban	18
2.2.2 Sistem Proteksi <i>Impressed Current Cathodic Protection</i>).....	19
Tidak seperti sistem anoda korban, sistem ICCP atau kadang disebut arus tanding menggunakan sumber arus dari luar seperti baterai, solar panel namun yang paling umum berasal dari DC dan awalnya sumber arus AC yang dilengkapi dengan	20
2.3 Kriteria Proteksi Katodik.....	21
2.4 Perancangan Sistem Proteksi Katodik.....	22
2.5 Penelitian Sebelumnya	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2 Deskripsi Struktur Yang Diproteksi	28
3.3 Design Basis Sistem Proteksi Katodik.....	29
3.4 Instalasi dan Pemeriksaan Keefektikan Sistem Proteksi Katodik	30

BAB IV HASIL DAN DISKUSI	31
4.1 Evaluasi awal proteksi katodik.....	31
4.2 Hasil Perhitungan Desain Proteksi Katodik dan Analisa Biaya..	32
4.3 Hasil Instalasi dan Pengukuran Proteksi Katodik.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
3.1 KESIMPULAN.....	39
3.2 SARAN	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	45



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Korosi Sumuran	49
Gambar 2.2 Contoh Korosi Celah	23
Gambar 2.3 Korosi Merata.....	24
Gambar 2.4 Korosi Erosi.....	25
Gambar 2.5 Korosi SCC	26
Gambar 2.6 Pengukuran PH Tanah.....	27
Gambar 2.7 Rangkaian Pin Pada Pengujian Soil Resistivity	28
Gambar 2.8 Pengukuran Soil Resistivity	29
Gambar 2.9 Diagram Pourbaix	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 Ilustrasi Sistem Grounding Di Tangki	43
Gambar 4.1 Cara Dan Lokasi Pengukuran Di Perimeter Tangki.....	46
Gambar 4.2 Cara Pengukuran Potensial Aktual.....	46
Gambar 4.3 Wiring Diagram Sistem ICCP.....	49
Gambar 4.4 Pengukuran Potensial pada Tangki-A dan Tangki B	51

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Study Kasus CP Retrofit	18
Tabel 2.2 Kriteria Korosivitas Berdasarkan Soil Resistivity	28
Tabel 2.3 Kriteria Soil Resistivity (ASTM 657).....	28
Tabel 2.4 Study Kasus CP Retrofit	39
Tabel 3.1 Struktur CP yang Diproteksi	42
Tabel 3.2 Jenis Anoda	43
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Potensial Tangki	46
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kebutuhan Material dan Biaya.....	48
Tabel 4.3 Nilai Perhitungan Anode to Soil Resistance	48
Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Sistem CP pada Tiap Fasilitas.....	50
Tabel 4.5 Pengukuran Potensial pada tengah tangki.....	53



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

I_T	= total current requirement in A
CD	= current density of the structure in mA/m ²
CB	= coating breakdown factor
SF	= Safety factor (25%)
R_H	= resistance of horizontal anode to backfill or earth (ohm)
ρ	= resistivity of backfill or resistance (ohm-cm)
L	= length of anode or canister (m)
t	= depth of groundbed anode (m)
D	= diameter of anode or canister (m)
E_T	= DC output voltage requirement (V)
SF	= transformer rectifier safety factor (25%)
B_{EMF}	= back electromotive force (V) (2 Volt)



DAFTAR SINGKATAN

SCC	= Stress Corrossion Cracking
pH	= Potential Hydrogen
CP	= Cathodic Protection
ASTM	= American Standard Testing and Material
TP	= Test Point
SPBU	= Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum
ICCP	= Impressed Current Cathodic Protection
SACP	= Sacrificial anode cathodic protection
NACE	= National Association of Corossion Engineer
mV	= millivolt
CSE	= Cell Standard Electrode
mM	= miliMeter
SSC	= silver silver chloride reference electrode
AC	= Alternating Current
DC	= Direct Current
SP	= Standard Procedure
Amp	= Ampere
V	= Volt