

# TUGAS AKHIR

**DESAIN *VARIABLE FREQUENCY DRIVE* UNTUK  
PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR KOMPRESOR  
DENGAN METODE PID PT INKA MULTI SOLUSI**



**Disusun Oleh :**

**INKHA DARTANTI**  
**NBI : 1451900109**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2023**

# TUGAS AKHIR

## DESAIN *VARIABLE FREQUENCY DRIVE* UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR KOMPRESOR DENGAN METODE PID PT INKA MULTI SOLUSI



Disusun Oleh:

INKHA DARTANTI

1451900109

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2023

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

NAMA : INKHA DARTANTI  
NBI : 1451900109  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : DESAIN *VARIABLE FREQUENCY DRIVE* UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR KOMPRESOR DENGAN METODE PID PT INKA MULTI SOLUSI

**Menyetujui,**

Dosen Pembimbing 1



Puji Slamet, ST., MT.  
NPP. 20450.11.0601

Dosen Pembimbing 2



Reza Sarwo Widagdo, S. Tr. T., M. T.  
NPP. 20450.22.0860

**Mengetahui,**

Dekan

Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Sajino, M. Kes., IPU., ASEAN Eng.  
NPP. 20410.90.0197

Ketua

Program Studi Teknik Elektro



Puji Slamet, ST., MT.  
NPP. 20450.11.0601

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Inkha Dartanti  
NBI : 1451900109  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

**“DESAIN VARIABLE FREQUENCY DRIVE UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR KOMPRESOR DENGAN METODE PID PT INKA MULTI SOLUSI”**

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,

  
10000  
METERAI  
TEMPEL  
64559AKX52206860  
Inkha Dartanti  
1451900109



UNIVERSITAS  
17 AGUSTUS 1945  
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN  
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA  
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)  
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Inkha Dartanti  
NBI/NPM : 1451900109  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

**“DESAIN *VARIABLE FREQUENCY DRIVE* UNTUK PENINGKATAN  
EFISIENSI MOTOR KOMPRESOR DENGAN METODE PID  
PT INKA MULTI SOLUSI”**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Pada tanggal : 14 Juni 2023

Yang Menvatakan,



Inkha Dartanti  
NBI. 1451900109

## ABSTRAK

Dengan semakin majunya dunia industri, penggunaan motor sebagai penggerak utama menjadi semakin penting mengikuti kebutuhan yang beragam. Dalam pengujian AC PNR, *Variable Frequency Drive* (VFD) digunakan sebagai catu daya. Namun, penggunaan VFD juga menghadapi beberapa permasalahan, seperti trip akibat arus berlebih dan pemborosan energi. Untuk itu, pengujian VFD dilakukan dengan metode open loop (tanpa kontrol PID) dan close loop (dengan kontrol PID) menggunakan program Simulink MATLAB untuk mengukur efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian open loop dengan input frekuensi 60Hz, didapatkan daya motor induksi tiga *phase* sebesar 683,4 kW dengan output frekuensi 14,93Hz. Sementara pada pengujian close loop, diperoleh daya sebesar 5.181 kW dengan output frekuensi 58,63Hz. Perbandingan efisiensi antara model open loop VFD dan close loop VFD dengan kontrol PID adalah sekitar 7,56% dan 64,36% masing-masing. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kontrol PID pada model close loop VFD memungkinkan sistem untuk lebih efisien dalam menghasilkan daya output yang sesuai dengan kebutuhan, jika dibandingkan dengan model open loop VFD yang tidak menggunakan umpan balik atau kontrol PID.

*Kata kunci: Close Loop, Efisiensi, Open Loop, PID, Variable Frequency Drive*

## **ABSTRACT**

*With the advancement of the industrial world, the use of motors as prime movers is becoming increasingly important along with diverse needs. In the AC PNR test, a Variable Frequency Drive (VFD) is used as the power supply. However, the use of VFDs also faces several problems, such as trips due to overcurrent and energy waste. For this reason, VFD testing was carried out using open-loop (without PID control) and close-loop (with PID control) methods using the Simulink MATLAB program to measure efficiency. The results showed that in the open-loop test with an input frequency of 60Hz, the power of the three-phase induction motor was 683.4 kW with an output frequency of 14.93 Hz. While in the close-loop test, the power obtained was 5,181 kW with an output frequency of 58.63Hz. The efficiency comparison between the open-loop VFD and close-loop VFD models with PID control is about 7.56% and 64.36%, respectively. This shows that the use of PID control in the close-loop VFD model allows the system to be more efficient in producing the required output power, when compared to the open loop VFD model that does not use feedback or PID control.*

*Keywords: Close Loop, Efficiency, Open Loop, PID, Variable Frequency Drive*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Desain *Variable Frequency Drive* untuk Peningkatan Efisiensi Motor Kompresor dengan Metode PID PT INKA Multi Solusi”.

Penyusunan tugas akhir ini telah melalui serangkaian tahapan yang memakan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Dalam proses penulisan tugas akhir ini, penulis juga menyadari akan keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis dalam menyusun tugas akhir. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi yang luar biasa selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia serta rahmatnya, sehingga penulis diberikan kemudahan serta kelancaran dalam menulis tugas akhir.
2. Kedua Orang Tua dan kakak tercinta yang selalu memberikan dukungan berupa doa, waktu, materi, maupun tenaga, serta memberikan saya semangat untuk dapat segera menyelesaikan penulisan tugas akhir hingga terselesainya tugas akhir ini.
3. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro dan Dosen Pembimbing I yang sudah membimbing penulis dengan baik dan sabar dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan usulan tema dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen Teknik Elektro yang sudah membantu kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. PT INKA Multi Solusi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di bagian *Strategic Business Unit Air-Conditioning* (SBU AC).
7. Seluruh Staff PT INKA Multi Solusi di bagian *Strategic Business Unit Air-Conditioning* (SBU AC) yang telah membimbing proses penelitian Tugas Akhir di lapangan hingga selesai.
8. Seluruh teman dekat saya, EDNX yang sudah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu karena banyaknya bantuan dari kalian.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, walaupun penulis telah berusaha dengan sebaik-baiknya.



Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat memperluas serta menambah pengetahuan bagi kita semua.

Surabaya, 14 Juni 2023  
Penulis,

Inkha Dartanti

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Kontribusi Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>State of The Art</i> .....	5
2.2 <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i> .....	10
2.2.1 Karakteristik Dioda .....	17
2.2.2 Karakteristik Thyristor .....	18
2.2.3 Karakteristik IGBT ( <i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i> ).....	19
2.3 Motor Induksi 3 <i>Phase</i> .....	21
2.3.1 Konstruksi Motor .....	21
2.3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi.....	22
2.3.3 Efisiensi Motor Induksi .....	22
2.3.4 Slip Motor Induksi .....	23
2.3.5 Torsi Motor .....	23
2.4 Kendali Proporsional, Integral dan Derivative (PID).....	24
2.4.1 Kontroler Proporsional .....	25
2.4.2 Kontroler Integral.....	26
2.4.3 Kontroler Derivatif .....	26
2.4.4 Sistem Kontrol Open Loop .....	28
2.4.5 Sistem Kontrol Close Loop .....	29
2.4.6 Metode Simulasi Menggunakan Matlab.....	32

2.5	Sistem HVAC ( <i>Heating, Ventilating and Air-Conditioning</i> ) .....	32
2.5.1	Prinsip Kerja Sistem HVAC ( <i>Heating, Ventilating, and Air-Conditioning</i> ) .....	33
2.5.2	Keuntungan VFD di Sistem HVAC .....	33
2.6	<i>Air Conditioning</i> (AC) .....	34
2.6.1	Komponen AC ( <i>Air Conditioning</i> ).....	34
2.6.2	AC PNR ( <i>Air Conditioning Philippine National Railway</i> ) .....	35
2.7	Analisa Efisiensi Energi Listrik .....	36
2.7.1	Energi dan Daya Listrik .....	37
BAB III. METODE PENELITIAN.....		39
3.1.	Metode Penelitian.....	39
3.2.	Diagram Alir Penelitian .....	39
3.2.1.	Pengumpulan Data .....	40
3.2.2.	Pengolahan Data.....	41
3.2.3	Analisa Efisiensi.....	45
3.2.4	Pembahasan.....	46
3.2.5	Hasil dan Kesimpulan .....	46
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		47
4.1.	Pengujian VFD Secara Open Loop dan Close Loop.....	47
4.1.1.	Pengujian Secara Open Loop (Tanpa Kontrol PID).....	47
4.1.2.	Pengujian Secara Close Loop (Menggunakan Kontrol PID) .....	58
4.1.3.	Perbandingan Daya Open Loop dan Close Loop .....	71
4.2.	Perbandingan Efisiensi Open Loop dan Close Loop.....	72
BAB V. PENUTUP.....		75
5.1.	Kesimpulan .....	75
5.2.	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....		77
LAMPIRAN .....		81
Lampiran A. Surat Pengantar Penelitian. ....		81
Lampiran B. Surat Balasan Tempat Penelitian. ....		82
Lampiran C. Kartu Asistensi.....		83
Lampiran D. Dokumentasi Penelitian. ....		84
Lampiran E. Data Penelitian. ....		86
Lampiran E.1 Data Pengujian. ....		86
Lampiran E.2 Data Kompresor. ....		90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Umum Rangkaian VFD.....	11
Gambar 2. 2 Rectifier Section .....	11
Gambar 2. 3 DC Bus & Filter Section .....	12
Gambar 2. 4 Inverter Section. ....	13
Gambar 2. 5 Blok Diagram VFD Tipe VSI.....	14
Gambar 2. 6 Blok Diagram VFD Tipe VSI.....	14
Gambar 2. 7 Blok Diagram VFD Tipe PWM .....	15
Gambar 2. 8 Bentuk Gelombang dan Pembangkit PWM .....	16
Gambar 2. 9 Simbol dan Karakteristik Dioda .....	17
Gambar 2. 10 Struktur dan Simbol Thyristor.....	18
Gambar 2. 11 Simbol dan Bentuk IGBT.....	20
Gambar 2. 12 Konstruksi Motor Induksi 3 <i>Phase</i> .....	21
Gambar 2. 13 Blok Diagram untuk <i>Unity Feedback System</i> .....	24
Gambar 2. 14 Diagram Blok Kontrol Proporsional .....	25
Gambar 2. 15 Diagram Blok Kontrol Integral .....	26
Gambar 2. 16 Diagram Blok Kontrol Derivativ.....	27
Gambar 2. 17 Blok Diagram Kontrol PID. ....	28
Gambar 2. 18 Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	28
Gambar 2. 19 Diagram Blok Close Loop.....	29
Gambar 2. 20 ACI 4501. ....	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 3. 2 Blok Motor Induksi 3 <i>Phase</i> pada Simulink. ....	42
Gambar 3. 3 Blok Motor Induksi dengan Inverter. ....	43
Gambar 3. 4 Sistem Kendali Open loop.....	43
Gambar 3. 5 Sistem Kendali Close Loop.....	44
Gambar 4.1 Model Simulasi Open Loop.....	48
Gambar 4. 2 Input Nilai Awal PWM. ....	48
Gambar 4. 3 Blok Parameter DC Model Open Loop.....	49
Gambar 4. 4 3PH Sine Open Loop.....	50
Gambar 4. 5 Blok Parameter Constant Value. ....	51
Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Model Open Loop .....	52
Gambar 4. 7 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Open Loop. ....	53
Gambar 4. 8 Bentuk Gelombang Keluaran Tegangan Inverter untuk Sistem Open Loop. ....	54
Gambar 4. 9 Bentuk Gelombang Keluaran Arus Inverter untuk Sistem Open Loop. ....	55

Gambar 4. 10 Blok Keluaran Frekuensi Open Loop.....	56
Gambar 4. 11 Bentuk Keluaran Frekuensi Open Loop. ....	56
Gambar 4. 12 Blok diagram metode VFD .....	58
Gambar 4. 13 Rangkaian inverter pada Matlab.....	59
Gambar 4. 14 Simulasi pengaturan kecepatan dengan kontrol PID.....	60
Gambar 4. 15 Model Simulasi VFD Close Loop. ....	60
Gambar 4. 16 Blok Parameter PID.....	62
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi Model Close Loop.....	63
Gambar 4. 18 Referensi Input PWM.....	64
Gambar 4. 19 Blok Parameter Tegangan DC.....	65
Gambar 4. 20 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Close Loop.....	66
Gambar 4. 21 Bentuk Gelombang Keluaran Tegangan Inverter untuk Sistem Close Loop. ....	67
Gambar 4. 22 Bentuk Gelombang Keluaran Arus Sumber untuk Sistem Close Loop. ....	68
Gambar 4. 23 Blok Keluaran Frekuensi Close Loop. ....	68
Gambar 4. 24 Bentuk Gelombang Keluaran Frequency untuk Sistem Close Loop. .	69

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Respon PID Controller Terhadap Perubahan Konstan.....	24
Tabel 3. 1 Data Spesifikasi Kompresor PT INKA Multi Solusi. ....	40
Tabel 3. 2 Data Pengujian AC PNR.....	41
Tabel 4. 1 Perbandingan Parameter Performa Open Loop dan Close Loop. ....	71