



LAPORAN TUGAS AKHIR



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2024



**RANCANG BANGUN AC – AC CONVERTER SATU FASA
BERBEBAN TRANSFORMATOR PEMANAS BEARING DI
GMF POWER SERVICES BERBASIS MIKROKONTROLER
STM32F746G – DISCOVERY**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

NAMA : RIZKIA PRATAMA

NIM : 41422110007

PEMBIMBING : Ir. BUDI YANTO HUSODO, M.Sc.

MERCU BUANA
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rizkia Pratama
NIM : 41422110007
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun AC - AC Converter Satu Fasa Berbeban Transformator Pemanas Bearing di GMF Power Services Berbasis Mikrokontroler STM32F746G – Discovery

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

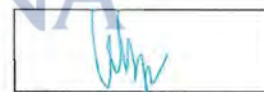
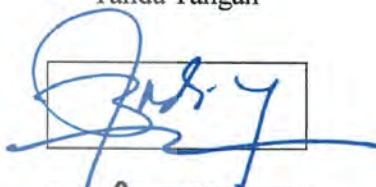
Disahkan oleh:

Pembimbing : Ir. Budi Yanto Husodo, M.Sc.
NIDN/NIDK/NIK : 197690220

Ketua Penguji : Ir. Said Attamimi, MT.
NIDN/NIDK/NIK : 193610096

Anggota Penguji : Akhmad Wahyu Dani, ST., M.T.
NIDN/NIDK/NIK : 12008

Tanda Tangan




Jakarta, 2 Februari 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Zulfa Fitri Ikatrihasari, M.T.
NIDN: 0307037202

Kaprodi S1 Teknik Elektro


Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc
NIDN: 0314089201

HALAMAN PERNYATAAN *SIMILARITY*

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ir. Budi Yanto Husodo, M.Sc.

NIDN/NIDK : 197690220

Jabatan : Dosen Teknik Elektro

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir / Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Rizkia Pratama

NIM : 41422110007

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Rancang Bangun AC - AC Converter Satu Fasa Berbeban Transformator Pemanas Bearing Di GMF Power Services Berbasis Mikrokontroler STM32F746G – Discovery

telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada Rabu, 24 Januari 2024 dengan hasil presentase sebesar 14% dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 24 Januari 2024



Ir. Budi Yanto Husodo, M.Sc.

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizkia Pratama
N.I.M : 41422110007
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun AC - AC Converter Satu Fasa Berbeban Transformator Pemanas Bearing Di GMF Power Services Berbasis Mikrokontroler STM32F746G – Discovery

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 9 Januari 2024

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Rizkia Pratama

ABSTRAK

Saat ini motor induksi banyak digunakan di sektor industri dikarenakan performanya yang handal dan biaya *maintenance* yang murah. Diperlukan upaya untuk meminimalisir terjadinya kerusakan motor induksi. Hampir 60% kerusakan motor disebabkan oleh bearing. Pemanas bearing merupakan jawaban untuk melakukan pemasangan bearing secara aman. Pemanas bearing ini digunakan di unit GMF Power Services, namun dikarenakan kerusakan dari rangkaian pengendalinya, maka tidak dapat digunakan. Sebagai gantinya, harus digunakan variac 1 fasa dengan berat 20 kg dan pengaturan tegangan dilakukan secara manual.

Penulis memberikan solusi berupa desain *AC-AC converter* dimana pengendalian tegangan dan suhu akan dikendalikan dengan mikrokontroler STM32F746G-Discovery. Satu fasa ac – ac konverter dengan TRIAC BTA-06 dapat meregulasi tegangan keluaran ac dari 0 V hingga 222.93 V dengan masukan tegangan 220 V konstan dengan cara meregulasi sudut penyulutan triac (firing angle) dari 0 hingga 100 derajat.

Pendeteksi *zero crossing* mampu mendeteksi titik nol dari tegangan ac masukan dengan frekuensi 50 Hz, dan *zero crossing* yang dideteksi dengan memanfaatkan IC TLP-521 memiliki frekuensi 100 Hz atau 2 kali dari frekuensi fundamental. Konverter mampu mencatu daya transformator pemanas bearing dengan memanaskan bearing 6319 C3 dengan tegangan 222.93 V dan arus 2.29 A dengan selama 6 menit 38 detik.

Kata Kunci: *Pemanas bearing, AC-AC converter, zero crossing, STM32F746G-Discovery*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

Nowadays, induction motors are mostly used in any industrial sectors due to its reliability and lower cost maintenance. Preventive maintenance performed in order to minimalize induction motor fault. Almost 60% of induction motor fault caused by bearing failures. Bearing heater is the answer of these problem to minimalize bearing failure and ensure bearing mounting is in safe condition. This is used in GMF Power Services unit but it can not be used due to there are fault on control system. The solution is replacing with 20 kilograms variac and voltage regulation performed in manual mode and need operator.

The writer is giving solution with design 1 phase ac – ac converters which can be controlled by STM32F746G-Discovery microcontroler to maintaince desired temperature and voltage. By the result, this converter is using TRIAC BTA-06 than can perform voltage regulation from 0V to 220.93 V by regulate TRIAC firing angle in range 0-100 degree. It can be achieved with constant input voltage 220 V. Triac firing mechanism starte according zero crossing detection.

Designed zero crossing detector can detect zero point of input sinusoidal voltage with 50 Hz line frequency. Designed zero crossing is using IC TLP-521 and have 100 Hz output frequency or twice of fundamental frequency. This converter can supply power on bearing heater transformator and heating bearing 6319 C3 with output voltage 222.93 V and output current 2.29 A during 6 minutes and 38 seconds.

Keywords: bearing heater, AC-AC converter, zero crossing, microcontroler STM32F746G- Discovery

MERCU BUANA

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayahnya-Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “*Rancang Bangun AC - AC Converter Satu Fasa Berbeban Transformator Pemanas Bearing Di GMF Power Services Berbasis Mikrokontroler STM32F746G – Discovery*”.

Tugas Akhir ini diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, dan ridho-Nya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc., selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Ir. Budiyanto Husodo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing.
4. Pihak-pihak lain yang telah memberi bantuan baik riil maupun materil.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Besar harapan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, khususnya pembaca.

Jakarta, 24 Januari 2024

Rizkia Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i>	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Dasar Teori	11
2.2.1. Pemanas Bearing	11
2.2.2. Pengujian Transformator 1 Fasa	13
2.2.3. Pendeteksi Zero Crossing	14
2.2.4. AC-AC Converter	15
2.2.5. Mikrokontroler STM32F746G-Discovery.....	17
2.2.6. STM32 CUBE IDE Programmer.....	19
2.2.7. Triac BTA-06.....	21
2.2.8. Sensor Arus ACS 712	22

2.2.9.	Sensor Tegangan ZMPT101B	23
2.2.10.	Sensor Suhu MAX6675 Thermocouple Temperature Module.....	24
2.2.11.	Optocoupler TLP-521	25
2.2.12.	Optoisolator Triac Driver Output MOC-3020.....	26
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM		28
3.1.	Fish Bone Diagram	28
3.2.	Blok Diagram	29
3.3.	Perancangan Sistem.....	29
3.3.1.	Konfigurasi Pin Out Software STM32CubeIDE.....	31
3.3.2.	Konfigurasi Arm Cortex M7.....	32
3.3.3.	Konfigurasi DMA (Direct Memory Access)	33
3.3.4.	Konfigurasi GPIO (General Purpose Input Output)	34
3.3.5.	Konfigurasi Timer 1	36
3.3.6.	Konfigurasi Clock.....	37
3.3.7.	Flowchart Sistem	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	Pengujian Transformator Pemanas Bearing.....	41
4.2.	Pengujian Rasio Transformator Pemanas Bearing	44
4.3.	Pengujian Rangkaian Pendeteksi zero crossing.....	47
4.4.	Pengujian 1 Fasa AC-AC Converter	48
4.5.	Pengujian Sensor Tegangan	62
4.6.	Pengujian Sensor Arus	65
4.7.	Pengujian Sensor Suhu	67
4.8.	Pengujian User Interface LCD TFT.....	68
4.9.	Hasil Perancangan Perangkat Keras Sistem	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1.	Kesimpulan	73
5.2.	Saran	74

DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	77
PROFIL PENULIS	119



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Beberapa faktor penyebab kerusakan motor induksi 3 fasa	1
Gambar 2.1. Kekuatan dan kehandalan bearing (Dharmadji.Wachju,2018)	12
Gambar 2.2. Hubungan belitan primer dan sekunder pada transformator	13
Gambar 2.3. Hasil keluaran dari gelombang zero crossing (kuning) dengan sinyal masukan sinus yang diperkecil (biru)	14
Gambar 2.4. Blok diagram dari ac - ac converter yang memiliki tegangan masukan konstan dan tegangan keluaran rms variabel	15
Gambar 2.5. Gelombang tegangan masukan dan tegangan keluaran beserta gambar penyulutan triac pada ac-ac converter	16
Gambar 2.6. STM32F746G-Discovery board and feature	17
Gambar 2.7. Hardware layout configuration mikrokontroler STM32F746G-discovery	18
Gambar 2.8. Deskripsi pin mikrokontroler STM32F746G-Discovery	18
Gambar 2.9. Tampilan perangkat lunak STM32Cube IDE	19
Gambar 2.10. Konfigurasi kaki dari TRIAC BTA-06 dengan kaki anode katode dan gate (File reference: EB81734)	21
Gambar 2.11. Konfigurasi rangkaian IC ACS 712 . (F. Integrated et al., 2023) ..	22
Gambar 2.12. Rangkaian ZMPT101B	23
Gambar 2.13. Konfigurasi pengkabelan IC MAX6675	25
Gambar 2.14. Konfigurasi pin TLP-521	25
Gambar 2.15. Rangkaian dv/dt dari optocoupler (By ALLDATASHEETCOM, 1995)	27
Gambar 2.16. Rangkaian kendali MOC-3022	27
Gambar 3.1. Fish Bone Diagram Sistem	28
Gambar 3.2. Blok Diagram Sistem	29
Gambar 3.3. Rangkaian Zero Crossing Detector	30
Gambar 3.4. Desain rangkaian AC-AC Converter	31
Gambar 3.5. Konfigurasi pin dari mikrokontroler STM32F746G-Discovery	31
Gambar 3.6. Middleware Stm32F746G Discovery	32

Gambar 3.7.Konfigurasi ARM Cortex M7	33
Gambar 3.8. Konfigurasi DMA pada ADC3	34
Gambar 3.9.Konfigurasi pin STM32F746G-Discovery	34
Gambar 3.10.Konfigurasi pin ADC 3 untuk pembacaan sensor tegangan, arus dan suhu	35
Gambar 3.11.ADC Multichannel Continuous Scan Conversion	35
Gambar 3.12. Pengaturan ADC Multichannel untuk pembacaan sensor arus, tegangan dan suhu	36
Gambar 3.13. Konfigurasi timer 1	36
Gambar 3.14.Konfigurasi clock STM32F746G-Discovery	37
Gambar 3.15. Flowchart interrupt program	38
Gambar 3.16.Flowchart sistem utama.....	40
Gambar 4.1.Rangkaian uji resistansi, induktansi dan impedansi menggunakan ITIG Winding Analyzer	42
Gambar 4.2.Pengujian rasio transformator pemanas bearing	44
Gambar 4.3.Rangkaian pengujian transformator pemanas bearing	45
Gambar 4.4.Grafik perbandingan tegangan sisi primer dan sekunder transformator pemanas bearing	46
Gambar 4.5. Rangkaian pendeteksi zero crossing	47
Gambar 4.6.Hasil keluaran sinyal dari rangkaian pendeteksi zero crossing.....	48
Gambar 4.7.Rangkaian Hardware AC-AC Converter.....	49
Gambar 4. 8.Hasil keluaran tegangan dari AC-AC Converter.....	51
Gambar 4.9. Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut penyulutan 0 didapatkan THD _v sebesar 2.63%	52
Gambar 4.10.Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut penyulutan 10 derajat didapatkan THD _v 2.71%	52
Gambar 4.11.Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut penyulutan 20 derajat didapatkan THD _v 3.95%	53
Gambar 4. 12.Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut penyulutan 30 derajat dengan nilai THD sebesar 7.85%	53
Gambar 4.13.Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut	

penyulutan 40 derajat dengan nilai THD _v sebesar 15.13%	54
Gambar 4.14.Gelombang tegangan keluaran AC-AC Converter dengan sudut	
penyulutan 50 derajat dengan nilai THD _v sebesar 21,3%	54
Gambar 4.15.Gelombang tegangan keluaran ac- ac converter dengan sudut	
penyulutan 60 derajat dengan nilai THD _v 29,6%	55
Gambar 4.16.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 70 derajat dengan nilai THD _v sebesar 36.6%	55
Gambar 4.17.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 80 derajat dengan nilai THD _v sebesar 43.2%	56
Gambar 4.18.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 90 derajat dengan nilai THD _v sebesar 53.7%	56
Gambar 4.19.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 100 derajat dengan nilai THD _v sebesar 63%	57
Gambar 4.20.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 110 derajat dengan nilai THD _v sebesar 74.6%	57
Gambar 4.21.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 120 derajat dengan nilai THD _v sebesar 80.45%	58
Gambar 4.22.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 130 derajat dengan nilai THD _v sebesar 94.7%	58
Gambar 4.23.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 140 derajat dengan nilai THD _v sebesar 112.2%	59
Gambar 4.24.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 150 derajat dengan nilai THD _v sebesar 138.55%	59
Gambar 4. 25.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 160 derajat dengan nilai THD _v sebesar 157.29%	60
Gambar 4. 26.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 170 derajat dengan nilai THD _v sebesar 204.75%	60
Gambar 4.27.Gelombang tegangan keluran ac-ac converter dengan sudut	
penyulutan 180 derajat dengan nilai THD _v sebesar undefined	61
Gambar 4.28.Pengujian sensor tegangan ZMPT101B	63
Gambar 4.29.Gambar plot data pembacaan tegangan pada alat dibandingkan	

dengan multimeter.....	64
Gambar 4.30.Pengujian sensor arus pada alat.....	65
Gambar 4.31.Grafik pembacaan arus pada alat dibandingkan dengan arus di multimeter	66
Gambar 4.32. Tampilan user interface sistem.....	69
Gambar 4.33.Realisasi perancangan perangkat keras sistem.....	69
Gambar 4.34. Grafik set point suhu dan aktual terhadap waktu	71
Gambar 4.35. Grafik tegangan keluaran ac-ac converter terhadap waktu	71
Gambar 4.36.Grafik arus keluaran dari AC-AC Converter terhadap waktu.....	72



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Evaluasi penelitian sebelumnya terkait perancangan transformator untuk pemanas bearing, perancangan ac – ac converter	7
Tabel 2.2. Spesifikasi triac BTA-06 (Triac, n.d.).....	21
Tabel 2. 3. Konfigurasi sensor suhu MAX6675(M. Integrated, 2021)	24
Tabel 3.1. Klasifikasi warna pada pinout STM32F746G Discovery	32
Tabel 4. 1.Tabel pengujian nilai resistansi, impedansi dari transformator pemanas bearing.....	43
Tabel 4.2.Tabel pengujian ac-ac converter	51
Tabel 4.3.Standar batas harmonisa tegangan menurut standar SPLN D5.004-1 2012.....	61
Tabel 4.4.Hasil Pembacaan sensor tegangan	64
Tabel 4.5.Data pengukuran arus pada mikrokontroler dan multimeter	66
Tabel 4.6.Pembacaan suhu di mikrokontroler dan multimeter	67
Tabel 4.7.Pengujian integrasi alat dengan transformator pemanas bearing.....	70