



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI *ELECTRONIC LOAD CONTROLLER*
BERBASIS PLC DENGAN PENGATURAN BEBAN MENGGUNAKAN
KONSEP *BINARY COMBINATION SWITCH***

Fajar Anjar Ningrum
NIM 2212017

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Bima Romadhon Parada D.P,ST. MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2026



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI *ELECTRONIC LOAD*
CONTROLLER BERBASIS PLC DENGAN PENGATURAN
BEBAN MENGGUNAKAN KONSEP *BINARY COMBINATION*
*SWITCH***

Fajar Anjar Ningrum
NIM 2212017

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Bima Romadhon Parada D.P,ST. MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2026

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI *ELECTRONIC LOAD*
CONTROLLER BERBASIS PLC DAN PENGATURAN
BEBAN MENGGUNAKAN KONSEP *BINARY*
*COMBINATION SWITCH***

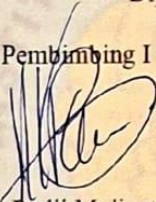
SKRIPSI

Fajar Anjar Ningrum
2212017

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP. Y. 1028700171

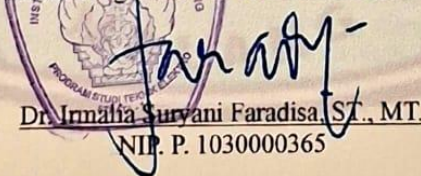
Dosen Pembimbing II



Bima Romadhon Parada D.P.ST. MT.
NIP. P.1031900575

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Juli, 2026

ABSTARK

DESAIN DAN IMPLEMENTASI ELECTRONIC LOAD CONTROLLER BERBASIS PLC DENGAN PENGATURAN BEBAN MENGGUNAKAN KONSEP BINARY COMBINATION SWITCH

FAJAR ANJAR NINGRUM, NIM : 2212017

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Dosen Pembimbing II : Bima Romadhon Parada D.P,ST. MT.

Meningkatnya kebutuhan listrik serta berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil mendorong pengembangan sumber energi baru terbarukan, salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Sistem pembangkit ini memanfaatkan energi potensial air yang dipengaruhi oleh debit aliran dan ketinggian jatuh air (head) untuk menghasilkan energi listrik melalui turbin dan generator. PLTMH umumnya dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil. Namun dalam operasionalnya, sistem ini sering mengalami permasalahan berupa fluktuasi frekuensi dan tegangan akibat perubahan beban konsumen maupun ketidakstabilan debit air. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kecepatan putaran turbin dan generator sehingga kestabilan frekuensi sistem menjadi terganggu. Pada sistem konvensional, pengaturan frekuensi dilakukan menggunakan governor mekanis, namun penerapan pada PLTMH skala kecil sering terkendala oleh biaya yang mahal serta kebutuhan sistem hidrolik yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sistem pengendalian yang lebih sederhana dan ekonomis, yaitu governor berbasis elektronik. Sistem ini terdiri atas sensor, aktuator, dan pengendali berbasis PLC. PLC berfungsi untuk mengatur beban kompensator berupa beban variabel yg diatur nilainya menggunakan saklar dengan konfigurasi binary load switch. Dengan sistem governor tersebut diatas diharapkan kestabilan frekuensi generator dapat dipertahankan meskipun terjadi perubahan beban maupun perubahan debit air.

Kata Kunci : PLTMH, Governor Electronic, kendali PID, Zelio, Binary Combination switch.

ABSTARK

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PLC-BASED ELECTRONIC LOAD CONTROLLER WITH LOAD CONTROL USING THE BINARY COMBINATION SWITCH CONCEPT

FAJAR ANJAR NINGRUM, NIM : 2212017

Supervisor I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Supervisor II : Bima Romadhon Parada D.P,ST. MT.

The increasing demand for electrical energy and the decreasing availability of fossil fuels have encouraged the development of renewable energy sources, one of which is through Micro Hydro Power Plants (MHPP). This power generation system utilizes the potential energy of water, which is influenced by water discharge and head height, to generate electrical energy through turbines and generators. MHPP systems are generally developed to supply electricity to remote areas. However, during operation, these systems often experience problems in the form of frequency and voltage fluctuations caused by changes in consumer loads and instability of water discharge. These conditions can affect the rotational speed of the turbine and generator, resulting in disturbances to the stability of the system frequency. In conventional systems, frequency regulation is performed using a mechanical governor. However, its implementation in small-scale MHPP systems is often constrained by high costs and the complexity of hydraulic systems. Therefore, an alternative control system that is simpler and more economical is required, namely an electronic-based governor system. This system consists of sensors, actuators, and a PLC-based controller. The PLC functions to regulate the compensator load in the form of a variable load whose value is controlled using switches configured with the Binary Combination Switch concept. With the implementation of this governor system, the generator frequency stability is expected to be maintained despite load changes and variations in water discharge.

Keywords: Micro Hydro Power Plant (MHPP), Electronic Governor, PID Control, Zelio, Binary Combination Switch.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas penyertaan dan kebaikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ *Desain dan Implementasi Electronic Load Controller berbasis PLC dan Pengaturan Beban Menggunakan Konsep Binary Combanition Switch* .” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, M.T. Selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, arahan, dedikasi, serta pengalaman yang sangat berharga kepada penulis.
2. Bima Romadhon Parada Dian Palevi, S.T., MT. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, arahan dan dedikasi.
3. Bapak Awan uji Krismanto, ST., MT., Ph.D. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang dan Dosen Elektro yang telah memberikan pengalaman kepada penulis
4. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang yang telah memberikan kesempatan serta fasilitas yang mendukung selama masa studi.
5. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
6. Ayah saya, Suyitno, Ibunda tercinta, Dina Kurniawati, Adik saya Rahmat Mahendra, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan moral, serta bantuan finansial yang tiada henti.
7. Seluruh anggota asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik dan anggota Laboratorium Energi Baru Terbarukan yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dorongan untuk terus belajar dan berkembang.
8. Teman-teman Angkatan 22 dan 23, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, serta berbagi pengalaman selama proses

penelitian ini. Dukungan dan kebersamaan kalian sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bermanfaat bagi para pembaca dan pihak yang berkepentingan.

Malang, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH).....	7
2.2 Generator Sinkron.....	7
2.3 Karakteristik Generator Sinkron.....	8
2.4 Sistem Governor.....	10
2.4.1 Sistem Governor Mekanik.....	11
2.4.2 Sistem <i>Governor Electronic</i>	12
2.5 Konsep Perancangan <i>Governor Electronic</i>	13
2.6 Sistem Kendali PID.....	13
2.7 Software Zelio Soft 2.....	14
2.8 Zelio Smart Relay SR2B201BD.....	15
2.9 Binary Combination Switch.....	15
2.10 Perancangan Governor Electronic.....	16
2.10.1 Parameter Overshoot.....	16
2.10.2 Parameter Settling Time.....	16
2.10.3 Parameter Steady State Eror.....	17
2.11 Power Meter Analyzer.....	17
BAB III METODOLOGI.....	19
3.1 Alur Penelitian.....	19
3.2 Flowchart Penelitian.....	21
3.3 Flowchart Sistem.....	23
3.4 Spesifikasi Alat dan putara Bahan.....	26
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.6 Perancangan Sistem.....	29
3.6.1. Desain sistem kontrol software Zelio.....	30
3.6.2. Desain sistem <i>dummy load</i>	31

3.7 Konsep Governor Elektronik.....	32
3.8 Konsep <i>Electronic Load Controller</i> (ELC).....	33
3.9 Konsep Kontrol PID.....	35
3.10 Konsep Binary Combination Switch.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Realisasi Sistem.....	39
4.2 Rangkaian Sistem Kontrol PLC.....	40
4.3 Simulasi Program Zelio Soft 2.....	41
4.4 Parameter Nilai Tuning PID.....	42
4.5 Hasil Pengujian.....	43
4.5.1 Pengujian Tanpa Beban.....	43
4.5.2 Penambahan beban 1 (100 watt).....	44
4.5.3 Penambahan beban 2 (200 watt).....	45
4.4.3 Penambahan beban 3 (300 watt).....	47
4.4.4 Perbandingan Dengan Tanpa Governor.....	49
4.6 Analisis Respon Sistem Governor.....	50
4.7 Analisis Respon PID.....	51
4.8 Analisis sistem Dummy Load.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian ekivalen generator sinkron.....	9
Gambar 2. 2	Sistem Governor Mekanik.....	11
Gambar 2. 3	Sistem Governor Electronic.....	12
Gambar 2.4	Kendali PID.....	14
Gambar 2.5	Perangkat lunak Zelio soft 2.....	14
Gambar 3. 1	Flowchart Penelitian.....	21
Gambar 3. 2	Flowchart sistem.....	23
Gambar 3. 3	Blok Diagram Sistem.....	25
Gambar 3. 4	Pictorial Diagram Sistem.....	30
Gambar 3. 5	Single line diagram PLC ke relay dummy load.....	31
Gambar 3. 6	Single line diagram relay ke dummy load.....	32
Gambar 4. 1	Realisasi sistem pengendali governor.....	39
Gambar 4. 2	Sistem Kontrol PLC.....	40
Gambar 4. 3	Hasil program kontrol zellio.....	41
Gambar 4. 4	Grafik Tanpa Beban.....	43
Gambar 4. 5	Grafik Penambahan Beban 100 Watt.....	44
Gambar 4. 6	Grafik Penambahan beban 200 Watt.....	46
Gambar 4. 7	Grafik Penambahan beban 300 Watt.....	47
Gambar 4. 8	Grafik Respon Penambahan Beban Menggunakan Governor	48
Gambar 4. 9	Grafik Perbandingan dengan Tanpa Governor.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Respon kendali PID.....	14
Tabel 3.1 Spesifikasi generator.....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi PLC Zelio.....	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi sensor proximity.....	27
Tabel 3. 4 Spesifikasi Rpm Meter.....	27
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Power Analyzer</i>	28
Tabel 3. 6 Spesifikasi Relay.....	28
Tabel 3. 7 Spesifikasi Lampu.....	28
Tabel 3. 8 Data konversi nilai biner ke dummy load.....	37
Tabel 4. 1 Nilai parameter PID.....	42
Tabel 4. 2 Tabel Data Tanpa Beban.....	43
Tabel 4. 3 Data Penambahan beban 100 Watt.....	44
Tabel 4. 4 Data Penambahan Beban 200 Watt.....	45
Tabel 4. 5 Data Penambahan beban 300 Watt.....	47