

**INTEGRASI *FNN-ATTENTION ENHANCEMENT* PADA
SISTEM *GREENWALL AQUAPONIK* UNTUK PREDIKSI
OUTPUT PV DAN STABILITAS SIRKULASI NUTRISI
DALAM PERTANIAN BERKELANJUTAN**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Sarjana
Terapan pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana
Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya**

Oleh:

LUKMAN NUL HAKIM

062140342305

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama	: Lukman Nul Hakim
NPM	: 062140342305
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Palembang, 02 Juli 2004
Alamat	: Jln Djompo Lrg.S.Gunawan No.658
Program Studi	: Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan	: Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	: Integrasi FNN-Attention Enhancement pada Sistem Greenwall Aquaponik untuk Prediksi Output PV dan Stabilitas Sirkulasi Nutrisi dalam Pertanian Berkelanjutan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila di kemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.



Palembang, Juli 2025



Lukman Nul Hakim

HALAMAN PENGESAHAN

**INTEGRASI FNN-ATTENTION ENHANCEMENT PADA
SISTEM GREENWALL AQUAPONIK UNTUK PREDIKSI
OUTPUT PV DAN STABILITAS SIKKULASI NUTRISI
DALAM PERTANIAN BERKELANJUTAN**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan Pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Oleh:

LUKMAN NUL HAKIM

062140342305

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. Tresna Dewi, S.T., M.Eng.
NIP. 197711252000032001

Dosen Pembimbing II

Ir. Pola Risma, M.T.
NIP 196303281990032001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM.
NIP. 197907222008011007

**Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro**

Renny Maulidda, S.T., M.T.
NIP. 198910022019032013

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Knowlegde is power, but wisdom is knowing how to use it”

Dengan segala rasa syukur dan kerendahan hati, laporan akhir ini kupersembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta. Terima kasih atas doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tulus, dan dukungan tanpa syarat di setiap langkahku. Kalian adalah sumber kekuatan dalam diam, yang membuatku tetap berdiri saat ingin menyerah.
2. Ibu **Dr. Eng. Ir. Tresna Dewi, S.T., M. Eng.** Selaku dosen pembimbing I dan ibu **Ir. Pola Risma, M.T.** Selaku dosen pembimbing II. Terima kasih telah dengan sabar memberikan ilmu, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan laporan akhir ini.
3. Teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan tawa di tengah lelah dan tekanan.
4. Almamaterku, Politeknik Negeri Sriwijaya, tempatku belajar dan bertumbuh hingga sejauh ini.

ABSTRAK

INTEGRASI *FNN-ATTENTION ENHANCEMENT* PADA SISTEM *GREENWALL AQUAPONIK* UNTUK PREDIKSI *OUTPUT PV* DAN STABILITAS SIRKULASI NUTRISI DALAM PERTANIAN BERKELANJUTAN

(2025: 66 Halaman + 52 Gambar + 3 Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

LUKMAN NUL HAKIM

062140342305

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Sistem Greenwall Aquaponik berbasis energi surya merupakan inovasi pertanian berkelanjutan yang menghadapi tantangan fluktuasi irradianse harian terhadap output daya panel fotovoltaik (PV). Penelitian ini mengembangkan model prediktif berbasis Feedforward Neural Network (FNN) dengan peningkatan Attention Enhancement (AE) untuk memprediksi output PV secara akurat serta menjaga kestabilan sirkulasi nutrisi dalam sistem. Data irradianse dikumpulkan menggunakan sensor, diproses melalui tahap normalisasi, dan digunakan untuk melatih model FNN-AE. Evaluasi menggunakan MSE, MAE, dan R^2 menunjukkan bahwa model mampu memetakan pola variatif irradianse dengan baik dan menghasilkan prediksi yang presisi. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan kecerdasan buatan dalam sistem aquaponik dapat meningkatkan efisiensi energi, adaptivitas sistem, dan mendukung pertanian cerdas berbasis data. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya integrasi teknologi AI dalam manajemen sumber daya energi terbarukan yang efisien. Dengan pendekatan ini, sistem aquaponik dapat beroperasi lebih mandiri, stabil, dan ramah lingkungan, sekaligus mendukung produktivitas pertanian yang berkelanjutan di tengah tantangan perubahan iklim dan keterbatasan lahan.

Kata Kunci: *Greenwall Aquaponik, Prediksi Output PV, Feedforward Neural Network (FNN), Attention Enhancement (AE), Deep Learning*

ABSTRACT

INTEGRATION OF FNN-ATTENTION ENHANCEMENT IN GREENWALL AQUAPONICS SYSTEM FOR PREDICTING PV OUTPUT AND NUTRIENT CIRCULATION STABILITY IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

(2025: 66 Pages + 52 Figures + 3 Tables + References + Appendices)

LUKMAN NUL HAKIM

062140342305

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

BACHELOR OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING PROGRAM

POLYTECHNIC STATE OF SRIWIJAYA

The solar-powered Greenwall Aquaponic system is a sustainable agricultural innovation that faces challenges due to daily irradiance fluctuations affecting the output power of photovoltaic (PV) panels. This study develops a predictive model based on a Feedforward Neural Network (FNN) enhanced with Attention Enhancement (AE) to accurately forecast PV output and maintain nutrient circulation stability within the system. Irradiance data was collected using sensors, normalized, and used to train the FNN-AE model. Evaluation using MSE, MAE, and R^2 demonstrates that the model effectively captures irradiance variation patterns and delivers precise predictions. These results prove that the application of artificial intelligence in aquaponic systems can improve energy efficiency, system adaptability, and support data-driven smart agriculture. This research also highlights the importance of integrating AI technologies in the efficient management of renewable energy resources. Through this approach, aquaponic systems can operate more independently, stably, and environmentally friendly, while simultaneously supporting sustainable agricultural productivity in the face of climate change challenges and limited land availability.

Keywords: *Greenwall Aquaponik, PV Power Prediction, Feedforward Neural Network (FNN), Attention Enhancement (AE), Deep Learning*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan kehadiran Allah Subhanallahu wa Ta'ala yang senantiasa melimpahkan rahmat, kasih sayang dan karunia-nya yang tak terhingga kepada kita, tak lupa shalawat beriring salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Integrasi *FNN-Attention Enhancement* pada Sistem *Green Wall* Aquaponik untuk Prediksi *Output* PV dan Stabilitas Sirkulasi Nutrisi dalam Pertanian Berkelanjutan”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulisan laporan ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Teknik Elektro Pada Jurusan Tekni Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Laporan Tugas Akhir Ini Berisi Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metodologi Penelitian, Bab IV Hasil dan Pembahasan, dan Bab V Kesimpulan dan Saran.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih:

- 1. Ibu Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I.**
- 2. Ibu Ir. Pola Risma, M.T. selaku Dosen Pembimbing II.**

Kemudian dengan segala ketulusan hati penulis juga berterimakasih atas dukungan, bimbingan, bantuan, dan kemudahan dari berbagai pihak, antara lain :

1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Lindawati, S.T., M.T.I. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Renny Maulidda, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Orang tua dan Keluarga kami yang selalu setia mendo'akan serta memberikan dukungan kepada kami Ayah, Ibu, Ayuk dan Adek.

6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kekeliruan, baik mengenai isi maupun cara penulisan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan ini dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya dan semoga segala bantuan serta bimbingan yang penulis dapatkan selama ini mendapatkan rahmat dan ridho dari Allah SWT, Aamiin.

Palembang, Juli 2025

Lukman Nul Hakim

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	II Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	II
ABSTRAK	V
ABSTRACT	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XIII
DAFTAR TABEL	15
BAB 1_PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.1 Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
1.4.2 Manfaat.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II_TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 State of the Art.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Sistem <i>Greenwall</i> Aquaponik.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Komponen Sistem <i>Greenwall</i> Aquaponik....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Integrasi dengan Energi Terbarukan.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Panel Surya (PV)	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Kompenen Utama Panel Surya.....	Error! Bookmark not defined.

2.3.2 Prinsip Kerja Panel Surya.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Cara Kerja Panel Surya.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Metode <i>Deep Learning</i> Pada Prediksi Data ..	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 <i>Feedforward Neural Network</i> (FNN)	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 <i>Attention Enhancement</i> (AE).....	Error! Bookmark not defined.
2.4.3 Penggabungan FNN-AE Prediksi Sistem Energi Terbarukan	Error!
	Bookmark not defined.
2.5 Google Colab	Error! Bookmark not defined.
2.6 Sensor <i>Irradiance</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 Fungsi Utama Sensor <i>Irradiance Meter</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 Relevansi pada Sistem <i>Greenwall</i> Akuaponik Berbasis PV	Error!
	Bookmark not defined.
2.6.3 Peran Sensor pada Penelitian <i>Greenwall</i> Aquaponik	Error! Bookmark not defined.
	defined.
2.6.4 Cara Kerja Sensor <i>Irradiance Meter</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.5 Rumus Dasar Perhitungan Energi Matahari ..	Error! Bookmark not defined.
2.6.6 Prinsip Kerja Sensor <i>Irradiance</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7 Sensor PZEM004T	Error! Bookmark not defined.
2.8 Sensor PZEM017 300V	Error! Bookmark not defined.
2.9 Serial TTL to RS485 Converter Adapter Communication Modul	Error!
	Bookmark not defined.
2.10 Mikrokontroller NodeMCU ESP8266.....	Error! Bookmark not defined.
2.11 NodeMCU Expansion Board.....	Error! Bookmark not defined.
2.11 Modem Wi-Fi	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Kerangka Laporan Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.

3.1.2 Perancangan Sistem <i>Greenwall</i> Aquaponik Otomatis Berbasis Tenaga Surya.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.3 Pembuatan Sistem <i>Greenwall</i> Aquaponik Otomatis Berbasis Tenaga Surya	Error! Bookmark not defined.
3.1.4 Pengambilan dan Pengujian Data Sistem <i>Greenwall</i> Aquaponik Otomatis Berbasis Tenaga Surya.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.5 Evaluasi.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.6 Pembuatan Laporan	Error! Bookmark not defined.
3.2 <i>Flowchart</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 <i>Input Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 <i>Pre-processing Data</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 <i>Building Model FNN-Attention Enchanment</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.4 <i>Training Model FNN-Attention Enchanment</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 <i>Testing FNN-Attention Enchanment</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Deksripsi Sistem <i>Greenwall</i> Akuaponik Otomatis Dengan Tenaga Surya	Error! Bookmark not defined.
4.2 Deksripsi Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Preprosessing Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 <i>Building Model Data Simulasi</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3 <i>Deksripsi Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 <i>Preprosessing Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 <i>Building Model Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 <i>Tuning Hyperparameter Data Experiment</i> ...	Error! Bookmark not defined.
4.4 Hasil Analisa Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.

4.4.1 Hasil Prediksi Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.4.2 Matriks Evaluasi Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.4.3 Performa Model Data Simulasi	Error! Bookmark not defined.
4.5 <i>Hasil Analisa Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5.1 <i>Hasil Prediksi Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5.2 <i>Matriks Evaluasi Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5.3 <i>Performa Model Data Experiment</i>	Error! Bookmark not defined.
4.6 Hubungan Antara <i>Output PV</i> Terhadap Sirkulasi Pertumbuhan Tanaman Di <i>Greenwall</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Aquaponik	9
Gambar 2. 2 Panel Surya.....	11
Gambar 2. 3 Arsitektur FeedForward Neural Network (FNN).....	15
Gambar 2. 4 Arsitektur Attention Enhancement (AE).....	17
Gambar 2. 5 FNN-AE.....	19
Gambar 2. 6 Google Colab.....	20
Gambar 2. 7 Website Google Colab.....	20
Gambar 2. 8 New Notebook Google Colab.....	21
Gambar 2. 9 Kode Python Google Colab.....	21
Gambar 2. 10 Setting Runtime Type Google Colab.....	21
Gambar 2. 11 Sensor Irradiance Meter.....	23
Gambar 2. 12 Sensor PZEM004T.....	27
Gambar 2. 13 Sensor PZEM017.....	29
Gambar 2. 14 Modul TTL to RS485.....	30
Gambar 2. 15 NodeMCU ESP8266.....	31
Gambar 2. 16 NodeMCU Expansion Board.....	32
Gambar 2. 17 Modem Wi-Fi.....	33
Gambar 3. 1 Kerangka Laporan Tugas Akhir.....	33
Gambar 3. 2 Flowchart.....	37
Gambar 3. 3 Input Dataset.....	38
Gambar 4. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	40

Gambar 4. 2 Panel Power Monitor (PLTS).....	41
Gambar 4. 3 Power Monitor PLTS.....	41
Gambar 4. 4 Feature Irradiance before Prediksi.....	42
Gambar 4. 5 Normalisasi Data Simulasi.....	43
Gambar 4. 6 Building Model Data Simulasi.....	44
Gambar 4. 7 Data Asli Voltage DC (Volt).....	45
Gambar 4. 8 Data Asli Current DC (Ampere).....	45
Gambar 4. 9 Data Asli Power DC (Watt).....	46
Gambar 4. 10 Data Asli Voltage AC (Volt).....	46
Gambar 4. 11 Data Asli Current AC (Ampere).....	46
Gambar 4. 12 Data Asli Power AC (Watt).....	47
Gambar 4. 13 Data Asli Irradiance (W/m ²).....	47
Gambar 4. 14 Pre-Prossesing Data Experiment.....	48
Gambar 4. 15 Normalisasi Data Experiment.....	49
Gambar 4. 16 Building Model Data Experiment.....	50
Gambar 4. 17 Tuning Hyperparameter Data Experiment.....	51
Gambar 4. 18 True vs Predicted Value for Irradiance.....	52
Gambar 4. 19 Model Loss During Training.....	54
Gambar 4. 20 Model Accuracy During Training.....	55
Gambar 4. 21 Prediksi vs Aktual Voltage DC (Volt).....	57
Gambar 4. 22 Prediksi vs Aktual Current DC (Ampere).....	57
Gambar 4.19 Prediksi vs Aktual Power DC (Watt).....	58
Gambar 4.20 Prediksi vs Aktual Voltage AC (Volt).....	58
Gambar 4.21 Prediksi vs Aktual Current AC (Ampere)	59
Gambar 4.22 Prediksi vs Aktual Power AC (Watt.....	59
Gambar 4. 23 Prediksi vs Aktual Irrandiance (W/m ²).....	60
Gambar 4. 24 Training vs Validation Loss (Per-Epoch).....	62
Gambar 4. 25 Training vs Validation Accuracy (Per-Epoch).....	63

Gambar 4. 26 Pertumbuhan Melon dari Week 1 sampai Week 14.....	64
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State of the Art dalam Prediksi Energi dengan Metode Hybrid.....	6
Tabel 4. 1 Nilai Matriks Evaluasi.....	53
Tabel 4. 2 Nilai Matriks Evaluasi.....	61