

**PENJADWALAN *DEEP SLEEP* ADAPTIF BERBASIS
PREDIKSI LSTM UNTUK KEBUTUHAN NUTRISI DI SISTEM
IOT HIDROPONIK**

SKRIPSI



OLEH:

MOHAMMAD ZAKI FIRMANSAH

NIM. 22100817110006

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN, JUNI 2026**

**PENJADWALAN *DEEP SLEEP* ADAPTIF BERBASIS
PREDIKSI LSTM UNTUK KEBUTUHAN NUTRISI DI SISTEM
IOT HIDROPONIK**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Sarjana Strata-1 Teknologi Informasi



OLEH:

MOHAMMAD ZAKI FIRMANSAH

NIM. 22100817110006

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN, JUNI 2026**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohammad Zaki Firmansah
NIM : 2210817110006
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknologi Informasi
Judul : Penjadwalan *Deep sleep* Adaptif Berbasis Prediksi
LSTM untuk Kebutuhan Nutrisi di Sistem IoT
Hidroponik
Pembimbing Utama : Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom., IPM.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar rujukan.

Banjarmasin, 01 Juni 2026

Penulis,



Mohammad Zaki Firmansah
NIM. 2210817110006

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI INFORMASI

**PENJADWALAN *DEEP SLEEP* ADAPTIF BERBASIS PREDIKSI LSTM
UNTUK KEBUTUHAN NUTRISI DI SISTEM IOT HIDROPONIK**

Oleh
Mohammad Zaki Firmansah (2210817110006)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 03 Juni 2026 dan dinyatakan
LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Andreyan Rizky Baskara, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199307032019031011

Anggota 1 : Irham Maulani Abdul Gani, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199710312025061009

Anggota 2 : Nurul Fathanah Mustamin, S.Pd., M.T.
NIP. 199110252019032018

**Pembimbing
Utama** : Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom., IPM.
NIP. 198411202015042002

.....
.....
.....
.....
.....

Banjarbaru, 24 JUN 2026

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,**

**Koordinator Program Studi
S-1 Teknologi Informasi,**



Dukuh Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001

.....
.....

Andreyan Rizky Baskara, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199307032019031011

PERSETUJUAN MAJU SIDANG SKRIPSI

**PENJADWALAN *DEEP SLEEP* ADAPTIF BERBASIS PREDIKSI LSTM UNTUK
KEBUTUHAN NUTRISI DI SISTEM IOT HIDROPONIK**

OLEH

MOHAMMAD ZAKI FIRMANSAH

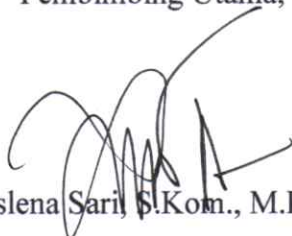
NIM. 2210817110006

Telah terpenuhi semua persyaratan akademik dan administrasi,

Telah diperiksa dan disetujui untuk diseminarkan

Banjarmasin, 06 Mei 2026

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom., IPM.

NIP. 198411202015042002

ABSTRAK

Sistem hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan nutrisi tanaman secara *real-time*, namun penggunaan perangkat yang bekerja secara kontinu menyebabkan konsumsi energi menjadi tinggi. Penelitian sebelumnya umumnya menerapkan mekanisme *deep sleep* secara statis tanpa mempertimbangkan perubahan kebutuhan nutrisi tanaman, sehingga efisiensi energi belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan penjadwalan *deep sleep* adaptif berbasis prediksi *Long Short-Term Memory* (LSTM) guna meningkatkan efisiensi energi pada sistem IoT hidroponik tanpa mengganggu kestabilan nutrisi tanaman. Objek penelitian berupa sistem hidroponik selada berbasis ESP32 dengan parameter utama *Total Dissolved Solids* (TDS). Data TDS dikumpulkan setiap 5 menit selama 15 hari dan menghasilkan 4.320 data deret waktu. Model LSTM digunakan untuk memprediksi nilai TDS dan menentukan durasi *deep sleep* perangkat secara adaptif berdasarkan perubahan nutrisi yang diprediksi. Kinerja model dievaluasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), sedangkan efisiensi energi dianalisis melalui perbandingan konsumsi daya sebelum dan sesudah penerapan sistem adaptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *stacked* LSTM mampu memberikan performa prediksi yang baik dengan nilai RMSE terendah sebesar 16,83 ppm pada konfigurasi 64–32 unit, *window size* 48, dan 150 *epoch*. Implementasi *deep sleep* adaptif berhasil menurunkan konsumsi energi dari 17,078 Wh menjadi 1,642 Wh dengan tingkat efisiensi sebesar 90,39%. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi LSTM dan mekanisme *deep sleep* adaptif efektif dalam meningkatkan efisiensi energi sistem IoT hidroponik sekaligus mempertahankan kestabilan pemantauan nutrisi tanaman. Penelitian ini berimplikasi pada pengembangan sistem pertanian cerdas yang lebih hemat energi, adaptif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Deep sleep* Adaptif, Efisiensi Energi, Hidroponik, *Internet of Things* (IoT), *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Total Dissolved Solids* (TDS).

ABSTRACT

Internet of Things (IoT)-based hydroponic systems enable real-time monitoring of plant nutrient conditions; however, continuous device operation leads to high energy consumption. Previous studies generally implemented static deep sleep mechanisms without considering changes in plant nutrient requirements, resulting in suboptimal energy efficiency. This study aims to develop an adaptive deep sleep scheduling mechanism based on Long Short-Term Memory (LSTM) prediction to improve energy efficiency in IoT-based hydroponic systems without disrupting nutrient stability. The research object was an ESP32-based lettuce hydroponic system using Total Dissolved Solids (TDS) as the main parameter. TDS data were collected every 5 minutes for 15 days, producing 4,320 time-series data points. The LSTM model was used to predict TDS values and determine adaptive deep sleep durations based on predicted nutrient changes. Model performance was evaluated using Root Mean Square Error (RMSE), while energy efficiency was analyzed by comparing power consumption before and after implementing the adaptive system. The results showed that the stacked LSTM model achieved good predictive performance with the lowest RMSE value of 16.83 ppm using a 64–32 architecture, a window size of 48, and 150 training epochs. The implementation of adaptive deep sleep successfully reduced energy consumption from 17.078 Wh to 1.642 Wh, achieving an energy efficiency of 90.39%. These findings indicate that integrating LSTM with an adaptive deep sleep mechanism effectively improves the energy efficiency of IoT-based hydroponic systems while maintaining nutrient monitoring stability. This study contributes to the development of more energy-efficient, adaptive, and sustainable smart farming systems.

Keywords: Adaptive Deep sleep, Energy Efficiency, Hydroponics, Internet of Things (IoT), Long Short-Term Memory (LSTM), Total Dissolved Solids (TDS).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, kesehatan, dan kekuatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penjadwalan *Deep sleep* Adaptif Berbasis Prediksi LSTM Untuk Kebutuhan Nutrisi Di Sistem Iot Hidroponik” ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan kita, Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju cahaya keilmuan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 (S1) pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, yang telah memberikan izin dan dukungan dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ketua Jurusan Teknologi Informasi, yang selalu memberikan arahan dalam proses akademik.
3. Bapak Andreyan Rizky Baskara, S.Kom., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Informasi, yang senantiasa memberikan bimbingan dan dukungan selama masa studi.
4. Ibu Dr. Ir. Yuslena Sari, S.Kom., M.Kom., IPM., selaku pembimbing utama, yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis.
5. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materiil tanpa henti.
6. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknologi Informasi, yang telah menjadi tempat berbagi ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Skripsi ini terdiri dari beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- BAB I: Pendahuluan, yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.
- BAB II: Tinjauan Pustaka, berisi landasan teori, penelitian terkait, dan kerangka pemikiran.
- BAB III: Metodologi Penelitian, meliputi alat dan bahan, lokasi penelitian, alur penelitian.
- BAB IV: Hasil dan Pembahasan, yang memaparkan hasil penelitian serta analisisnya.
- BAB V: Kesimpulan dan Saran, yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi para pembaca.

Banjarmasin, 01 Juni 2026

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned above the printed name.

Mohammad Zaki Firmansah

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERSETUJUAN MAJU SIDANG SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terkait	7
2.1.1 <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) Sebagai Pengukur Nutrisi Tanaman.	7
2.1.2 Efisiensi Daya <i>Internet of Things</i> pada Tanaman Hidroponik.....	7
2.1.3 Penggunaan <i>Long Short-Term Memory</i> di Hidroponik.....	9
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Sistem Hidroponik	14

2.2.2	<i>Internet of Things (IoT)</i>	14
2.2.3	<i>Total Dissolved Solids (TDS)</i>	17
2.2.4	<i>Deep Learning</i>	18
2.2.5	<i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	19
2.2.6	<i>Deep sleep</i>	21
2.3	Kerangka Pemikiran.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Alat dan Bahan.....	24
3.1.1	Alat.....	24
3.1.2	Bahan.....	24
3.2	Lokasi/Objek Penelitian.....	25
3.2.1	Lokasi.....	25
3.2.2	Objek.....	26
3.3	Alur Penelitian	29
3.3.1	Identifikasi Masalah.....	29
3.3.2	Studi Literatur	30
3.3.3	Akuisisi Data.....	30
3.3.4	Pembuatan Metode LSTM	32
3.3.5	Analisis Hasil Pembuatan Metode LSTM.....	37
3.3.6	Evaluasi Hasil Pengujian.....	38
3.3.7	Implementasi Model ke Sistem IoT Hidroponik.....	39
3.3.8	Analisis Perubahan Daya	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Gambaran Umum Implementasi Sistem	48
4.2	Analisis dan Karakteristik Data	49
4.2.1	Hasil Akuisisi Data	49

4.2.2	Karakteristik dan Pola Data TDS	50
4.2.3	Preprocessing Data.....	53
4.3	Pelatihan Model LSTM.....	53
4.3.1	Persiapan Data Pelatihan.....	53
4.3.2	Arsitektur Model LSTM	54
4.3.3	Hasil Pelatihan Model	56
4.3.4	Perbandingan Kinerja Model	59
4.4	Evaluasi Kinerja Model.....	67
4.4.1	Evaluasi Performa Model.....	67
4.4.2	Analisis Kesalahan Prediksi	68
4.4.3	Pengujian Jangka Waktu Prediksi	70
4.5	Implementasi <i>Deep sleep</i> Adaptif.....	71
4.5.1	Mekanisme <i>Deep sleep</i> Adaptif	71
4.5.2	Implementasi <i>Deep sleep</i> pada ESP32	73
4.6	Analisis Konsumsi Daya	74
4.6.1	Pengujian Tanpa <i>Deep sleep</i>	75
4.6.2	Pengujian <i>Deep sleep</i> Adaptif.....	76
4.6.3	Efisiensi Energi	77
4.7	Pembahasan.....	78
4.7.1	Kinerja Model LSTM dalam Prediksi TDS	78
4.7.2	Integrasi Model LSTM dengan Sistem IoT untuk Mekanisme <i>Deep sleep</i> Adaptif.....	78
4.7.3	Pengaruh Sistem Adaptif terhadap Efisiensi Konsumsi Daya	79
BAB V PENUTUP.....		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran.....	80

DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur <i>Internet of Things</i> (IoT)	15
Gambar 2. 2 Mikrokontroller ESP32 DevKit V1	17
Gambar 2. 3 Arsitektur Umum <i>Deep Learning</i>	19
Gambar 2. 4 Arsitektur LSTM	20
Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran	22
Gambar 3. 1 Lokasi Mitra	26
Gambar 3. 2. Tampilan <i>Monitoring</i> pada <i>Website</i>	27
Gambar 3. 3. Rancangan Perangkat IoT	28
Gambar 3. 4 Alur Penelitian.....	29
Gambar 3. 5 Tampilan Pengambilan Data pada <i>Website</i>	31
Gambar 3. 6 Alur Pelatihan Metode	33
Gambar 3. 7 Ilustrasi Proses Prediksi Menggunakan LSTM.....	34
Gambar 3. 8 Alur Implementasi Model LSTM ke Sistem Hidroponik.....	40
Gambar 4. 1 Alat IoT	48
Gambar 4. 2 <i>Website monitoring</i>	49
Gambar 4. 3 Grafik <i>Time-series</i> Nilai TDS Selama 15 Hari	51
Gambar 4. 4 Distribusi Nilai TDS.....	52
Gambar 4. 5 Perbandingan Nilai RMSE pada Berbagai Konfigurasi Model LSTM	57
Gambar 4. 6 Perbandingan <i>Training Loss</i>	58
Gambar 4. 7 Perbandingan <i>Validation Loss</i>	59
Gambar 4. 8 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model Simple RNN	62
Gambar 4. 9 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model LSTM	62
Gambar 4. 10 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model GRU.....	63

Gambar 4. 11 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model BiLSTM.....	63
Gambar 4. 12 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model BiGRU.....	64
Gambar 4. 13 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model CNN-LSTM.....	64
Gambar 4. 14 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model TCN.....	65
Gambar 4. 15 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> Model Transformer.....	65
Gambar 4. 16 Perbandingan Nilai Aktual dan Prediksi Model LSTM.....	68
Gambar 4. 17 Grafik <i>Error</i> Prediksi Model LSTM.....	69
Gambar 4. 18 Hubungan ΔTDS dan Durasi <i>Deep sleep</i> Adaptif.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32 DevKit V1	17
Tabel 3. 1 Daftar Alat Penelitian.....	24
Tabel 3. 2 Daftar Bahan Penelitian	24
Tabel 3. 3 Contoh Detail Dataset	31
Tabel 3. 4 Model Card LSTM.....	36
Tabel 3. 5 Tabel Eksperimen	37
Tabel 4. 1 Hasil Akuisisi Data	50
Tabel 4. 2 Statistik Deskriptif Data.....	51
Tabel 4. 3 Hasil Pemeriksaan Missing Value	53
Tabel 4. 4 Pembagian Dataset.....	54
Tabel 4. 5 Bentuk Data Sequence	54
Tabel 4. 6 Variasi Arsitektur Model yang Diuji	55
Tabel 4. 7 Hasil Eksperimen Variasi Arsitektur dan <i>Window size</i> Model LSTM	56
Tabel 4. 8 Perbandingan Kinerja Model	60
Tabel 4. 9 Hasil Prediksi dan <i>Error</i> Model LSTM	70
Tabel 4. 10 <i>Pseudocode</i> Implementasi <i>Deep sleep</i> Adaptif.....	74
Tabel 4. 11 Data konsumsi daya tanpa <i>deep sleep</i>	75
Tabel 4. 12 Data konsumsi daya dengan <i>deep sleep</i>	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Konsultasi.....	91
Lampiran 2. Dataset IoT	92
Lampiran 3 Hasil Prediksi LSTM.....	179
Lampiran 4. Dataset Analisis Konsumsi Daya	195