

**OPTIMASI STABILITAS PENGUKURAN SENSOR
ELECTRIC FIELD MILL MELALUI REDUKSI NOISE
BERBASIS RANGKAIAN AMPLIFIER, RC FILTER DAN
*MOVING AVERAGE FILTER (MAF)***



TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Frama Andika

062240342228

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama	: Frama Andika
NIM	: 062240342228
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Sungai Pinang, 01 Januari 2005
Alamat	: Perumahan Casa Bonica Blok C No 15
Program Studi	: Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan	: Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	: Optimasi Stabilitas Pengukuran Sensor Electric Field Mill Melalui Reduksi Noise Berbasis Rangkaian Amplifier, Rc Filter Dan Moving Average Filter (Maf)

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, 2026
Yang Menyatakan



Frama Andika

**OPTIMASI STABILITAS PENGUKURAN SENSOR
ELECTRIC FIELD MILL MELALUI REDUKSI NOISE
BERBASIS RANGKAIAN AMPLIFIER, RC FILTER DAN
MOVING AVERAGE FILTER (MAF)**



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

**Oleh:
Frama Andika
062240342228**

Palembang, 27 Juli 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

**Ir. M. Nawawi, M.T.
NIP. 196312221991031006**

Dosen Pembimbing II

**Ir. Masayu Anisah, S.T., M.T.
NIP. 197812281993032001**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

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

**Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik
Elektro**

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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.”

-(QS. An-Najm: 39)-

“Jika Hari Esok Engkau Masih Bernafas, Usahakan Hari Itu Lebih Baik Dari Pada Hari ini”

-(FA)-

PERSEMBAHAN:

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu dan (*Alm*) Ayah yang telah menjadi sumber kekuatan, semangat, dan doa di setiap langkah perjuangan. Terima kasih atas cinta yang tak pernah putus, dukungan yang tak tergantikan, serta keyakinan yang tak pernah luntur terhadap setiap impian saya. Tanpa restu dan doa kalian, perjalanan ini tak akan pernah sampai sejauh ini.
2. Bapak **Ir. M. Nawawi, M.T.** dan Ibu **Ir. Masayu Anisah, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas waktu, kesabaran, dan dedikasi yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.
3. Babah Zia dan Mama Aiza, saudara dan saudari yang menjadi tempat berbagi cerita, dukungan emosional, dan tawa yang menyemangati setiap langkah perjalanan akademik saya. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam proses ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.
4. Sahabat-sahabat dan Team terbaikku, yang selalu hadir di setiap momen suka dan duka, menyemangati ketika semangat mulai redup, dan menjadi penguat ketika langkah terasa berat. Terima kasih atas tawa, canda, dan waktu yang sangat berharga

ABSTRAK

OPTIMASI STABILITAS PENGUKURAN SENSOR *ELECTRIC FIELD MILL* MELALUI REDUKSI NOISE BERBASIS RANGKAIAN AMPLIFIER, RC FILTER DAN *MOVING AVERAGE FILTER* (MAF)

(2026: 69 Halaman +19 Gambar + 19 Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

FRAMA ANDIKA

062240342228

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Pengukuran medan listrik atmosfer menggunakan sensor *Electric Field Mill* custom rentan terhadap gangguan noise yang berasal dari getaran mekanis rotor, interferensi elektromagnetik motor DC, dan thermal noise komponen elektronik. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring medan listrik atmosfer dengan mengoptimalkan stabilitas pengukuran melalui pendekatan reduksi noise berlapis yang menggabungkan rangkaian amplifier berbasis Op-Amp LM358, RC *Low Pass Filter* dengan frekuensi *cutoff* 723 Hz, dan algoritma *Moving Average Filter* (MAF) pada mikrokontroler ESP32-S3. Rangkaian amplifier menghasilkan penguatan aktual rata-rata sebesar 11,87 kali dari penguatan teoritis 10 kali, rangkaian RC *Low Pass Filter* menghasilkan gain rata-rata 0,775 dengan redaman -2,21 dB, dan rangkaian buffer menghasilkan tegangan keluaran rata-rata 1,752 V yang aman untuk input ADC ESP32-S3. Penerapan MAF dengan nilai N=20 terbukti optimal dengan peningkatan SNR sebesar +1,16 dB dari 47,52 dB menjadi 48,67 dB, serta penurunan standar deviasi sebesar 12,48% dari 0,0063 menjadi 0,0055. Sistem berhasil merekam 110.706 data valid secara kontinu selama periode pengujian 16–22 Juni 2026 dengan delay pengiriman Blynk rata-rata 302 ms, membuktikan kemampuan sistem dalam memonitor medan listrik atmosfer secara *real-time* dan andal dalam kondisi nyata.

Kata Kunci: *Electric Field Mill*, Medan Listrik Atmosfer, Reduksi Noise, *Moving Average Filter*, ESP32-S3, IoT, Blynk.

ABSTRACT

STABILITY OPTIMIZATION OF *ELECTRIC FIELD MILL* SENSOR MEASUREMENT THROUGH NOISE REDUCTION BASED ON AMPLIFIER CIRCUIT, RC FILTER AND *MOVING AVERAGE FILTER* (MAF)

(2026: 69 Pages + 19 Figures + 19 Tables + References + Appendices)

FRAMA ANDIKA

062240342228

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Atmospheric electric field measurement using a custom *Electric Field Mill* sensor is susceptible to noise interference originating from rotor mechanical vibrations, DC motor electromagnetic interference, and electronic component thermal noise. This study develops an atmospheric electric field monitoring system by optimizing measurement stability through a layered noise reduction approach combining an Op-Amp LM358-based amplifier circuit, an RC *Low Pass Filter* with a cutoff frequency of 723 Hz, and a *Moving Average Filter* (MAF) algorithm on an ESP32-S3 microcontroller. The amplifier circuit produces an average actual gain of 11.87 times from a theoretical gain of 10 times, the RC *Low Pass Filter* produces an average gain of 0.775 with an attenuation of -2.21 dB, and the buffer circuit produces an average output voltage of 1.752 V which is safe for the ESP32-S3 ADC input. The application of MAF with N=20 proved optimal, achieving an SNR improvement of +1.16 dB from 47.52 dB to 48.67 dB, and a standard deviation reduction of 12.48% from 0.0063 to 0.0055. The system successfully recorded 110,706 valid data points continuously during the testing period of June 16–22, 2026, with an average Blynk transmission delay of 302 ms, demonstrating the system's capability to monitor atmospheric electric field in real-time and reliably under actual field conditions.

Keywords: *Electric Field Mill*, Atmospheric Electric Field, Noise Reduction, *Moving Average Filter*, ESP32-S3, IoT, Blynk.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas limpahan karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul **"OPTIMASI STABILITAS PENGUKURAN SENSOR *ELECTRIC FIELD MILL* MELALUI REDUKSI *NOISE* BERBASIS RANGKAIAN AMPLIFIER, RC FILTER DAN *MOVING AVERAGE FILTER* (MAF)"** dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik 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, serta Bab V Penutup.

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

1. Bapak Ir. M. Nawawi, M.T., selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ibu Ir. Masayu Anisah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II.

Penulis juga dengan tulus menyampaikan terima kasih 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. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Lindawati, S.T., M.T.I., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro.
5. Seluruh Dosen, Staff, dan instruktur pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Keluarga saya tercinta, ibu, *alm* ayah, Kakak, Ayuk, Aiza dan Zia yang telah memberikan dukungan besar dan kepercayaan sepenuhnya untuk mengerjakan tugas akhir.

7. Teman seperjuangan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kekeliruan, baik mengenai isi maupun cara penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan ini dapat bermanfaat bagi setiap individu yang membacanya dan semoga segala bantuan serta bimbingan yang penulis dapatkan selama ini mendapatkan rahmat dan ridho dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Aamiin.

Palembang, 31, Juli 2026



Frama Andika

DAFTAR ISI

OPTIMASI STABILITAS PENGUKURAN SENSOR ELECTRIC FIELD MILL MELALUI REDUKSI NOISE BERBASIS RANGKAIAN AMPLIFIER, RC FILTER DAN MOVING AVERAGE FILTER (MAF)

<u>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</u>	ii
<u>ABSTRAK</u>	iv
<u>ABSTRACT</u>	v
<u>KATA PENGANTAR</u>	vi
<u>DAFTAR ISI</u>	viii
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	xi
<u>DAFTAR TABEL</u>	xii
<u>DAFTAR LAMPIRAN</u>	xiii
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
1.1 <u>Latar Belakang</u>	1
1.2 <u>Rumusan Masalah</u>	4
1.3 <u>Batasan Masalah</u>	4
1.4 <u>Tujuan</u>	5
1.5 <u>Manfaat</u>	5
1.6 <u>Metode Penulisan</u>	6
1.6.1 <u>Metode Literatur</u>	6
1.6.2 <u>Metode Perancangan</u>	6
1.6.3 <u>Metode Pengujian Dan Analisis</u>	7
1.6.4 <u>Metode Konsultasi</u>	7
1.7 <u>Sistematik Penulisan</u>	7
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	9
2.1 <u>State of The Art</u>	9
2.2 <u>Electric Field Mill (EFM)</u>	13
2.3 <u>Medan Listrik Atmosfer</u>	14
2.3.1 <u>Konstruksi Sensor Electric Field Mill Custom</u>	15
2.4 <u>Rangkaian Amplifier</u>	16
2.4.1 <u>Op-Amp LM358</u>	18
2.4.2 <u>Dioda 1N4148</u>	19
2.4.3 <u>Trimpot</u>	20

2.5	<u>RC Filter</u>	21
2.5.1	<u>Low Pass Filter (LPF)</u>	22
2.5.2	<u>Buffer Op-Amp</u>	23
2.5.3	<u>Kapasitor</u>	25
2.6	<u>Moving Average Filter (MAF)</u>	26
2.6.1	<u>Karakteristik dan Keunggulan MAF pada Sistem Pengukuran Sensor</u> 27	
2.7	<u>Motor DC</u>	28
2.8	<u>ESP32-S3</u>	29
2.8.1	<u>Analog to Digital Converter (ADC) ESP32-S3</u>	31
2.9	<u>Blynk</u>	32
<u>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</u>		34
3.1	<u>Kerangka Penelitian</u>	34
3.1.1	<u>Studi Literatur</u>	35
3.1.2	<u>Perancangan Sistem</u>	35
3.1.3	<u>Implementasi Perangkat Keras</u>	36
3.1.4	<u>Pengujian Sistem</u>	36
3.1.5	<u>Analisis Data</u>	37
3.2	<u>Perancangan Sistem</u>	38
3.2.1	<u>Perancangan Mekanik</u>	38
3.2.2	<u>Perancangan Elektronik</u>	39
3.3	<u>Perancangan Perangkat Lunak</u>	41
3.3.1	<u>Diagram Blok Sistem</u>	42
3.3.2	<u>Flowchart Sistem</u>	43
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>		47
4.1	<u>Hasil Implementasi Sistem</u>	47
4.2	<u>Hasil Pengujian Per Blok Rangkaian</u>	49
4.2.1	<u>Pengujian Rangkaian Amplifier</u>	49
4.2.2	<u>Pengujian Rangkaian RC Low Pass Filter</u>	50
4.2.3	<u>Pengujian Rangkaian Buffer</u>	51
4.2.4	<u>Pengujian ADC ESP32-S3</u>	52
4.3	<u>Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi</u>	53
4.3.1	<u>Pengujian Sensor Electric Field Mill</u>	53
4.3.2	<u>Hasil Pengukuran Sinyal Raw (Sebelum MAF)</u>	53

4.3.3	<u>Hasil Pengukuran Sinyal Setelah MAF.....</u>	55
4.4	<u>Analisis Perbandingan Sinyal Sebelum dan Sesudah MAF.....</u>	55
4.4.1	<u>Analisis SNR.....</u>	55
4.4.2	<u>Analisis Stabilitas Sinyal.....</u>	56
4.4.3	<u>Penentuan Nilai N Optimal MAF</u>	56
4.5	<u>Hasil Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Blynk.....</u>	58
4.5.1	<u>Blynk.....</u>	58
4.5.2	<u>Google Sheets.....</u>	60
4.6	<u>Pembahasan Umum.....</u>	60
<u>BAB V PENUTUP.....</u>		63
5.1	<u>Kesimpulan.....</u>	63
5.2	<u>Saran.....</u>	63
<u>DAFTAR PUSTAKA.....</u>		65
<u>LAMPIRAN.....</u>		69

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar 2. 1</u> <u>Sensor Electric Field Mill</u>	16
<u>Gambar 2. 2</u> <u>Rangkaian Amplifier pada Sistem Pengukuran Sensor Electric Field Mill</u>	17
<u>Gambar 2. 3</u> <u>IC Op-Amp LM358</u>	18
<u>Gambar 2. 4</u> <u>Dioda 1N4148</u>	20
<u>Gambar 2. 5</u> <u>Rangkaian RC Filter pada Sistem Pengukuran Sensor Electric Field Mill</u>	22
<u>Gambar 2. 6</u> <u>Rangkaian Buffer dan Output pada Sistem Pengukuran Sensor Electric Field Mill</u>	24
<u>Gambar 2. 7</u> <u>Modul ESP32-S3</u>	30
<u>Gambar 3. 1</u> <u>Kerangka Pelaksanaan Tugas Akhir</u>	34
<u>Gambar 3. 2</u> <u>Desain 3D Alat</u>	39
<u>Gambar 3. 3</u> <u>Skematik Rangkaian</u>	40
<u>Gambar 3. 4</u> <u>Blok Diagram</u>	42
<u>Gambar 3. 5</u> <u>Flowchart Program Sistem Pengukuran Sensor Electric Field Mill</u>	44
<u>Gambar 4. 1</u> <u>Tampak Atas Sensor Electric Field Mill Custom Menunjukkan Elektroda Rotor dan Stator Berbahan Plat Tembaga</u>	47
<u>Gambar 4. 2</u> <u>Realisasi Fisik Sensor Electric Field Mill Custom dengan Struktur Penopang Stainless Steel</u>	48
<u>Gambar 4. 3</u> <u>Realisasi Rangkaian Elektronik Pengkondisi Sinyal pada PCB yang Telah Dirakit</u>	48
<u>Gambar 4. 4</u> <u>Grafik Perbandingan Sinyal Raw vs Sinyal MAF N=20 (Nilai N Optimal) Sensor Electric Field Mill</u>	58
<u>Gambar 4. 5</u> <u>Grafik Perbandingan Sinyal Raw vs Sinyal MAF N=50 (sebagai Pembanding) Sensor Electric Field Mill</u>	58
<u>Gambar 4. 6</u> <u>Tampilan Dashboard Blynk Web Menunjukkan Grafik Voltage Filter, Status Sistem, dan Kondisi Atmosfer Secara Real-Time</u>	59
<u>Gambar 4. 7</u> <u>Tampilan Dashboard Blynk Mobile Application Menunjukkan Grafik Electric Field 12 Jam dan Indikator Status Pengukuran</u>	59
<u>Gambar 4. 8</u> <u>Tampilan Data Hasil Perekaman Pengukuran Medan Listrik Atmosfer pada Google Sheets</u>	60

DAFTAR TABEL

<u>Tabel 2. 1. State of The Art Electric Field Mill</u>	9
<u>Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Electric Field Mill</u>	16
<u>Tabel 2. 3 Spesifikasi IC Op-Amp LM358</u>	18
<u>Tabel 2. 4 Spesifikasi Dioda 1N4148</u>	20
<u>Tabel 2. 5 Spesifikasi teknis ESP32-S3</u>	30
<u>Tabel 3. 1 Referensi Threshold Klasifikasi Kondisi Cuaca Berdasarkan Medan Listrik Atmosfer</u>	45
<u>Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Tegangan Input dan Output Rangkaian Amplifier</u>	49
<u>Tabel 4. 2 Hasil Pengujian RC Low Pass Filter</u>	50
<u>Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Rangkaian Buffer</u>	51
<u>Tabel 4. 4 Hasil Pengujian ADC ESP32-S3</u>	52
<u>Tabel 4. 5 Pengujian Sensor Electric Field Mill</u>	53
<u>Tabel 4. 6 Data Sinyal Raw ADC</u>	54
<u>Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil MAF dengan Variasi Nilai N</u>	55
<u>Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan SNR Sebelum dan Sesudah MAF</u>	55
<u>Tabel 4. 9 Hasil Analisis Stabilitas Sinyal</u>	56
<u>Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Konektivitas Blynk</u>	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi

Lampiran 2 Lembar Pelaksanaan Revisi Tugas Akhir

Lampiran 3 Bukti Penyerahan Hasil Karya / Rancang Bangun

Lampiran 4 Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir

Lampiran 5 Pengajuan Judul

Lampiran 6 Lembar Pengesahan Judul Tugas Akhir

Lampiran 7 Lembar Konsultasi Tugas Akhir

Lampiran 8 Rekomendasi Ujian Tugas Akhir

Lampiran 9 Lembar Loa

Lampiran 10 Lembar Pengesahan

