PENERAPAN *KALMAN FILTER* DAN STANDAR DEVIASI DALAM DETEKSI *ANOMALY DATA* SENSOR KELEMBABAN TANAH

YUNITA ERNIAJAN
H1051211047

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PENERAPAN *KALMAN FILTER* DAN STANDAR DEVIASI DALAM DETEKSI *ANOMALY DATA* SENSOR KELEMBABAN TANAH

YUNITA ERNIAJAN
H1051211047

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Penerapan *Kalman Filter* dan Standar Deviasi Dalam Deteksi *Anomaly Data* Sensor Kelembaban Tanah
Nama Mahasiswa	: Yunita Erniajan
NIM	: H1051211047
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 28 Juli 2025
SK Pembimbing	: No. 4099/UN22.8/TD.06/2024 / 03 Desember 2024
SK Penguji	: No. 2451/UN22.8/TD.06/2025 / 25 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Irma Nirmala, S.T., M.T.	Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198404052019032015	NIP. 198607202015042001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.	Drs. Cucu Suhery, M.A.
NIP. 198609222014041002	NIP. 196108291989031002
Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Irma Nirmala, S.T., M.T.	Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198404052019032015	NIP. 198607202015042001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Yunita Erniajan
NIM	: H1051211047
Program Studi/ Jurusan	: Rekayasa Sistem Komputer
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 28 Juli 2025

Yunita Erniajan
H1051211047

PENERAPAN *KALMAN FILTER* DAN STANDAR DEVIASI DALAM DETEKSI *ANOMALY DATA* SENSOR KELEMBABAN TANAH

ABSTRAK

Kondisi tanah merupakan faktor penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Namun, data sensor kelembaban tanah sering mengalami gangguan berupa *noise* dan *inconsistent data* yang dapat mengganggu pengambilan keputusan sistem. Untuk mengatasi masalah ini, dirancang sebuah sistem deteksi *anomaly* dengan menerapkan algoritma *Kalman Filter* dan perhitungan standar deviasi. *Kalman Filter* digunakan untuk menyaring noise dan meningkatkan kestabilan data, sementara deteksi *anomaly* dilakukan berdasarkan rentang normal statistik menggunakan pendekatan 3-sigma. Stabilitas data diuji dengan perhitungan koefisien variasi, semakin rendah nilai tersebut, menunjukkan stabilitas yang lebih baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Kalman Filter* mampu menurunkan nilai koefisien variasi secara signifikan. Pada kondisi tanah kering, nilai koefisien variasi turun dari 26,01% (tanpa *Kalman)* menjadi 6,00% (dengan *Kalman)*, pada kondisi lembab dari 36,31% (tanpa *Kalman)* menjadi 2,37% (dengan *Kalman)*, dan pada kondisi basah dari 57,82% (tanpa *Kalman)* menjadi 4,00% (dengan *Kalman)*. Selain itu, sistem berhasil mendeteksi seluruh *anomaly* dengan akurasi deteksi 100%. Dari total 101 data sampel, dilakukan deteksi sebanyak 5 dari 5 data *anomaly* pada kondisi kering, 9 dari 9 data pada kondisi lembab, dan 9 dari 9 data pada kondisi basah. Sistem mengirimkan notifikasi *pop-up* di *website* ketika data *anomaly* terdeteksi.

Kata Kunci: *Anomaly Data,* Kelembaban Tanah, *Kalman Filter*, Standar Deviasi.

PENERAPAN *KALMAN FILTER* DAN STANDAR DEVIASI DALAM DETEKSI *ANOMALY DATA* SENSOR KELEMBABAN TANAH

ABSTRACT

Soil condition is a crucial factor in supporting plant growth. However, soil moisture sensor data often encounter disturbances such as noise and inconsistent readings, which can affect system decision-making. To address this issue, an anomaly detection system was developed by implementing the Kalman Filter algorithm and standard deviation calculation. The Kalman Filter is applied to filter out noise and improve data stability, while anomaly detection is performed using statistical normal range boundaries based on the 3-sigma approach. Data stability was evaluated using the coefficient of variation (CV), where lower values indicate better stability. Experimental results demonstrate that the Kalman Filter significantly reduced the coefficient of variation. In dry soil conditions, the variation decreased from 26.01% (without Kalman) to 6.00% (with Kalman), in moist soil from 36.31% to 2.37%, and in wet soil from 57.82% to 4.00%. Additionally, the system successfully detected all anomalies with 100% accuracy. Out of total 101 data samples, system detected 5 out of 5 anomalies in dry conditions, 9 out of 9 in moist, and 9 out of 9 in wet conditions. Upon detection, the system provides real-time notifications via pop-up alerts on the monitoring website.

Keywords: *Anomaly Data, Soil Moisture, Kalman Filter, Standard Deviation.*

PRAKATA

Alhamdulillah segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "Penerapan *Kalman Filter* dan Standar Deviasi Dalam Deteksi *Anomaly Data* Sensor Kelembaban Tanah" sebagai syarat bagi penulis untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S. Kom) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Semua hasil yang diperoleh ini tidak terlepas dari segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang tidak pernah berhenti mendorong penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sebagai penghargaan dari penulis, izinkanlah penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, dan kasih sayang tanpa henti sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak dan penguji pertama yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penulisan skripsi.
4. Ibu Irma Nirmala, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing akademik dan pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing, memberikan nasihat serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
5. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam menyelesaikan skripsi.
6. Bapak Drs. Cucu Suhery, M.A., sebagai dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penulisan skripsi.

7. Saudara-saudara terkasih, Nela Andriana, Muhammad Adjuan Badurkhan, dan Muhammad Nizar Gulkhan, yang telah memberikan dukungan serta bantuan tanpa henti sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
8. Pasangan terkasih yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, doa, dan bantuan dalam bentuk apapun, baik selama penulisan tugas akhir ini, maupun di tahun-tahun selanjutnya.
9. Andien Raegita Wahyuni, Dwi Andini, Maharani Rachel Zahri Putri, Putiha Yoisangaji, Siti Noer Asmah Aswar yang telah mendukung selama 8 tahun terakhir, hingga saat penulisan skripsi ini.
10. Syarif Abid Haiqal Nazar, Saskia, Ipas, Syerina, Serly, Faisal yang telah mendukung dan memberikan semangat selama penulisan skripsi ini.
11. Teman-teman Nineteen, Alif, Andy, Fiony, Jero, Nuel, Novi, Oji, Yessa, dan Zevanya, yang senantiasa menemani, berjuang bersama, memberi semangat hingga akhir masa perkuliahan.
12. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam proses perkuliahan.
13. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Pontianak, 28 Juli 2025

Yunita Erniajan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR KODE PROGRAM xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 LANDASAN TEORI 6
2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 6
2.2 Kalman Filter 8
2.3 Standar Deviasi 10
2.4 Koefisien Variasi 12
2.5 NodeMCU ESP32 13
2.6 Arduino IDE 13
2.7 Sensor *Soil Moisture* 14
2.8 Basis Data 15
2.9 *Balsamiq Mockup* 15
2.10 Diagram Alir (*Flowchart)* 15
2.11 Kelembaban Tanah 16
2.12 Ketidakpastian Pengukuran 16
2.13 Nilai *Q* Dinamis pada Sistem 17
BAB 3 METODE PENELITIAN 19

3.1 Studi Literatur 19
3.2 Pengumpulan Data 20
3.3 Analisis Kebutuhan 20
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras 20
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 20
3.4 Perancangan Sistem 21
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras 21
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak 21
3.5 Implementasi 21
3.6 Pengujian Sistem 21
3.7 Kesimpulan dan Saran 22
BAB 4 PERANCANGAN 23
4.1 Deskripsi Sistem 23
4.2 Perancangan Perangkat Keras 24
4.2.1 Perancangan Sensor Kelembaban Tanah 24
4.2.2 Perancangan Keseluruhan Sistem Perangkat Keras 24
4.3 Perancangan Perangkat Lunak 25
4.3.1 Perancangan Perangkat Lunak *Kalman Filter* 26
4.3.2 Perancangan Perangkat Lunak Rentang Normal 27
4.3.3 Perancangan perangkat lunak pada NodeMCU ESP32 28
4.3.4 Perancangan Antarmuka *Website* 29
4.4 Perancangan Basis Data 32
4.5 Perancangan Pengujian *Black Box* 33
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 35
5.1 Implementasi Sistem 35
5.2 Implementasi Perangkat Keras 35
5.2.1 Implementasi Sensor Kelembaban Tanah 35
5.2.2 Implementasi Keseluruhan Sistem Perangkat Keras 36
5.3 Implementasi Perangkat Lunak 36
5.3.1 Implementasi Antarmuka Halaman *Landing* 36
5.3.2 Implementasi Antarmuka Halaman Data 37
5.3.3 Implementasi Antarmuka Halaman Grafik *Anomaly* 37

5.3.4 Implementasi Antarmuka Halaman Grafik Perbandingan 38
5.3.5 Implementasi Antarmuka Notifikasi *Pop-up* 39
5.4 Kode Program 39
5.4.1 Kode Program Pada NodeMCU ESP32 39
5.5 Pengujian 43
5.5.1 Pengujian Pembacaan Sensor Kelembaban Tanah 43
5.5.2 Pengujian pada Kondisi Tanah Kering 46
5.5.3 Pengujian Pada Kondisi Tanah Lembab 55
5.5.4 Pengujian Pada Kondisi Tanah Basah 64
5.6 Pengujian *Black Box* 72
5.7 Pembahasan 73
BAB 6 PENUTUP 75
6.1 Kesimpulan 75
6.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 NodeMCU ESP32 13
Gambar 2. 2 Arduino IDE 13
Gambar 2. 3 Sensor *Soil Moisture* 14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian 19
Gambar 4. 1 Rancangan Arsitektur Sistem 23
Gambar 4. 2 Perancangan Perangkat Keras 25
Gambar 4. 3 Diagram Alir *Kalman Filter* 26
Gambar 4. 4 Diagram Alir Rentang Normal 27
Gambar 4. 5 Diagram Alir Sistem pada NodeMCU 28
Gambar 4. 6 Antarmuka Halaman *Landing* 30
Gambar 4. 7 Antarmuka Halaman Data 30
Gambar 4. 8 Antarmuka Halaman Grafik *Anomaly* 31
Gambar 4. 9 Antarmuka Halaman Grafik Perbandingan 31
Gambar 4. 10 Antarmuka *Pop-up* Notifikasi 32
Gambar 5. 1 Implementasi Sensor Kelembaban Tanah 35
Gambar 5. 2 Implementasi Keseluruhan Sistem 36
Gambar 5. 3 Implementasi Antarmuka Halaman *Landing* 37
Gambar 5. 4 Implementasi Antarmuka Halaman Data 37
Gambar 5. 5 Implementasi Antarmuka Halaman Grafik *Anomaly* 38
Gambar 5. 6 Implementasi Antarmuka Halaman Grafik Perbandingan 38
Gambar 5. 7 Implementasi Antarmuka Notifikasi *Pop-Up* 39
Gambar 5. 8 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 44
Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Kondisi Kering 54
Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Kondisi Lembab 63
Gambar 5. 11 Grafik perbandingan Kondisi Basah 72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu..... 6
Tabel 4. 1 Koneksi pin NodeMCU ESP32 dan sensor kelembaban tanah..... 25
Tabel 4. 2 Tabel *sensor_logs*..... 32
Tabel 4. 3 Tabel Pengujian *Black Box*..... 33
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah 45
Tabel 5. 2 Nilai Kebutuhan Perhitungan Kondisi Kering 46
Tabel 5. 3 Perhitungan *Kalman Filter* Kondisi Kering..... 47
Tabel 5. 4 Nilai Kebutuhan Rentang Normal Kondisi Kering 49
Tabel 5. 5 Perhitungan Rentang Normal Kondisi Kering 49
Tabel 5. 6 Nilai Kebutuhan Perhitungan KV Kondisi Kering..... 51
Tabel 5. 7 Perhitungan KV Kondisi Kering 51
Tabel 5. 8 Pengujian Tanah Kering..... 53
Tabel 5. 9 Nilai Kebutuhan Perhitungan Kondisi Lembab 55
Tabel 5. 10 Perhitungan *Kalman Filter* Kondisi Lembab..... 56
Tabel 5. 11 Nilai Kebutuhan Rentang Normal Kondisi Lembab 58
Tabel 5. 12 Perhitungan Rentang Normal Kondisi Lembab 58
Tabel 5. 13 Nilai Kebutuhan Perhitungan KV Kondisi Lembab..... 59
Tabel 5. 14 Perhitungan KV Kondisi Lembab 60
Tabel 5. 15 Pengujian Tanah Lembab..... 61
Tabel 5. 16 Nilai Kebutuhan Perhitungan..... 64
Tabel 5. 17 Perhitungan *Kalman Filter* Kondisi Basah 65
Tabel 5. 18 Nilai Kebutuhan Rentang Normal Kondisi Basah 67
Tabel 5. 19 Perhitungan Rentang Normal..... 67
Tabel 5. 20 Nilai Kebutuhan Perhitungan KV Kondisi Basah..... 68
Tabel 5. 21 Perhitungan KV Kondisi Basah 68
Tabel 5. 22 Pengujian Tanah Basah 70
Tabel 5. 23 Pengujian *Black Box*..... 72

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5. 1 Fungsi Kalibrasi pada NodeMCU ESP32 40
Kode Program 5. 2 Inisiasi Awal dan Statistik Awal..... 41
Kode Program 5. 3 *Kalman Filter*..... 41
Kode Program 5. 4 *Mean* dan Standar Deviasi..... 42
Kode Program 5. 5 Deteksi *Anomaly* Aturan 3-sigma..... 42
Kode Program 5. 6 Pengiriman Data ke *Server*..... 43

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor yang memiliki pengaruh besar dalam perkembangan ekonomi Indonesia. Hal ini tercermin dari 40% masyarakat Indonesia yang bermata pencaharian sebagai petani, didukung oleh potensi geografis yang memungkinkan Indonesia menjadi salah satu negara agraris terbesar di dunia (Ayun *et al*., 2020). Perkembangan sektor pertanian kemudian mendorong berbagai inovasi yang dapat meningkatkan efektivitas kinerja pertanian. Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu inovasi yang umum digunakan pada bidang pertanian. IoT sendiri merupakan sebuah pengembangan teknologi yang menghubungkan perangkat elektronik dengan jaringan komputer untuk membuat interaksi dengan *embedded system*. Dengan memanfaatkan IoT, perangkat dapat menyediakan aktivitas kontrol, pemantauan, penginderaan, dan aktuasi (Miftahul *et al*., 2022). Penerapan IoT pada pertanian digunakan untuk meningkatkan produktivitas melalui pemantauan kondisi tanaman dan tanah, selain itu IoT juga diterapkan pada pengelolaan penyiraman tanah dan tanaman.

Kondisi tanah merupakan faktor yang penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Dalam *monitoring* dan kendali kondisi kelembaban tanah, sensor kelembaban digunakan untuk memperoleh data yang kemudian akan digunakan dalam aktivasi sistem otomatis, sehingga dapat menghindari kondisi tanah menjadi tidak ideal. Namun, terdapat berbagai tantangan dalam implementasi *monitoring* kelembaban tanah, seperti *missing value* dan *inconsistent data,* sehingga dapat berdampak pada tindakan otomatis sistem yang tidak tepat dengan kondisi tanah. Keadaan *anomaly* terjadi akibat dari berbagai faktor seperti kerusakan pada sensor, gangguan lingkungan, maupun keterbatasan sumber daya pada perangkat, sehingga terjadi pengiriman data secara terus-menerus dengan nilai data yang tidak konsisten (Zou et al., 2023). Pengiriman nilai data yang tidak konsisten ini menyebabkan penurunan kualitas sistem *monitoring*, dan kesalahan tindakan pada sistem otomatis.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diterapkan sebuah algoritma yang dapat mendeteksi *anomaly* data sensor dengan menggunakan *Kalman Filter* dan standar deviasi. *Kalman Filter* merupakan pendekatan matematis yang digunakan untuk melakukan estimasi dan prediksi dengan mempertimbangkan ketidakpastiannya. Metode ini memiliki keunggulan dalam menggabungkan informasi yang berbeda, seperti data sensor dan model sistem, sehingga *Kalman Filter* dapat menghasilkan estimasi posisi yang lebih akurat dan stabil (Herianto et al., 2024). Sedangkan standar deviasi merupakan konsep matematika untuk mengetahui distribusi normal data. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut, maka sistem dapat meningkatkan stabilitas data dan mengetahui rentang normal data.

Penelitian sebelumnya berjudul "Deteksi *Anomaly* Konduktivitas Air Menggunakan *Kalman Filter*" (Putra *et al*., 2022) membahas penggunaan *Kalman Filter* dan standar deviasi digunakan pada sistem *monitoring* konduktivitas air dan berfokus pada perbandingan performa beberapa *mikrokontroler* dalam melakukan komputasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil deteksi *anomaly* berbasis *Kalman Filter* memiliki akurasi 92,5% dan implementasi algoritma deteksi pada ESP8266 memiliki kecepatan komputasi yang baik yaitu 27,99 µs.

Penelitian selanjutnya berjudul *"Kalman Filter Method for Handling Missing Values in Soil Moisture Sensor Data"* (Amaliah *et al*., 2023). *Kalman Filter* digunakan untuk melakukan estimasi nilai dengan integrasi data observasi terbaru pada model prediksi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengisi nilai yang hilang pada data sensor kelembaban tanah yang disebabkan oleh kerusakan sensor, cuaca buruk, dan kesalahan manusia (*human error).* Penelitian dilakukan selama 34 hari, data dihasilkan berdasarkan distribusi *Box-Cox Power Exponential*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Kalman Filter* dapat melakukan estimasi *missing value* dengan baik, yaitu dengan nilai *Mean Absolute Percentage Erro*r (MAPE) dengan kisaran 15,30% hingga 22,15% yang bergantung pada tingkat kehilangan data.

Penelitian selanjutnya berjudul "*Noise Reduction in the Accelerometer and Gyroscope Sensor with the Kalman Filter Algorithm*" (Alfian *et al*., 2021). Penerapan *Kalman Filter* dilakukan dengan tujuan pengurangan derau atau *noise*

pada data keluaran sensor akselerometer dan giroskop. Penelitian bertujuan untuk mengoptimalisasikan kualitas data sensor dengan algoritma *Kalman Filter* pada perangkat Arduino Uno. Proses *Kalman Filter* dilakukan dengan dua parameter utama yaitu matriks variasi proses dan matriks variasi pengukuran, data keluaran sensor akan dibandingkan pada kondisi sebelum dan setelah diterapkan *Kalman Filter* dengan tujuan mengevaluasi efektivitas algoritma tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan algoritma dapat secara signifikan mengurangi derau tanpa menghilangkan informasi asli dari data sensor pada kondisi matriks variasi proses lebih kecil dari matriks variasi pengukuran.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dilakukan penelitian dengan judul "Penerapan *Kalman Filter* dan Standar Deviasi Dalam Deteksi *Anomaly Data* Sensor Kelembaban Tanah". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* kondisi tanah dengan meningkatkan stabilitas data dan mendeteksi data yang berada di luar batas normal. Data kelembaban tanah yang bersumber dari sensor kelembaban tanah akan dikirimkan kepada ESP32 yang berperan sebagai perangkat komputasi, data kemudian melalui perhitungan *Kalman Filter* yang berdasarkan pada nilai inisiasi awal dengan tujuan menstabilkan data sensor. Data kemudian melalui penyesuaian batas atas dan batas bawah yang berdasarkan pada perhitungan standar deviasi. Data kemudian dikirimkan menuju *database* dan kemudian diteruskan pada *website*. Kadar kelembaban tanah akan ditampilkan pada *website* berserta *pop-up* notifikasi jika terdapat indikasi kerusakan sensor pada data yang terindikasi *anomaly*. Sehingga sistem dapat meningkatkan stabilitas dari data kelembaban tanah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai peningkatan kestabilan data sensor hasil *Kalman*?
2. Berapa akurasi sistem dalam mendeteksi *anomaly data* pada pembacaan data sensor kelembaban tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa nilai peningkatan kestabilan data sensor hasil *Kalman Filter*.
2. Mengetahui akurasi sistem dalam mendeteksi *anomaly data* pada pembacaan data sensor kelembaban tanah.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah prototipe dalam bentuk tanah pada pot tanaman.
2. Sensor yang digunakan adalah *soil moisture* YL-69 atau kelembaban tanah.
3. Ketidakstabilan sensor diperoleh melalui injeksi *spike error* pada sistem.
4. Mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU ESP32 sebagai pengendali dan komputasi sistem.
5. Sistem kontrol menggunakan perangkat lunak Arduino IDE.
6. Aplikasi yang dikembangkan berbasis *website.*
7. Sistem pemantauan menggunakan basis data MySQL.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah peningkatan kestabilan data sensor kelembaban tanah dan mendeteksi *anomaly data*, sehingga data yang dikirimkan ke *database* dapat sesuai dengan kondisi nyata kelembaban tanah. Dengan kestabilan data yang baik, maka kondisi tanah dapat terpantau secara akurat dan meningkatkan kualitas *monitoring*. Dengan sistem ini, risiko kesalahan *monitoring* pada media sensor dapat diminimalisir dibandingkan dengan data *monitoring* yang tidak melalui proses *Kalman Filter*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri dari 6 bab yang disusun sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang untuk menjelaskan tentang permasalahan proses *monitoring* kelembaban tanah dan mengapa penelitian ini

dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi bahasan mengenai dasar teori pendukung yang digunakan dalam tugas akhir. Adapun landasan teori pada bab ini berupa perbandingan dengan penelitian terdahulu, diikuti dengan penjelasan mengenai *Kalman Filter,* standar deviasi, koefisien variasi, NodeMCU ESP32, sensor kelembaban tanah, *Arduino IDE*, basis data*,* diagram alir*, Balsamiq,* diagram alir, kelembaban tanah, ketidakpastian pengukuran, dan nilai Q dinamis.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian adalah prosedur atau cara-cara yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data serta menjawab pertanyaan atau hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian. Adapun isi dari metode penelitian yaitu diagram alir, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

BAB IV PERANCANGAN

Bab perancangan berisi secara rinci tentang perancangan dan tahapan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bab ini secara umum meliputi perancangan pada perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras, dijelaskan mengenai arsitektur sistem dan perancangan alat uji. Sedangkan pada sisi perangkat lunak, dijelaskan mengenai perancangan kode program mikrokontroler, perancangan aplikasi web, perancangan basis data, dan perancangan antarmuka.

BAB V IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan membahas mengenai analisis dan implementasi sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Tahapan ini yaitu implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, pengujian, dan pembahasan.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan, pembahasan dari proses pemecahan masalah sebagai solusi dari rumusan masalah, dan saran untuk pengembangan solusi kedepannya.