PENERAPAN ALGORITMA *CHANGE DETECTION* UNTUK EFISIENSI PENGIRIMAN DATA SENSOR TANAMAN PADA *GREENHOUSE* BERBASIS IOT

SHAU THAT
H1051201089

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

PENERAPAN ALGORITMA *CHANGE DETECTION* UNTUK EFISIENSI PENGIRIMAN DATA SENSOR TANAMAN PADA *GREENHOUSE* BERBASIS IOT

SHAU THAT
H1051201089

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
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Penerapan Algoritma *Change Detection* untuk Efisiensi Pengiriman Data Sensor Tanaman pada *Greenhouse* Berbasis IoT
Nama Mahasiswa	: Shau That
NIM	: H105120189
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 9 Juni 2026
SK Pembimbing	: No. 382/UN22.8/TD.06/2024 /Tanggal 5 Februari 2024
SK Penguji	: No. 2836/DST/UN22.8/DT.00.09/2026 /Tanggal 5 Juni 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198607012014041001	NIP. 199305032022031003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dwi Marisa Midyanti, S.T., M.Cs.	Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198003192015042001	NIP. 198802272015041001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198607012014041001	NIP. 199305032022031003

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	: Shau That
NIM	: H1051201089
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, 9 Juni 2026



Shau That
H1051201089

Penerapan Algoritma *Change Detection* untuk Efisiensi Pengiriman Data Sensor Tanaman pada *Greenhouse* Berbasis IoT

Abstrak

Sistem pemantauan tanaman berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi *greenhouse* secara otomatis melalui sensor yang terhubung ke jaringan. Namun, pengiriman data sensor secara terus-menerus sering menghasilkan data dengan nilai yang sama sehingga menyebabkan banyaknya jumlah pengiriman data dan penggunaan ruang penyimpanan. Penelitian ini menerapkan algoritma *change detection* menggunakan metode *Cumulative Sum* (CUSUM) untuk meningkatkan efisiensi pengiriman data pada sistem pemantauan tanaman berbasis IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *Node* 1 yang menggunakan sensor DHT11, jumlah pengiriman data berkurang dari 4.287 kali menjadi 200 kali atau sebesar 95,33%. Pada *Node* 2 hingga *Node* 5 yang masing-masing menggunakan empat sensor *soil moisture* (total 16 sensor *soil moisture*), jumlah pengiriman data berkurang dari 17.148 kali menjadi 7.619 kali atau sebesar 55,57%. Penggunaan ruang penyimpanan basis data juga berkurang dari 13,5 MB menjadi 3,3 MB atau sebesar 75,56%. Selain itu, nilai *delay* rata-rata meningkat dari 230,67 ms menjadi 254,07 ms dan nilai *jitter* rata-rata meningkat dari 139,28 ms menjadi 140,27 ms. Berdasarkan standar ETSI-TIPHON, nilai *delay* pada kedua kondisi termasuk kategori bagus, sedangkan nilai *jitter* termasuk kategori buruk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma *change detection* dengan metode CUSUM mampu meningkatkan efisiensi jumlah pengiriman data dan penyimpanan data pada sistem pemantauan tanaman.

Kata kunci: *Internet of Things* (IoT), sistem pemantauan tanaman, *change detection*, CUSUM, efisiensi pengiriman data.

Application of Change Detection Algorithm for Efficient Transmission of Plant Sensor Data in an IoT-Based Greenhouse

Abstract

An IoT-based plant monitoring system enables automatic monitoring of greenhouse conditions through sensors connected to a network. However, continuous sensor data transmission often produces identical values, leading to a large number of data transmissions and increased storage usage. This study applies a change detection algorithm using the Cumulative Sum (CUSUM) method to improve data transmission efficiency in an IoT-based plant monitoring system. The results show that in Node 1, which uses a DHT11 sensor, the number of data transmissions decreased from 4,287 to 200, corresponding to a reduction of 95.33%. Meanwhile, in Nodes 2 to 5, each equipped with four soil moisture sensors (a total of 16 soil moisture sensors), the number of data transmissions decreased from 17,148 to 7,619, corresponding to a reduction of 55.57%. Database storage usage also decreased from 13.5 MB to 3.3 MB, corresponding to a reduction of 75.56%. In addition, the average delay increased from 230.67 ms to 254.07 ms, and the average jitter increased from 139.28 ms to 140.27 ms. Based on the ETSI-TIPHON standard, the delay values in both conditions are classified as good, while the jitter values are classified as poor. The results indicate that the application of the CUSUM-based change detection algorithm is able to improve data transmission and storage efficiency in the plant monitoring system.

Keywords: *Internet of Things (IoT), plant monitoring system, change detection, CUSUM, data transmission efficiency.*

PRAKATA

Puji dan syukur panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkah dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Penerapan Algoritma *Change Detection* untuk Efisiensi Pengiriman Data Sensor Tanaman pada *Greenhouse* Berbasis IoT" sebagai syarat 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 agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Sebagai penghargaan, izinkanlah saya mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
2. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi.
4. Bapak Hirzen Hasfani, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran yang memberikan dorongan dalam bimbingan penulisan skripsi.
5. Ibu Dwi Marisa Midyanti, S.T., M.Cs., sebagai dosen Penguji Pertama yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran.
6. Bapak Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen Penguji Kedua sekaligus dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberi arahan, masukan, saran, dan motivasi yang membangun selama masa perkuliahan.
7. Seluruh dosen serta staf Program Studi Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
8. Kepada orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, dan kasih sayang tanpa henti sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Rekayasa Sistem Komputer 2020 yang selalu memberi semangat, bantuan dan saran dalam pengerjaan skripsi.

10. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Pontianak, 9 Juni 2026

Shau That

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR KODE PROGRAM xv
BAB 1 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
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 LANDASAN TEORI 7
2.1 Perbandingan dengan penelitian terdahulu 7
2.2 Algoritma *Change Detection* 8
2.3 *Real-Time Processing* 10
2.4 NodeMCU ESP32 11
2.5 Sensor DHT11 11
2.6 Sensor *Soil Moisture* 12
2.7 *Expansion Board* ESP-32 12
2.8 *Cloud Server* 13
2.9 Laravel 13
2.10 Flutter 14
2.11 Efisiensi Jumlah Pengiriman Data 14
2.12 Efisiensi Ukuran Penyimpanan Data 15
2.13 *Delay* 16

2.14 *Jitter* 16
BAB 3 METODE PENELITIAN 18
3.1 Studi Literatur 19
3.2 Analisis Kebutuhan 19
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras 19
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 19
3.3 Perancangan Sistem 20
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras 20
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak 20
3.4 Implementasi 20
3.5 Pengujian 21
3.6 Data Hasil Pengujian 21
3.7 Kesimpulan dan Saran 21
BAB 4 PERANCANGAN 22
4.1 Deskripsi Sistem 22
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 23
4.3 Perancangan Perangkat Keras 24
4.3.1 Perancangan Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Udara 24
4.3.2 Perancangan Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah 25
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 26
4.4.1 Perancangan Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara (DHT11) 26
4.4.2 Perancangan Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Kelembapan Tanah (*Soil Moisture*) 28
4.4.3 Perancangan Komunikasi NodeMCU ESP32 dengan *Cloud Server* 29
4.5 Perancangan Basis Data 30
4.5.1 Tabel *Users* 30
4.5.2 Tabel *Nodes* 31
4.5.3 Tabel *Plants* 31
4.5.4 Tabel *Air Temperatures* 32
4.5.5 Tabel *Humidities* 32

4.5.6 Tabel *Soil Moistures* 33
4.5.7 Tabel *Node Send Logs* 33
4.6 Perancangan Antarmuka 34
4.6.1 Perancangan Antarmuka Aplikasi Web 34
4.6.2 Perancangan Antarmuka Aplikasi Android 38
4.7 Perancangan Pengujian 41
4.7.1 Perancangan Pengujian Efisiensi Jumlah Pengiriman Data dan Penyimpanan Data 41
4.7.2 Perancangan Pengujian *Delay* dan *Jitter* 42
4.7.3 Perancangan Pengujian *Black Box* 42
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN 44
5.1 Implementasi Perangkat Keras 44
5.1.1 Implementasi Sistem Pemantauan suhu dan kelembapan udara 44
5.1.2 Implementasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah 45
5.2 Implementasi Perangkat Lunak 46
5.2.1 Implementasi Antarmuka Aplikasi Web 46
5.2.2 Implementasi Antarmuka Aplikasi Android 50
5.3 Implementasi Kode Program 53
5.3.1 Implementasi Kode Program Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara (DHT11) 53
5.3.2 Implementasi Kode Program Pengiriman Data Suhu dan Kelembapan Udara ke *Cloud Server* pada NodeMCU ESP32 56
5.3.3 Implementasi Kode Program Penerimaan Data Suhu dan Kelembapan Udara dan Penyimpanan ke *Cloud Server* 57
5.3.4 Implementasi Kode Program Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Kelembapan Tanah (*Soil Moisture*) 59
5.3.5 Implementasi Kode Program Pengiriman Data Kelembapan Tanah ke *Cloud Server* pada NodeMCU ESP32 61
5.3.6 Implementasi Kode Program Penerimaan Data Kelembapan Tanah dan Penyimpanan ke *Cloud Server* 63
5.4 Pengujian Sistem 65

5.4.1 Pengujian Efisiensi Jumlah Pengiriman Data dan Penyimpanan Data 65
5.4.2 Pengujian *Delay* dan *Jitter* 69
5.4.3 Pengujian *Black Box* 70
5.5 Pembahasan 71
BAB 6 PENUTUP 74
6.1 Kesimpulan 74
6.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 NodeMCU ESP32 11
Gambar 2.2 Sensor DHT11 12
Gambar 2.3 Sensor *Soil Moisture* 12
Gambar 2.4 *Expansion Board* ESP-32 13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 4.1 Deskripsi Sistem Pemantauan dalam *Greenhouse* 22
Gambar 4.2 Arsitektur Sistem NodeMCU ESP32 dengan DHT11 23
Gambar 4.3 Arsitektur Sistem NodeMCU ESP32 dengan *Soil Moisture* 23
Gambar 4.4 Perancangan Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Udara 24
Gambar 4.5 Perancangan Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah 25
Gambar 4.6 Diagram Alir Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara 27
Gambar 4.7 Diagram Alir Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Kelembapan Tanah 29
Gambar 4.8 *Entity Relationship Diagram* 30
Gambar 4.9 Rancangan Halaman *Landing Page* Aplikasi Web 35
Gambar 4.10 Rancangan Halaman *Login* Aplikasi Web 35
Gambar 4.11 Rancangan Halaman *Dashboard* Aplikasi Web 36
Gambar 4.12 Rancangan Halaman *Node* Aplikasi Web 36
Gambar 4.13 Rancangan Halaman Log *Node* Aplikasi Web 37
Gambar 4.14 Rancangan Halaman Tanaman Aplikasi Web 37
Gambar 4.15 Rancangan Halaman Log Pengiriman Aplikasi Web 38
Gambar 4.16 Rancangan Halaman *Login* Aplikasi Android 38
Gambar 4.17 Rancangan Halaman *Home* Aplikasi Android 39
Gambar 4.18 Rancangan Halaman Informasi Tanaman Aplikasi Android 39
Gambar 4.19 Rancangan Halaman Log Pengiriman Aplikasi Android 40
Gambar 4.20 Rancangan Halaman Profil Aplikasi Android 40
Gambar 5.1 Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Udara Bagian Dalam Perangkat 44
Gambar 5.2 Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Udara ... 44

Gambar 5.3 Implementasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Bagian Dalam Perangkat 45
Gambar 5.4 Implementasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah pada Tanaman 45
Gambar 5.5 Tampilan Halaman *Landing Page* Aplikasi Web 46
Gambar 5.6 Tampilan Halaman *Login* Aplikasi Web 47
Gambar 5.7 Tampilan Halaman *Dashboard* Aplikasi Web 47
Gambar 5.8 Tampilan Halaman *Node* Aplikasi Web 48
Gambar 5.9 Tampilan Halaman Log *Node* Aplikasi Web 48
Gambar 5.10 Tampilan Halaman Tanaman Aplikasi Web 49
Gambar 5.11 Tampilan Halaman Log Pengiriman Aplikasi Web 49
Gambar 5.12 Tampilan Halaman *Login* Aplikasi Android 50
Gambar 5.13 Tampilan Halaman *Home* Aplikasi Android 51
Gambar 5.14 Tampilan halaman Informasi Tanaman Aplikasi Android 51
Gambar 5.15 Tampilan Halaman Log Aplikasi Android 52
Gambar 5.16 Tampilan Halaman Profil Aplikasi Android 52
Gambar 5.17 Hasil Pengujian Jumlah Pengiriman Data pada Sistem Pemantauan Tanpa Algoritma *Change Detection* Selama Tiga Hari 65
Gambar 5.18 Hasil Pengujian Jumlah Pengiriman Data pada Sistem Pemantauan dengan Algoritma *Change Detection* Selama Tiga Hari 66
Gambar 5.19 Hasil Pengujian Penyimpanan Data pada Sistem Pemantauan Tanpa Algoritma *Change Detection* 68
Gambar 5.20 Hasil Pengujian Penyimpanan Data pada Sistem Pemantauan dengan Algoritma *Change Detection* 68
Gambar 5.21 Hasil Pengujian *Delay* dan *Jitter* Sistem Pemantauan Tanpa Algoritma *Change Detection* 69
Gambar 5.22 Hasil Pengujian *Delay* dan *Jitter* Sistem Pemantauan dengan Algoritma *Change Detection* 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 7
Tabel 2.2 Kategori *Delay* 16
Tabel 2.3 Kategori *Jitter* 17
Tabel 4.1 Penggunaan Pin NodeMCU ESP32 dengan Sensor DHT11 24
Tabel 4.2 Penggunaan Pin NodeMCU ESP32 dengan Sensor *Soil Moisture* 25
Tabel 4.3 Rancangan Tabel *Users* 31
Tabel 4.4 Rancangan Tabel *Nodes* 31
Tabel 4.5 Rancangan Tabel *Plants* 32
Tabel 4.6 Rancangan Tabel *Air Temperatures* 32
Tabel 4.7 Rancangan Tabel *Humidities* 33
Tabel 4.8 Rancangan Tabel *Soil Moistures* 33
Tabel 4.9 Rancangan Tabel *Node Send Logs* 33
Tabel 4.10 Rancangan Pengujian *Black Box* Aplikasi Web pada Pengguna 42
Tabel 5.1 Nilai Standar Deviasi Sensor 53
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Jumlah Pengiriman Data Sensor *Soil Moisture* Selama Tiga Hari 67
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Nilai *Delay* dan *Jitter* Selama Tiga Hari 70
Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Black Box* Aplikasi Web pada Pengguna 70

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara 54
Kode Program 5.2 Pengiriman Data Suhu dan Kelembapan Udara ke *Cloud Server* pada NodeMCU ESP32 56
Kode Program 5.3 Penerimaan Data Suhu dan Kelembapan Udara dan Penyimpanan ke *Cloud Server* 58
Kode Program 5.4 Algoritma *Change Detection* pada Pembacaan Kelembapan Tanah 59
Kode Program 5.5 Pengiriman Data Kelembapan Tanah ke *Cloud Server* pada NodeMCU ESP32 61
Kode Program 5.6 Penerimaan Data Kelembapan Tanah dan Penyimpanan ke *Cloud Server* 63

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengiriman data merupakan proses data dikirim dari suatu sumber ke perangkat penerima melalui media elektronik dalam suatu sistem komunikasi data (Achlison, Rozikin, Silalahi, & Yogiswara, 2022). Dalam sistem berbasis jaringan, proses pengiriman data memungkinkan suatu perangkat untuk bertukar informasi sehingga data yang dihasilkan oleh suatu perangkat dapat diterima dan diolah oleh perangkat lain. Proses ini menjadi bagian penting dalam berbagai sistem pemantauan berbasis teknologi, terutama pada sistem yang memanfaatkan komunikasi jaringan untuk mengirimkan data secara terus-menerus dari suatu perangkat menuju server. Salah satu teknologi yang memanfaatkan proses pengiriman data tersebut adalah *Internet of Things* (IoT).

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep teknologi yang menghubungkan berbagai jenis perangkat fisik ke internet, sehingga perangkat-perangkat tersebut dapat saling berinteraksi dan berkomunikasi antara satu sama lain (Ristian, Ruslianto, Hasfani, & Sari, 2023). Melalui teknologi IoT, perangkat seperti sensor, mikrokontroler, dan server dapat saling terhubung dalam suatu jaringan yang memungkinkan proses pemantauan dan pengelolaan data dilakukan secara otomatis dan jarak jauh. Penerapan IoT banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang, salah satunya pada sistem pertanian modern seperti *greenhouse*.

Greenhouse adalah struktur bangunan yang bertujuan untuk melindungi tanaman dari dampak lingkungan ekstrem baik dingin maupun panas dan secara aktif mengelola kondisi lingkungan untuk menciptakan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan tanaman yang dikelola di dalamnya (Bafdal & Ardiansah, 2020). Pemanfaatan *greenhouse* dalam budidaya tanaman merupakan salah satu cara untuk memberikan lingkungan yang lebih mudah diakses untuk kondisi posisi optimum bagi pertumbuhan tanaman (Abdurahman, et al., 2022). Dengan memanfaatkan teknologi IoT, berbagai parameter lingkungan di dalam *greenhouse* seperti suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah dapat dipantau secara otomatis

menggunakan sensor pada mikrokontroler yang terhubung dengan jaringan. Penerapan teknologi ini dikenal sebagai sistem pemantauan *greenhouse* berbasis IoT yang memungkinkan proses pemantauan kondisi tanaman dilakukan secara jarak jauh dan *real-time*.

Dalam sistem pemantauan *greenhouse* berbasis IoT, sensor secara berkala mengirimkan data hasil pengukuran ke server untuk disimpan dan dianalisis. Namun, pengiriman data sensor secara terus-menerus sering kali menghasilkan data yang memiliki nilai yang sama atau tidak mengalami perubahan dalam periode waktu tertentu. Kondisi tersebut menyebabkan banyak data yang sama pada basis data server, sehingga penggunaan ruang penyimpanan meningkat tanpa disertai pertambahan informasi dalam proses pemantauan. Selain itu, jumlah pengiriman data yang tinggi juga dapat mempengaruhi nilai *delay* dan *jitter* selama proses pengiriman data sensor.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diterapkan algoritma *change detection* menggunakan metode *Cumulative Sum* (CUSUM) pada sistem pemantauan tanaman berbasis IoT. Metode CUSUM bekerja dengan mengakumulasikan deviasi nilai sensor terhadap nilai acuan dan mendeteksi perubahan yang signifikan berdasarkan nilai ambang batas yang ditentukan. Dengan demikian, pengiriman data sensor hanya dilakukan ketika terdeteksi perubahan yang signifikan pada nilai sensor, sehingga pengiriman data yang tidak diperlukan dapat dikurangi. Selain itu, penggunaan ruang penyimpanan pada basis data juga dapat berkurang tanpa mengurangi informasi penting yang dibutuhkan dalam proses pemantauan tanaman. Berkurangnya jumlah pengiriman data juga dapat mempengaruhi nilai *delay* dan *jitter* selama proses pengiriman data sensor pada jaringan.

Penelitian sebelumnya yang berjudul “Sistem Pintar Untuk Anggur (Sipunggur) pada Kawasan Tropis Berbasis *Internet of Things* (IoT)” (Ruslianto, Ristian, & Hasfani, 2022). Penelitian tersebut mengembangkan sebuah sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan tanaman anggur di dalam greenhouse dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem yang dikembangkan menggunakan beberapa sensor untuk memantau parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman anggur, yaitu sensor pH air,

sensor kelembaban tanah, serta sensor suhu dan kelembaban udara. Data dari sensor tersebut dikirimkan melalui internet dan disimpan ke dalam aplikasi Sipunggur yang berbasis *website*. Selain melakukan pemantauan kondisi lingkungan, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme pengendalian otomatis terhadap proses penyiraman tanaman. Dengan demikian, kondisi lingkungan tanaman dapat dipantau dan dikontrol secara lebih efektif tanpa harus melakukan pengamatan secara langsung di lokasi *greenhouse*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan tanaman secara *realtime* serta mengendalikan proses penyiraman secara otomatis berdasarkan data sensor yang diperoleh. Informasi mengenai kondisi suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan pH air dapat ditampilkan melalui aplikasi berbasis web maupun perangkat *mobile* sehingga memudahkan pengguna dalam memonitor kondisi tanaman anggur dari jarak jauh.

Penelitian sebelumnya berjudul "*Fault Detection using Real Time Tracking of Electronic Appliances in Homes & Corporate Offices using Change Detection Algorithm*" (Nampelli & Yalagi, 2021). Sistem pada penelitian ini menggunakan sensor ADT7410 (sensor suhu) dengan Microchip MCP9808 pada Raspberry Pi 3B+ kit untuk memantau kondisi kerja perangkat elektronik secara *real-time*, seperti AC, lampu pintar, kulkas, dan kamera CCTV. Data sensor dikumpulkan di server *database* kemudian data sensor dibandingkan dengan data pabrikan yang menggambarkan kondisi kerja ideal perangkat menggunakan algoritma *change detection*. Hasil dari algoritma *change detection* kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik dan status perangkat pada *user interface* yang dapat diakses dan dianalisis melalui aplikasi *mobile* pada *smartphone* dan web browser pada PC desktop dengan *login* yang diotorisasi. Sistem ini membantu teknisi atau pemilik perangkat untuk mengidentifikasi penyebab dasar kegagalan perangkat dan melakukan perbaikan yang diperlukan.

Penelitian sebelumnya berjudul "Pengembangan Mekanisme *Change Detection* untuk Efisiensi Energi pada *WiFi-Based Indoor Positioning System*" (Hendi, Wibisono, & Shiddiqi, 2020). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah konsumsi energi tinggi dalam *Indoor Positioning System* (IPS) yang disebabkan oleh proses *WiFi scanning* yang berlangsung secara terus

menerus. Mekanisme *change detection* dengan menggunakan *accelerometer* sebagai pemicu digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi melalui sampling adaptif kekuatan sinyal WiFi. Mekanisme ini mengukur kekuatan sinyal pada *accelerometer*, menentukan *silent zone* (rentang nilai saat *accelerometer* diam), dan mengidentifikasi perubahan berdasarkan nilai *silent zone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pendekatan mekanisme *change detection* berhasil menghemat daya baterai hingga 4,384% dengan *accelerometer* dan 2,666% dengan Bluetooth dibandingkan dengan teknik *scanning* tanpa *change detection*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dikembangkan sebuah penelitian yang berjudul "Penerapan Algoritma *Change Detection* untuk Efisiensi Pengiriman Data Sensor Tanaman pada *Greenhouse* Berbasis IoT". Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keberhasilan penerapan algoritma *change detection* dalam meningkatkan efisiensi jumlah pengiriman data sensor serta mengurangi penggunaan ruang penyimpanan pada basis data server. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis pengaruh penerapan algoritma *change detection* terhadap *delay* dan *jitter* pada jaringan IoT selama proses pengiriman data sensor.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat berdasarkan latar belakang penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat keberhasilan algoritma *change detection* dalam efisiensi jumlah pengiriman data terhadap penyimpanan data pada sistem pemantauan tanaman berbasis IoT?
2. Bagaimana pengaruh penerapan algoritma *change detection* terhadap *delay* dan *jitter* pada jaringan IoT?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Lab. IoT *Smart Farming* FMIPA Universitas Tanjungpura.
2. Penelitian ini dilakukan pada tanaman anggur.

3. Perangkat keras yang digunakan adalah NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor DHT11 digunakan untuk mengukur nilai suhu dan kelembapan udara, dan sensor *soil moisture* digunakan untuk mengukur nilai kelembapan tanah.
4. Algoritma *change detection* diimplementasikan pada mikrokontroler yaitu NodeMCU ESP32 untuk mendeteksi perubahan nilai sensor yang terbaca.
5. Aplikasi yang dikembangkan untuk pemantauan berbasis web dan android.
6. Sistem pemantauan menggunakan basis data MySQL.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat keberhasilan algoritma *change detection* dalam efisiensi jumlah pengiriman data dan dampaknya terhadap penggunaan ruang penyimpanan pada sistem pemantauan tanaman berbasis IoT.
2. Menganalisis pengaruh penerapan algoritma *change detection* terhadap *delay* dan *jitter* pada jaringan IoT.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dengan penerapan algoritma *change detection* adalah meningkatkan efisiensi jumlah pengiriman data sensor yang memiliki nilai yang sama dan mengurangi jumlah data sensor yang disimpan sehingga penggunaan ruang penyimpanan pada basis data server menjadi berkurang, serta menyediakan data pemantauan dengan hanya mengirimkan dan menyimpan data sensor yang mengalami perubahan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini, sistematika penulisan dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang untuk menjelaskan kenapa penelitian ini dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi bahasan mengenai dasar teori pendukung yang digunakan dalam tugas akhir. Adapun landasan teori pada bab ini berupa Algoritma *Change Detection*, *Real-Time Processing*, NodeMCU ESP32, Sensor DHT11, Sensor *Soil Moisture*, *Expansion Board* ESP32, *Cloud Server*, Laravel, dan Flutter,.

BAB 3 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 studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, data hasil pengujian, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan berisi secara rinci tentang perancangan dan tahan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bab ini secara umum meliputi perancangan pada perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan sistem pemantauan dengan sensor DHT11 dan sensor *soil moisture* pada tanaman anggur dan perancangan keseluruhan perangkat keras. Sedangkan pada perancangan perangkat lunak meliputi perancangan penerapan algoritma *change detection* pada NodeMCU ESP32 dan perancangan sistem komunikasi antara NodeMCU ESP32 dengan *cloud* server untuk menyimpan data sensor.

BAB 5 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 6 PENUTUP

Bab penutup merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian berikutnya.