Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI TEKNIK ELEKTRONIKA

SISTEM DETEKSI OKUPANSI SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

Fernando Dedhy Satria
NIM 2112023

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT.
M. Ibrahim Ashari, ST. MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
January 2025

Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA

SISTEM DETEKSI OKUPANSI SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

Fernando-Dedhy Satria
NIM 2112023

Dosen Pembimbing
Prof.Dr.Eng. Aryuanto Soetedjo,ST.,MT.
M.Ibrahim Ashari,ST.MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
January 2025

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM DETEKSI OKUPANSI SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

SKRIPSI

FERNANDO DEDHY SATRIA
NIM 2112023

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Teknik Elektronika
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT	M. Ibrahim Ashari, ST. MT
NIP. Y 1030800417	NIP. 1030100358

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Irmalia Suryani Faradisa, S.T., MT.
NIP. P. 1030000365

Malang, January 2025

ABSTRAK

SISTEM DETEKSI OKUPANSI SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

Fernando Dedhy Satria, NIM 2112023
Dosen Pembimbing I: Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT.
Dosen Pembimbing II: M. Ibrahim Ashari, ST. MT.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan Sistem Deteksi Okupansi Menggunakan Multi Sensor berbasis mikrokontroler ESP32 yang terdiri dari sensor PIR, RCWL (Microwave Doppler Radar), dan CO_2 untuk meningkatkan akurasi deteksi keberadaan manusia. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman ESP32, pengumpulan data sensor, dan penerapan logika voting 2 dari-3, yaitu ruangan dinyatakan Occupied apabila minimal dua sensor mendeteksi keberadaan manusia. Sensor PIR dan RCWL digunakan untuk mendeteksi pergerakan, sedangkan sensor CO_2 digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia dalam kondisi diam berdasarkan peningkatan konsentrasi karbon dioksida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem multi sensor mampu meningkatkan akurasi dan stabilitas deteksi dibandingkan penggunaan sensor tunggal. Sensor CO_2 efektif mendeteksi keberadaan manusia dalam kondisi diam, sementara PIR dan RCWL optimal dalam mendeteksi pergerakan. Mekanisme voting membantu mengurangi false positive dan false negative. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa kombinasi ketiga sensor mampu mempertahankan kestabilan deteksi dengan ambang CO_2 di atas 800 ppm sebagai indikator keberadaan manusia. Sistem ini dapat diterapkan pada pengendalian lampu, ventilasi, dan manajemen energi berbasis IoT.

Kata Kunci: Deteksi Okupansi, ESP32, PIR, RCWL, CO_2, Multi Sensor, Voting 2-dari-3

ABSTRACT

SISTEM DETEKSI OKUPANSI SUATU RUANGAN MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

Fernando Dedhy Satria, NIM 2112023
Dosen Pembimbing I: Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT.
Dosen Pembimbing II: M. Ibrahim Ashari, ST. MT.

This study aims to design and implement a Multi Sensor Occupancy Detection System based on the ESP32 microcontroller, consisting of PIR, RCWL (Microwave Doppler Radar), and CO_2 sensors to improve human presence detection accuracy. The research methods include hardware design, ESP32 programming, sensor data collection, and the implementation of a 2 out-of-3 voting logic, in which a room is classified as Occupied when at least two sensors detect human presence. The PIR and RCWL sensors are used to detect movement, while the CO_2 sensor is used to detect human presence when a person remains stationary based on increased carbon dioxide concentration. The test results show that the multi-sensor system improves detection accuracy and stability compared to the use of a single sensor. The CO_2 sensor is effective in detecting stationary occupants, while the PIR and RCWL sensors perform optimally for motion detection. The voting mechanism helps reduce false positives and false negatives. Field test results indicate that the combination of the three sensors maintains stable occupancy detection, with a CO_2 threshold above 800 ppm serving as an indicator of human presence. The system can be applied to lighting control, ventilation, and IoT-based energy management.

Keywords: Occupancy Detection, ESP32, PIR, RCWL, CO_2, Multi-Sensor, 2-out-of-3 Voting.

KATA PENGANTAR

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, sekaligus menjadi perwujudan nyata dari ilmu yang telah saya pelajari selama masa studi. Keberhasilan penulisan tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih mendalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST.,MT. selaku dosen pembimbing satu skripsi Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST.,MT. selaku dosen pembimbing dua skripsi.
3. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST.,MT. selaku dosen penguji satu selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak DR. Eng. I Komang Somawirata, ST.,MT. selaku dosen penguji.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro S-1 yang memberikan ilmu dan senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
6. Rekan-rekan sejawat Program Studi Teknik Elektro S-1 yang selalu mendukung satu sama lain.
7. Kedua orang tua penulis, dan keluarga.

Perkembangan keilmuan bersifat dinamis, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diperlukan demi penyempurnaan karya ini maupun pengembangan keilmuan terkait di masa mendatang. Untuk itu, penulis terbuka terhadap masukan yang dapat disampaikan melalui alamat surel: fernandodedhy@gmail.com

Malang, 2025

Fernando Dedhy Satria

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR iii
DAFTAR TABEL vii
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Sistematika Penulisan 5
2.1 Penelitian Terdahulu 7
2.2 Okupansi 9
2.3 RCWL Sensor 11
2.4 PIR Sensor 12
2.5 CO 2 Sensor 13
2.6 ESP 32 14
2.7 Confusion Matrix 15
3.1 Diagram Alur Penelitian 19
3.2 Blok Diagram Rangkaian 20
3.2.1 Input Sistem 21
3.2.2 Proses Sistem 22
3.2.3 Output Sistem 23
3.2.4 Catu Daya Sistem 23
3.2.5 Prinsip Kerja Sistem 23
3.3 Perancangan Sistem Hardware 23
3.3.1 Sensor PIR 24
3.3.2 Sensor RCWL 25
3.3.3 Sensor CO2 Gravity (DFRobot) 27
3.4 Flowchart Sistem Deteksi Okupansi 28
4.1 Implementasi Hardware 31
4.2 Implementasi Software 32
4.2.1 Program 32

4.2.2 Analisa Program 33
4.3 Uji Coba Sistem 40

4.3.1 Sensor PIR 40
4.3.2 Sensor RCWL 43
4.3.3 Sensor CO2 46
4.3.4 Analisa Gabungan Sensor 49
4.4 Analisis Akurasi Sistem 53
4.4.1 Analisis Kombinasi Sensor 56
4.4.1.1 PIR dan RCWL. 56
4.4.1.2 RCWL dan CO2. 59
4.4.1.3 PIR dan CO2 63
4.4.1.4 PIR,RCWL, CO2 dan Gabungan 66
4.4.2 Analisis Perbandingan Metode Okupansi 70
5.1 Kesimpulan 73
5.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA. 75
LAMPIRAN 77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 RCWL Sensor 11
Gambar 2. 2 PIR Sensor 12
Gambar 2. 3 CO2 Sensor 14
Gambar 2. 4 ESP 32 15
Gambar 3. 1 Diagram Alur 19
Gambar 3. 2 Blok Diagram 20
Gambar 3. 3 Skematic PIR Sensor 24
Gambar 3. 4 Wiring PIR Sensor 24
Gambar 3. 5 Skematic RCWL Sensor 25
Gambar 3. 6 Wiring RCWL Sensor 26
Gambar 3. 7 Skematic CO2 Sensor 27
Gambar 3. 8 Skematic PIR Sensor 27
Gambar 3. 9 Flowchart System 29
Gambar 4. 1 Tampilan Alat 31
Gambar 4. 2 Tampilan Pemasangan Alat 31
Gambar 4. 3 Kode Program 33
Gambar 4. 4 Konfigurasi Pin Sensor 34
Gambar 4. 5 Parameter Sistem 34
Gambar 4. 6 Variasi Global 35
Gambar 4. 7 Fungsi Setup 35
Gambar 4. 8 Pembacaan Sensor CO2 36
Gambar 4.9 Pembacaan Sensor Gerak 36
Gambar 4.10 Logika Deteksi Okupansi 37
Gambar 4.11 Status Okupansi 37
Gambar 4.12 Data Serial 38
Gambar 4.13 Indikasi Led Output 39
Gambar 4.14 Tampilan Serial Monitor 49
Gambar 4.15 Tampilan Serial Monitor 49
Gambar 4.16 Grafik Akurasi Deteksi per Sensor 55
Gambar 4.17 Grafik Akurasi Gabungan PIR dan RCWL 59
Gambar 4.18 Grafik Akurasi Gabungan RCWL dan CO_2 62
Gambar 4.19 Grafik Akurasi Gabungan PIR dan CO_2 66

Gambar 4.20 Grafik Akurasi Gabungan PIR RCWL dan CO_2 70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi RCWL Sensor 11
Tabel 2. 2 Spesifikasi PIL Sensor 13
Tabel 2. 3 Spesifikasi CO2 Sensor 14
Tabel 2. 4 Struktur Umum Confusion Matrix 16
Tabel 4. 1 Data Sensor PIR 40
Tabel 4. 2 Confusion Matrix Sensor PIR 41
Tabel 4. 3 Data Sensor RCWL 43
Tabel 4. 4 Confusion Matrix Sensor RCWL 43
Tabel 4. 5 Data CO2 Sensor 46
Tabel 4. 6 Confusion Matrix Sensor CO2 47
Tabel 4. 7 Data Sistem Deteksi Okupansi 50
Tabel 4. 8 Confusion Matrix Sistem Deteksi Okupansi 51
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kombinasi Sensor PIR dan RCWL 56
Tabel 4. 10 Confusion Matrix Sensor PIR dan RCWL 57
Tabel 4. 11 Data Pengujian Kombinasi Sensor RCWL dan CO2 59
Tabel 4. 12 Confusion Matrix Sensor RCWL dan CO2 61
Tabel 4. 13 Data Pengujian Kombinasi Sensor PIR dan CO2 63
Tabel 4. 14 Confusion Matrix sensor RCWL dan CO2 64
Tabel 4. 15 Data Pengujian PIR, RCWL, CO2 dan Gabungan 66
Tabel 4. 16 Confusion Matrix PIR, RCWL, CO2 dan Gabungan 68
Tabel 4. 17 Perbandingan Metode Okupansi 70