

**SKRIPSI**  
**PENGARUH VOLUME RUANG DAN JARAK**  
**TERHADAP WAKTU DETEKSI ASAP ROKOK PADA**  
***WEARABLE SMOKE DETECTOR* DENGAN SENSOR**  
**CCS811**



Oleh :

**BILLY SOPATER MANIANI**  
**NPM: 22037011028**

**PROGRAM STUDI FISIKA**  
**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**  
**JAWA TIMUR**  
**SURABAYA**  
**2026**

**PENGARUH VOLUME RUANG DAN JARAK TERHADAP WAKTU  
DETEKSI ASAP ROKOK PADA *WEARABLE SMOKE DETECTOR*  
DENGAN SENSOR CCS811**

**SKRIPSI**

**Diserahkan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Program Studi Fisika**

Oleh:

**BILLY SOPATER MANIANI**  
NPM: 22037011028

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

**JAWA TIMUR**

**SURABAYA**

**2026**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH VOLUME RUANG DAN JARAK TERHADAP WAKTU**  
**DETEKSI ASAP ROKOK PADA *WEARABLE SMOKE DETECTOR***  
**DENGAN SENSOR CCS811**

Disusun Oleh:


**BILLY SOPATER MANIANI**


**NPM: 22037011028**

Telah Dipertahankan di Hadapan dan Diterima oleh Tim Penguji Skripsi  
Fakultas Teknik dan Sains, Program Studi Fisika  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Pada Tanggal: 12 Mei 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Penguji I


  
**Akbar Sujiwa, S.Si., M.Si.**  
**NIP. 199102202024061001**

  
**Primasari Cahya Wardhani, S.Si., M.Sc.**  
**NIP. 199211282025062001**

Dosen Pembimbing II


Dosen Penguji II

  
**Dr. Nailul Hasan, S.Si.M.Sc.**  
**NIP. 21119880102313**

  
**Fajar Timur, M.Si.**  
**NIP. 199312042024061006**


Mengetahui,

Koordinator Program Studi Fisika

  
**Dr. Dira Ernawati, S.T., M.T.**  
**NIP. 197806022021212003**

Mengetahui,

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**  
**JAWA TIMUR**

  
**Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.**  
**NIP. 196504031991032001**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Billy Sopater Maniani

NPM : 22037011028

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Fisika

Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya 18 Mei 2026

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a yellow adhesive stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAI TEMPEL', and the alphanumeric code '39F0CANX409698869'.

Billy Sopater Maniani  
22037011028

## ABSTRAK

Paparan asap rokok di lingkungan tertutup dapat menurunkan kualitas udara dan memberikan dampak buruk bagi kesehatan, sehingga diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang mampu mendeteksi keberadaan asap secara cepat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran ruang terhadap waktu deteksi asap rokok pada wearable smoke detector berbasis sensor CCS811, serta mengkaji hubungan antara jarak sumber asap dan waktu deteksi berdasarkan pendekatan difusi gas. Penelitian dilakukan menggunakan mikrokontroler berbasis ESP32-C3 dengan sensor CCS811 sebagai pendeteksi eCO<sub>2</sub> dan TVOC. Pengujian dilakukan pada box berukuran 20 cm × 20 cm × 20 cm, 40 cm × 40 cm × 40 cm, dan 60 cm × 60 cm × 60 cm dengan variasi jumlah rokok 1–4 batang. Selain itu, dilakukan pengujian pada kondisi ruang nyata pagi, siang, dan malam dengan variasi jarak 10 – 120 cm. Data dianalisis menggunakan regresi kuadratik dan ANOVA dua arah untuk mengetahui pengaruh ukuran ruang dan jumlah rokok terhadap waktu deteksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran ruang berpengaruh signifikan terhadap waktu deteksi dengan nilai  $p = 6,83 \times 10^{-27}$ , sedangkan jumlah rokok tidak memberikan pengaruh signifikan secara statistik. Waktu deteksi meningkat seiring bertambahnya ukuran ruang dan jarak sumber asap terhadap sensor. Hasil fitting regresi kuadratik menunjukkan hubungan non-linear dengan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 0,946 pada kondisi pagi dan malam serta 0,980 pada kondisi siang. Secara teoritis, hasil penelitian sesuai dengan mekanisme difusi gas berdasarkan Hukum Fick, di mana waktu penyebaran meningkat terhadap kuadrat jarak. Kondisi siang hari menghasilkan waktu deteksi paling lama akibat pengaruh konveksi udara yang menyebabkan penyebaran asap menjadi kurang terarah. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa wearable smoke detector berbasis CCS811 mampu mendeteksi asap rokok secara konsisten dan ukuran ruang menjadi faktor dominan yang mempengaruhi waktu deteksi sistem.

**Kata Kunci:** CCS811, *wearable smoke detector*, difusi gas, kualitas udara, waktu deteksi, asap rokok.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus atas rahmat, karunia, serta petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH UKURAN RUANG DAN JARAK TERHADAP WAKTU DETEKSI ASAP ROKOK PADA *WEARABLE SMOKE DETECTOR* DENGAN SENSOR CCS811” dengan baik dan lancar.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk melanjutkan ke tahap penelitian dalam rangka menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Skripsi ini membahas mengenai pengaruh ukuran ruang terhadap waktu deteksi asap rokok menggunakan perangkat wearable berbasis sensor CCS811 dengan pendekatan analisis fisika, khususnya difusi gas dan konveksi udara.

Penulis menyadari bahwa tersusunnya skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Dira Ernawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam penyelesaian studi.
3. Bapak Akbar Sujiwa, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Nailul Hasan, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan, saran, serta dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Nur Aini Fauziyah, S.Pd., M.Si., selaku dosen wali akademik penulis sejak awal perkuliahan hingga akhir masa studi, yang telah memberikan bimbingan serta dukungan secara konsisten selama perjalanan perkuliahan penulis.

6. Kedua orang tua dan kaka serta keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta dukungan moral dan material.
7. Pihak Beasiswa AMN Surabaya yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta kepercayaan kepada penulis untuk menempuh pendidikan melalui program beasiswa, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi hingga tahap skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Fisika yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama proses pengerjaan skripsi ini.
9. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata (KKN) khususnya divisi acara yang telah memberikan pengalaman berharga, kebersamaan, serta dukungan selama masa perkuliahan
10. Teman-teman yang tergabung dalam grup Anak-anak takut Tuhan yang selalu menjadi tempat berbagi cerita, memberikan semangat, dan menemani proses skripsi.
11. Klub sepak bola FC Barcelona yang melalui pertandingan-pertandingannya telah menjadi hiburan dan penyemangat bagi penulis di tengah proses penyusunan skripsi.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca dan pengembangan penelitian di bidang fisika terapan serta teknologi *wearable* berbasis sensor.

Surabaya, 5 Mei 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Karakteristik dan Kandungan Kimia Asap Rokok.....	6
2.2 Prinsip Kerja dan Karakteristik Sensor CCS811 .....	8
2.3 <i>Wearable Device</i> untuk Pemantauan Kualitas Udara.....	12
2.4 Sistem Notifikasi Getaran pada <i>Wearable device</i> .....	14
2.5 Waktu Respon Sensor Gas terhadap Perubahan Lingkungan.....	15
2.6 Baterai Li-Po dan Sistem Catu Daya pada <i>Wearable device</i> .....	16
2.7 Mikrokontroler ESP32-C3 sebagai Otak Sistem <i>Wearable</i> .....	18
2.8 Desain Sistem Catu Daya dan Pengisian Baterai .....	19
2.9 Hukum Fick dan Difusi Gas dalam Ruang Tertutup.....	20
2.10 Hubungan antara volume x kecepatan dan jarak x kecepatan .....	21
2.11 Prinsip Fisika pada Sensor Gas CCS811 .....	23
2.12 ANOVA .....	25
2.13 Penelitian terdahulu yang relevan .....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Pendekatan Penelitian.....	28
3.2 Timeline Penelitian.....	28

3.3	Variabel Penelitian .....	29
3.3.1	Variabel Bebas .....	29
3.3.2	Variabel Terikat .....	29
3.3.3	Variabel Kontrol .....	29
3.4	Desain Perangkat .....	30
3.4.1	Alat dan Bahan.....	30
3.4.2	Perancangan Desain .....	31
3.4.3	Skematik Rangkaian Elektronik .....	35
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	37
3.5.1	Variasi Volume Ruang .....	37
3.5.2	Variasi Jarak dan Temperatur di Ruang Kamar .....	40
3.6	Metode Perbandingan Sensor CCS811 dan MQ-2 .....	43
3.6.1	Desain.....	44
3.6.2	Parameter Perbandingan.....	44
3.6.3	Prosedur Pengambilan Data.....	45
3.7	Alur Kerja Penelitian .....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>47</b>
4.1	Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem .....	47
4.2	Hasil Pengujian pada Ruang Tertutup (Box) .....	49
4.2.1	Pengaruh Variasi Volume Ruang terhadap Waktu Deteksi.....	49
4.2.2	Pengujian Box 20 cm × 20 cm × 20 cm.....	54
4.2.3	Pengujian Box 40 cm × 40 cm × 40 cm.....	58
4.2.4	Pengujian Box 60 cm × 60 cm × 60 cm.....	62
4.3	Pengaruh Jarak dan Kondisi Lingkungan terhadap Waktu Deteksi .....	66
4.3.1	Kondisi Pagi Hari.....	66
4.3.2	Kondisi Siang Hari.....	69
4.3.3	Kondisi Malam Hari.....	72
4.4	Perbandingan Kinerja Sensor CCS811 dan MQ-2.....	75
4.5	Analisis Model Matematis dan Kajian Teoritis .....	78
4.5.1	Model Hubungan Jarak terhadap Waktu Deteksi .....	78
4.5.2	Kajian Teori Difusi (Hukum Fick).....	80
4.5.3	Pengaruh Konveksi .....	81
4.6	Analisis Statistik (ANOVA) .....	82
4.7	Pembahasan.....	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	88
5.1 Kesimpulan .....	88
5.2 Saran .....	89
DAFTAR PUSTAKA .....	90
LAMPIRAN .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Utama pada Asap Rokok.....	6
Tabel 2.2 Spesifikasi dan Karakteristik Sensor CCS811 .....	10
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Sensor CCS811.....	11
Tabel 2.4 Tinjauan Studi Terdahulu .....	26
Tabel 3.1 Alat dan Bahan dalam Perancangan Wearable smoke detector.....	30
Tabel 3.2 Ukuran dan Volume 3 Kotak Uji .....	38
Tabel 3.3 Parameter Data yang Dikumpulkan.....	39
Tabel 3.4 Parameter Data yang Dikumpulkan.....	42
Tabel 4. 1 Jarak efektif antara sumber asap dan sensor pada variasi volume ruang .....	50
Tabel 4. 2 Rata-rata waktu deteksi pada variasi volume ruang .....	50
Tabel 4. 3 Indeks Respons Sensor terhadap Variasi Volume Ruang.....	53
Tabel 4. 4 Hasil Rata-rata Pengujian pada Box 20 cm × 20 cm × 20 cm .....	55
Tabel 4.5 Hasil Rata-rata Pengujian pada Box 40 cm × 40 cm × 40 cm .....	59
Tabel 4.6 Rata-rata Hasil Pengujian pada Box 60 cm × 60 cm × 60 cm .....	63
Tabel 4.7 Rata-rata Hasil Pengujian pada Kondisi Pagi .....	67
Tabel 4.8 Rata-rata Hasil Pengujian pada Kondisi Siang .....	70
Tabel 4.9 Rata-rata hasil pengujian pada kondisi malam.....	73
Tabel 4.10 Perbandingan waktu deteksi oleh kedua sensor .....	76
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Koefisien Difusi.....	81
Tabel 4.12 Hasil ANOVA dua arah terhadap waktu deteksi.....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prototipe perangkat pemantau TVOC dan eCO <sub>2</sub> berbasis CCS811 yang dikenakan pada lengan pengguna. ....	9
Gambar 2.2 Perubahan nilai konsentrasi CO <sub>2</sub> dan TVOC yang diukur oleh sensor CCS811 selama fase warm-up setelah aktivasi. ....	16
Gambar 2.3 Modul ESP32-C3 berbasis Olimex PoE-ESP32-16MB dengan wadah plastik .....	19
Gambar 2.4 Modul pengisi daya baterai Li-Po berbasis TP4056 (Sumber: Arifin et al., 2025).....	20
Gambar 2.5 Mekanisme kerja sensor gas berbasis metal-oxide semikonduktor (MOX).....	24
Gambar 3.1 Desain awal wearable smoke detector berbasis ESP32 C3 dengan sensor CCS811, motor getar, dan baterai LiPo .....	32
Gambar 3.2 Tampak Atas Rancangan Wearable smoke detector .....	33
Gambar 3.3 Tampak Bawah Rancangan Wearable smoke detector.....	33
Gambar 3.4 Tampak Kanan Rancangan Wearable smoke detector .....	34
Gambar 3.5 Tampak Kiri Rancangan Wearable smoke detector .....	35
Gambar 3.6 Skematik Rangkaian Elektronik Wearable smoke detector Berbasis ESP32-C3 .....	36
Gambar 3.7 Contoh rancangan ruang uji sebagai representasi variasi volume ruang pada penelitian ini. ....	37
Gambar 3. 8 Desain Ruangan Uji (3×3×3m) untuk Pengujian Variasi Jarak Sumber Asap terhadap Wearable smoke detector .....	41
Gambar 3.9 Konfigurasi posisi sensor CCS811 dan MQ-2 dalam ruang uji .....	44
Gambar 3.10 Alur Penelitian .....	46
Gambar 4.1 Konfigurasi layer komponen pada wearable smoke detector, (a) layer atas berisi komponen utama, (b) layer bawah berisi komponen pendukung .....	47
Gambar 4.2 Hasil realisasi wearable smoke detector, (a) bar indikator konsentrasi gas, (b) nilai konsentrasi (ppm/ppb), (c) status sistem, (d) indikator baterai .....	48
Gambar 4.3 Grafik hubungan ukuran ruang terhadap waktu deteksi .....	51
Gambar 4.4 Pengujian pada Ruang 20 cm × 20 cm × 20 cm, (a) Wearable smoke detector, (b) kabel data USB, (c) rokok sebagai sumber asap.....	54

Gambar 4.5 Grafik waktu deteksi vs jumlah rokok.....	56
Gambar 4. 6 Grafik nilai Threshold eCO <sub>2</sub> dan TVOC.....	57
Gambar 4.7 Posisi pengambilan data pada ruang uji 40 cm × 40 cm × 40 cm, (a) Wearable smoke detector, (b) kabel data USB, (c) rokok sebagai sumber asap ...	58
Gambar 4.8 Grafik hubungan jumlah rokok terhadap waktu deteksi pada box 40 cm × 40 cm × 40 cm .....	60
Gambar 4.9 Grafik hubungan jumlah rokok terhadap nilai Threshold eCO <sub>2</sub> dan TVOC pada box 40 cm × 40 cm × 40 cm .....	61
Gambar 4.10 Posisi pengambilan data pada ruang uji 60 cm × 60 cm × 60 cm, (a) Wearable smoke detector, (b) kabel data USB, (c) Posisi rokok.....	62
Gambar 4.11 Grafik hubungan jumlah rokok terhadap waktu deteksi pada box 60 cm × 60 cm × 60 cm .....	64
Gambar 4.12 Grafik hubungan jumlah rokok terhadap nilai Threshold eCO <sub>2</sub> dan TVOC pada box 60 cm × 60 cm × 60 cm .....	65
Gambar 4.13 Kondisi pengujian pagi hari dengan 1 rokok .....	66
Gambar 4.14 Hubungan Jarak terhadap Waktu Deteksi pada Kondisi Pagi .....	68
Gambar 4.15 Kondisi pengujian siang hari dengan 1 rokok.....	69
Gambar 4.16 Hubungan Jarak Sumber Asap terhadap Waktu Deteksi pada Kondisi Siang .....	71
Gambar 4.17 Kondisi pengujian malam hari dengan 1 rokok.....	72
Gambar 4.18 hubungan jarak rokok terhadap waktu deteksi pada ruang nyata di kondisi malam hari.....	74
Gambar 4.19 Perbandingan pengujian sensor CCS811 dan MQ-2, (a) ESP32 C3, (b) Sensor MQ-2, (c) rangkaian sensor MQ-2, (d) sensor CCS811 dengan sistem wearable, (e) rokok sebagai sumber asap.....	75
Gambar 4.20 Perbandingan waktu deteksi sensor CCS811 dan MQ-2 pada setiap pengulangan uji.....	77
Gambar 4.21 Grafik hubungan jarak terhadap waktu deteksi pada kondisi pagi, siang, dan malam.....	79
Gambar 4.22 Waktu deteksi terhadap jumlah rokok pada variasi ukuran box 20 cm × 20 cm × 20, 40 cm × 40 cm × 40 cm dan 60 cm × 60 cm × 60 cm.....	84

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Mentah Pengujian Waktu Deteksi Asap Rokok.....	94
Lampiran 2. Dokumentasi Perangkat.....	97
Lampiran 3. Data Rata-rata dan Standar Deviasi .....	105
Lampiran 4. Perhitungan Standar Deviasi .....	108
Lampiran 5. Perhitungan Volume Ruang (Data Tabel 4.2) .....	112
Lampiran 6. Perhitungan Koefisien Difusi (Hukum Fick).....	113
Lampiran 7 Perhitungan Deviasi Suhu Pengujian Ruangan .....	115
Lampiran 8. Identitas Diri .....	117