

**EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT
UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON
PADA LAHAN PERTANIAN**

Skripsi



oleh:

**KEVIN ALVARO ADIANTO
71200557**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA**

2023

**EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT
UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON
PADA LAHAN PERTANIAN**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

KEVIN ALVARO ADIANTO

71200557

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON PADA LAHAN PERTANIAN

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 5 Desember 2023



KEVIN ALVARO ADIANTO

71200557

DUTA WACANA

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS
IOT UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON
PADA LAHAN PERTANIAN

Nama Mahasiswa : KEVIN ALVARO ADIANTO
N I M : 71200557
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TI0366
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2023/2024

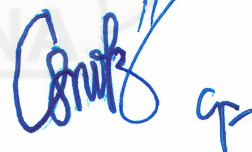
Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 15 Januari 2024

Dosen Pembimbing I



Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom.,M.Cs.

Dosen Pembimbing II



Gani Indriyanta, Ir. M.T.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevin Alvaro Adianto
NIM : 71200557
Program studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Informasi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT UNTUK
MONITORING JUMLAH KARBON PADA LAHAN PERTANIAN”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 20 Januari 2024

Yang menyatakan



(Kevin Alvaro Adianto)
71200557

HALAMAN PENGESAHAN

EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON PADA LAHAN PERTANIAN

Oleh: KEVIN ALVARO ADIANTO / 71200557

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 21 Desember 2023

Yogyakarta, 15 Januari 2024
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom.,M.Cs.
2. Gani Indriyanta, Ir. M.T.
3. Nugroho Agus Haryono, M.Si
4. Antonius Rachmat C., S.Kom.,M.Cs.



Handwritten signatures of the examiners in blue ink, corresponding to the list of names.



Dekan

(Restyandito, S.Kom., MSIS., Ph.D.)

Ketua Program Studi

(Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom.)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kasih, karena atas segala rahmat, bimbingan, dan penyertaan-Nya maka akhirnya Skripsi dengan judul **Embedded Monitoring System Berbasis IoT untuk Monitoring Jumlah Karbon pada Lahan Pertanian** ini telah selesai disusun.

Penulis memperoleh banyak bantuan baik secara moral maupun spiritual dan kerjasama dalam penulisan Skripsi ini, untuk itu tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan yang maha kasih, yang telah menyertai penulis hari lepas hari dalam proses penelitian sampai penulisan sehingga dapat selesai dengan lancar,
2. Orang tua yang selama ini telah sabar membimbing dan mendoakan penulis tanpa kenal lelah untuk selama-lamanya,
3. Restyandito, S.Kom, MSIS., Ph.D selaku Dekan FTI, yang telah membimbing penulis saat seminar proposal,
4. Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom. selaku Kaprodi Informatika, yang mendukung berjalannya skripsi ini,
5. Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah memberikan ilmunya dan membimbing penulis mulai dari seminar proposal hingga tahap skripsi dengan penuh kesabaran,
6. Ir. Gani Indriyanta, MT, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan ilmu dan kesabaran dalam membimbing penulis,
7. Laurentius Kuncoro Probo Saputra., S.T., M.Eng yang telah banyak memberikan ilmu dan membimbing penulis mulai dari mencari judul hingga tahap implementasi dengan penuh kesabaran,
8. Gloria Virginia, S.Kom., MAI., Ph.D selaku ketua penelitian, yang telah memberikan banyak support alat, pelaksanaan, dll sehingga proses penelitian ini dapat berjalan dengan lancar,
9. Beehive Drones selaku mitra penelitian, yang telah memberikan banyak support pengambilan data serta memberikan ilmu sehingga proses skripsi ini bisa berjalan dengan lancar,

10. Masyarakat kelurahan Taman Martani khususnya desa Kowang dan Tulung yang telah mendukung berjalannya penelitian ini dengan mengizinkan penggunaan lahan digunakan untuk penelitian ini.

Laporan kripsi ini tentunya tidak lepas dari segala kekurangan dan kelemahan, untuk itu segala kritikan dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan skripsi ini sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua dan lebih khusus lagi bagi pengembangan ilmu komputer dan teknologi informasi.

Yogyakarta, 5 Desember 2023



Kevin Alvaro Adianto



DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS SECARA ONLINE	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
INTISARI.....	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Hipotesis.....	4
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian	5
1.7. Metodologi Penelitian.....	5
1.8. Sistematika Penulisan	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	8
2.1 Tinjauan Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1. <i>Internet of Things</i> (IoT)	9
2.2.2. Jaringan Komputer	10
2.2.3. Jaringan <i>Wireless</i>	11
2.2.4. <i>Bandwidth</i>	11
2.2.5. <i>Latency</i>	11

2.2.6.	Packet Loss.....	13
2.2.7.	<i>Embedded System</i>	13
2.2.8.	<i>Microcontroller ESP32</i>	14
2.2.9.	<i>Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)</i>	16
2.2.10.	<i>Cloud Computing</i>	17
2.2.11.	Amazon Web Services (AWS)	18
METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Analisis Kebutuhan Sistem	23
3.2.	Perancangan Penelitian	24
3.2.1.	<i>Embedded System</i>	25
3.2.2.	<i>Local Network</i>	26
3.2.3.	<i>Cloud Infrastructure</i>	27
3.3.	Diagram Alir.....	29
3.4.	Perancangan Basis Data.....	31
3.5.	Perancangan Pengujian Sistem.....	33
3.5.1.	<i>Latency dan Bandwidth Test</i> dari <i>Access Point</i> ke CCTV.....	33
3.5.2.	<i>Latency dan Ping Speed</i> dari <i>Local</i> ke <i>server AWS</i>	33
3.5.3.	<i>Latency dan Ping Speed</i> dari <i>Access Point</i> ke setiap <i>chamber</i>	34
3.5.4.	<i>Reliability System</i>	35
IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1.	Implementasi Awal.....	36
4.2.	Implementasi Sistem.....	39
4.2.1.	<i>Diagram Wiring Embedded System</i>	39
4.2.2.	Pemrograman ESP.....	41
4.2.3.	Pemasangan pada <i>Chamber</i>	42
4.2.4.	<i>Local Network</i>	44
4.2.5.	<i>AWS Infrastructure</i>	48

4.3.	Hasil Data Karbon Embedded System.....	49
4.4.	Hasil data counting jumlah kendaraan pada CCTV	50
4.5.	Hasil Pengujian.....	52
4.5.1.	Hasil Pengujian <i>Speed Test Point to Point</i> CCTV	52
4.5.2.	Hasil Pengujian <i>Ping Speed</i> dan <i>Ping</i> ke <i>AWS Endpoint</i>	53
	Gambar 4.26 dan 4.27 merupakan hasil pegujian ping speed dan ping ke AWS Endpoint dari setiap lokasi.	53
4.5.3.	Hasil Pengujian <i>Ping Speed</i> dan <i>Ping</i> ke <i>IoT Device</i>	54
4.5.4.	Hasil Pengujian <i>Reliability System</i>	55
4.6.	Pembahasan dan Analisis	56
4.6.1.	<i>Bandwidth Test Point to Point</i> CCTV	56
4.6.2.	<i>Ping Speed</i> dan <i>Latency AWS Endpoint</i>	57
4.6.3.	<i>Ping Speed</i> dan <i>Ping</i> ke <i>Chamber</i>	57
4.6.4.	<i>Test Reability System</i>	60
4.7.	Rekomendasi	61
	KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	KODE PROGRAM.....	69
	DATA HASIL CCTV DAN KARBON.....	70
	AWS COST ESTIMATE	71
	DOKUMENTASI TEST JARINGAN CCTV	73
	DOKUMENTASI TEST AP KE CHAMBER.....	75
	DOKUMENTASI TEST REABILITY.....	80
	KARTU KONSULTASI DOSEN 1	82
	KARTU KONSULTASI DOSEN 2	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Latency	12
Tabel 2.2	Kategori Packet Loss.....	13
Tabel 3.1	Tabel Database Gas Chamber	32
Tabel 3.2	Tabel Database Vehicle Detection.....	32
Tabel 3.3	Ping dan Ping Speed CCTV	33
Tabel 3.4	Ping dan Ping Speed Server AWS.....	34
Tabel 3.5	Ping dan Ping Speed Chamber	34
Tabel 3.6	Tabel Testing Reliable sistem	35
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Bandwidth Test Point to Point.....	53
Tabel 4.2	Hasil Ping Speed dan Ping Chamber Kowang	54
Tabel 4.3	Hasil Ping Speed dan Ping Chamber Tulung.....	55
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Reability System.....	55
Tabel 4.5	Hasil Bandwidth Test CCTV.....	55
Tabel 4.6	Hasil Ping Speed dan Latency AWS Endpoint	57
Tabel 4.7	Hasil Ping Speed dan Ping ke Chamber.....	57
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Reability System	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Network Latency	12
Gambar 2.2	Microcontroller ESP32	15
Gambar 2.3	Perbedaan Cloud dibandingkan On Premises	18
Gambar 2.4	AWS Global Infrastructure.....	19
Gambar 2.5	Tiga fasilitas AWS Cloud Computing	20
Gambar 3.1	Diagram Arsitektur Secara Umum	24
Gambar 3.2	Diagram Arsitektur Embedded System	25
Gambar 3.3	Topologi Jaringan.....	26
Gambar 3.4	Diagram Arsitektur pada Cloud (AWS).....	27
Gambar 3.5	AWS Pricing	28
Gambar 3.6	Flowchart Data Embedded System Carbon Count.....	30
Gambar 3.7	Flowchart Data Embedded System Vehicle Detection	31
Gambar 4.2	Peta Kowang.....	36
Gambar 4.2	Peta Tulung.....	37
Gambar 4.3	Peta Kowang Fase1.....	37
Gambar 4.4	Peta Tulung Fase2.....	38
Gambar 4.5	Peta Kowang Fase3.....	38
Gambar 4.6	Diagram Wiring Embedded System.....	39
Gambar 4.7	Battery pada Chamber.....	40
Gambar 4.8	Embedded System Tampak Depan.....	40
Gambar 4.9	Embedded System Tampak Dari Belakang.....	41
Gambar 4.10	Potongan Program Secret.h	41
Gambar 4.11	Posisi Sensor Pada Chamber	42
Gambar 4.12	Embedded System pada Chamber	43
Gambar 4.13	Peletakan Chamber	43
Gambar 4.14	Freq Test Kowang.....	44
Gambar 4.15	Freq Test Tulung	44
Gambar 4.16	Topologi Physical AP.....	45
Gambar 4.17	Topologi Physical Station.....	45

Gambar 4.18	Dokumentasi Pemasangan Jaringan CCTV dan Aceso Point.....	46
Gambar 4.19	Dokumentasi Pemasangan CCTV	47
Gambar 4.20	Perbandingan Frekuensi Setelah Pemasangan AP di Ds.Tulung	47
Gambar 4.21	Perbandingan Frekuensi Setelah Pemasangan AP di Ds.Kowang	48
Gambar 4.22	Hasil Perhitungan Embedded System.....	49
Gambar 4.23	Keseluruhan Hasil Perhitungan Embedded System.....	50
Gambar 4.24	Hasil Perhitungan Jumlah Kendaraan CCTV.....	51
Gambar 4.25	Keseluruhan Hasil Perhitungan CCTV.....	52
Gambar 4.26	Ping dan Ping Speed AWS Endpoint Kowang	53
Gambar 4.27	Ping dan Ping Speed AWS Endpoint Tulung.....	54
Gambar 4.28	Grafik Pengaruh Jarak terhadap Ping Speed	58
Gambar 4.29	Grafik Pengaruh Jarak terhadap Ping	59
Gambar 4.30	Posisi Titik Chamber 34	60
Gambar 4.31	Hasil Invoke Lambda	61



INTISARI

EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON PADA LAHAN PERTANIAN

Oleh

Kevin Alvaro Adianto

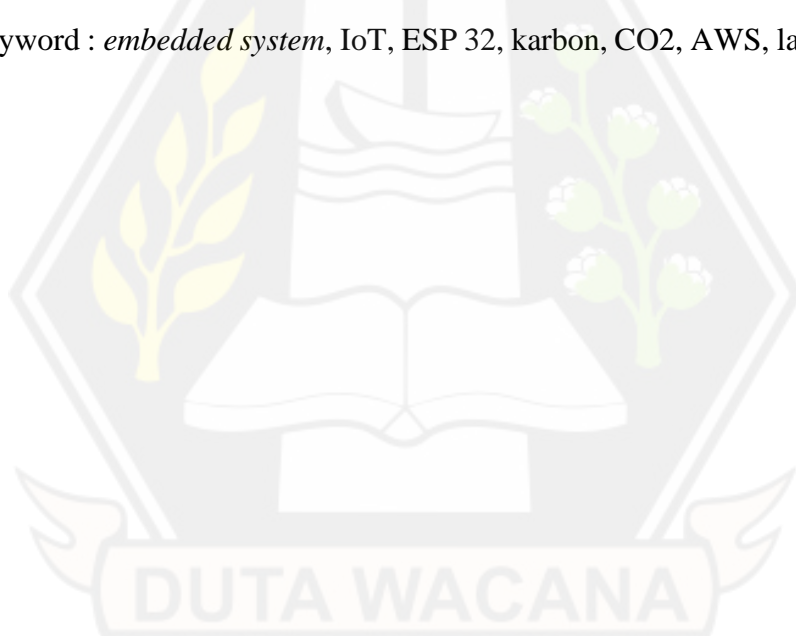
71200557

Karbon merupakan salah satu masalah serius yang dihadapi oleh dunia sebagai salah satu gas polutan pencemaran yang berbahaya. Untuk menghitung jumlah karbon dapat dilakukan dengan cara manual menggunakan uji lab namun membutuhkan waktu yang lama. Selain itu pada penelitian lain dapat pula menghitung jumlah karbon dari citra gambar dari udara menggunakan *drone*. Namun sistem ini masih memiliki kekurangan yaitu, kurang efisien dalam pengambilan citra gambar karena masih harus secara manual datang ke sawah dan juga memiliki kelemahan tidak bisa mengupdate nilai karbon secara berkala setiap hari.

Pada penelitian ini dibangun perangkat *embedded system* berbasis IoT yang dapat memantau dinamika emisi karbon yang dihasilkan pada lahan pertanian secara otomatis dan *real time* setiap hari sehingga dinamika jumlah emisi karbon tanaman di suatu lahan pertanian akan dapat dihitung dengan lebih cepat, tepat dan akurat secara kontinyu serta *real time* sehingga dapat menguntungkan berbagai pihak. Parameter yang diteliti antara lain: *latency*, *bandwidth*, *packet loss*, dan *reliability (success rate)* yang mengukur pengiriman data karbon dari *chamber* maupun jumlah kendaraan dari CCTV ke server AWS (*Amazon Web Service*).

Hasil akhir menunjukkan bahwa *embedded system* berbasis IoT yang telah dibuat mampu secara *real time* selama 24 jam mengukur dinamika emisi karbon dengan total maksimal 50.000 hit perhari pada lahan pertanian yang dihasilkan dari aktivitas fotosintesis tanaman. Telah berhasil pula dibangun infrastruktur jaringan yang secara keseluruhan termasuk kategori sangat baik (sesuai standar TIPHON) yang dapat mengirimkan data hasil karbon beserta jumlah kendaraan sampai ke database AWS. Jarak terbaik untuk pemasangan *access point* ke *sensor embedded system (chamber)* untuk mengambil CO₂ terletak pada jarak di bawah 100-120 meter. Jarak ideal pemasangan *chamber* pada studi kasus ini dibawah 120 meter dimana akan mendapatkan *latency* yang cenderung rata diantara 10-25ms. *Embedded system* ESP32 termasuk baik dan stabil sehingga data yang terkirimkan rata-rata 90% dengan *running time* 1 jam.

Keyword : *embedded system*, IoT, ESP 32, karbon, CO₂, AWS, lahan pertanian



ABSTRACT

EMBEDDED MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT UNTUK MONITORING JUMLAH KARBON PADA LAHAN PERTANIAN

By

Kevin Alvaro Adianto

71200557

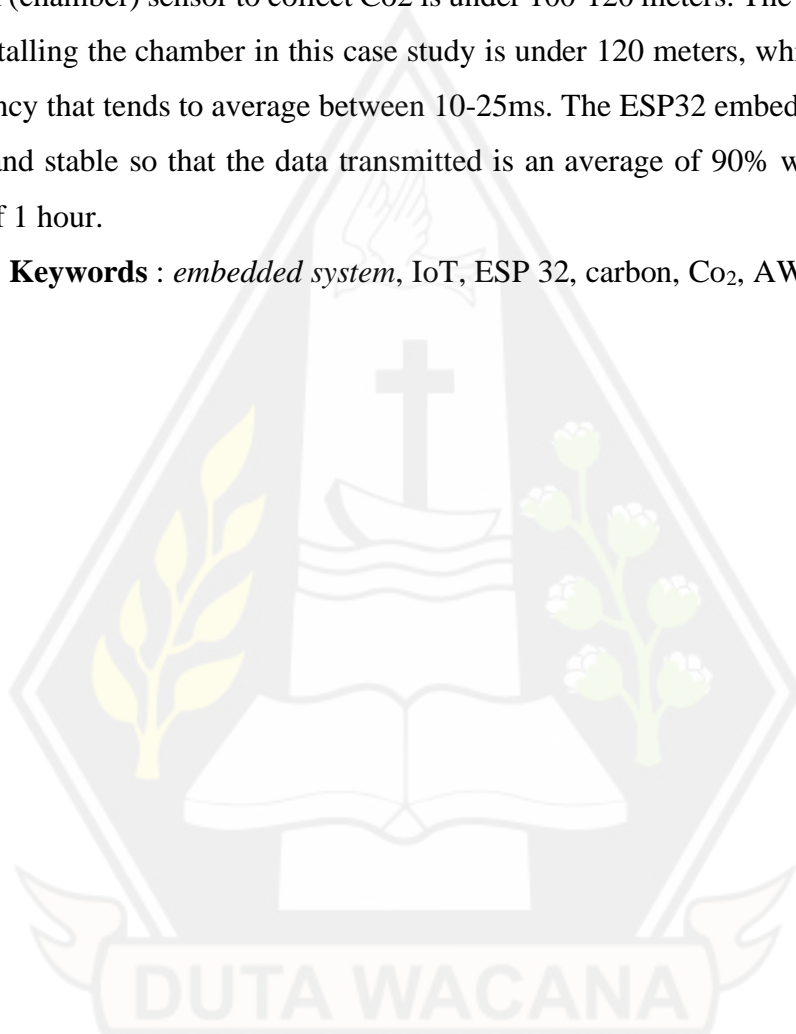
Carbon is a serious problem faced by the world as a dangerous pollutant gas. Calculating the amount of carbon can be done manually using a lab test but it takes a long time. Apart from that, other research can also calculate the amount of carbon from aerial images using drones. However, this system still has shortcomings, namely, it is less efficient in taking images because we still have to manually go to the rice fields and also has the weakness of not being able to update the carbon values regularly every day.

In this research, an IoT-based embedded system device was built that can monitor the dynamics of carbon emissions produced on agricultural land automatically and in real time every day so that the dynamics of the amount of plant carbon emissions on an agricultural land can be calculated more quickly, precisely, continuously and accurately real time so that it can benefit various parties. The parameters studied include: latency, bandwidth, packet loss, and reliability (success rate) which measures the transmission of carbon data from the chamber and the number of vehicles from CCTV to the AWS (Amazon Web Service) server.

The final results show that the IoT-based embedded system that has been created is capable of measuring the dynamics of carbon emissions in real time for

24 hours with a maximum total of 50,000 hits per day on agricultural land resulting from plant photosynthetic activity. Network infrastructure has also been successfully built which overall is in the very good category (according to TIPHON standards) which can send carbon yield data along with the number of vehicles to the AWS database. The best distance for installing an access point to an embedded system (chamber) sensor to collect Co₂ is under 100-120 meters. The ideal distance for installing the chamber in this case study is under 120 meters, which will result in latency that tends to average between 10-25ms. The ESP32 embedded system is good and stable so that the data transmitted is an average of 90% with a running time of 1 hour.

Keywords : *embedded system, IoT, ESP 32, carbon, Co₂, AWS, farmland*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Karbon merupakan salah satu masalah serius yang dihadapi oleh dunia. Salah satu gas polutan pencemaran yang paling berbahaya bahkan disebut sebagai *silent killer* adalah Karbon Monoksida (CO) (Wulandari.R.A, 2021). Salah satu makhluk hidup yang dapat mengurangi gas Karbon Monoksida (CO) adalah tumbuhan. Ketika bernafas tumbuhan menyerap Karbon Dioksida dan mengeluarkan Oksigen. Saat ini dengan meningkatnya jumlah karbon yang ada di bumi maka terjadilah proses jual beli karbon. Proses perdagangan karbon tersebut terjadi dikarenakan negara-negara yang memiliki daerah hijau yang luas (menghasilkan oksigen) merasa dirugikan terhadap negara-negara yang menghancurkan hutannya menjadi lahan perkotaan. Akibatnya negara yang memiliki daerah hijau yang banyak tersebut meminta anggaran dana karena dianggap telah menghasilkan banyak oksigen yang dirasakan oleh semua negara.

Untuk menghitung jumlah karbon yang diserap oleh tanaman dapat dilakukan dengan cara uji lab, tetapi cara manual ini membutuhkan waktu proses yang lama. Selain itu cara untuk membuat perhitungan tersebut lebih efisien sudah dilakukan oleh penelitian Kedaireka UKDW batch-1 dengan membuat sistem cerdas yang dapat menghitung jumlah karbon tersebut dari citra gambar dari udara menggunakan *drone*. Namun sistem cerdas yang sudah ada tersebut memiliki beberapa kekurangan yaitu, kurang efisien dalam pengambilan citra gambar karena masih harus secara manual datang ke sawah. Kemudian teknik ini juga memiliki kelemahan dimana tidak bisa mengupdate nilai karbon secara berkala setiap hari. Selain itu nilai karbon yang dihitung dari sistem cerdas hanya nilai karbon yang diserap oleh tanaman saja, belum bisa menghitung karbon yang keluar dari proses fotosintesis tanaman serta dari kendaraan fosil.

Solusi menghitung nilai karbon tersebut di atas masih belum optimal karena masalah yang terjadi antara lain:

1. Perhitungan nilai karbon dengan cara manual membutuhkan banyak biaya, waktu, dan tenaga karena harus mendatangi lokasi secara fisik berkali-kali.
2. Perhitungan nilai karbon secara manual dengan cara mendatangi lokasi hanya dapat menghitung karbon pada tanaman dan tanah saja serta sulit untuk mendeteksi jumlah kendaraan yang lewat pada saat pengukuran.
3. Perhitungan jumlah karbon dari tanaman tidak bisa secara *real time* sehingga kurang terlihat untuk grafik perkembangannya.
4. Perhitungan dinamika karbon hanya untuk yang diserap oleh tanaman saja, belum dengan dinamika karbon yang dikeluarkan oleh tanaman.

Dari masalah tersebut maka dibutuhkan sistem untuk memantau serta menghitung dinamika emisi karbon secara kontinyu dan *real time* yang terjadi pada area tertentu. Emisi dinamika karbon adalah jumlah karbon yang diserap oleh tanaman serta karbon yang juga dihasilkan tanaman di sekitar lahan tersebut. Untuk proses perhitungan emisi karbon yang diserap oleh tanaman sudah dilakukan pada penelitian besar Kedaireka batch-1. Sedangkan untuk tambahan menghitung emisi karbon yang dihasilkan di sekitar tanaman akan dilakukan pada penelitian ini. Emisi karbon yang dihasilkan sebenarnya banyak hal yang mempengaruhi contohnya: kendaraan fosil, proses fotosintesis, pembusukan tanaman, pembakaran sampah, dll. Pada penelitian ini difokuskan hanya emisi karbon yang dihasilkan dan diserap dari proses fotosintesis serta menghitung jumlah kendaraan fosil di sekitar lahan pertanian yang akan dikalkulasi jumlah karbonnya pada penelitian besar ini.

Dari latar belakang di atas maka dibutuhkan IoT yang dapat memantau dinamika emisi karbon yang dihasilkan pada lahan pertanian secara otomatis dan *real time* setiap hari. Dengan adanya perangkat *embedded system* maka dinamika jumlah emisi karbon tanaman di suatu lahan pertanian akan dapat dihitung dengan lebih cepat, tepat dan akurat secara kontinyu dan *real time* sehingga dapat menguntungkan berbagai pihak.

Untuk mendukung *embedded system* yang membutuhkan data secara *realtime* tentu diperlukannya sebuah *server* yang *cost effective* dan *reliable* dalam *menghandle* semua *traffic* data yang ada. *Server* yang digunakan nanti akan berbentuk *cloud computing* dimana *server* yang dikelola tidak terdapat *server*

secara fisik dan dalam hal ini menggunakan *server* dari *Amazon Web Service* (AWS).

1.2. Perumusan Masalah

Dinamika karbon dapat diukur dari serapan karbon dan yang dikeluarkan tanaman pada lahan pertanian. Saat ini masih banyak pengukuran karbon dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan cara mengambil sampel kemudian dimasukkan kedalam uji lab sehingga tentu saja membutuhkan waktu dan biaya yang sangat banyak. Berdasarkan permasalahan ini dibutuhkan perangkat *autonomous embedded system* berbasis IoT yang mampu melakukan monitoring emisi karbon yang dihasilkan oleh proses fotosintesis dan kendaraan fosil pada lahan pertanian secara *real time*. Selain itu untuk mendukung server tempat disimpannya data-data dari *embedded system* ini juga harus memiliki sistem *cloud infrastructure* yang efisien khususnya dalam segi biaya.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian yang penulis lakukan merupakan bagian dari penelitian besar Kedaireka batch-1 tahun 2022. Dalam penelitian yang penulis lakukan ini, penulis memberikan batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. *Embedded system* yang dibangun hanya dapat memonitor data dinamika karbon dari proses fotosintesis tanaman (tidak termasuk karbon tanah/hewan/dll) dan mengirimkan ke *database* yang terletak pada AWS.
2. *Embedded system* yang digunakan untuk memproses data menggunakan ESP32.
3. Sensor yang digunakan adalah sensor: SEN0219(CO₂), SEN0129(CH₄) dan DFR0026(Lux).
4. Monitoring yang dilakukan berfokus pada deteksi karbon dioksida (CO₂) dengan menggunakan sensor CO₂.
5. Diasumsikan bahwa *request post* dari *embedded system* tidak lebih dari 100.000 *hit* dalam 1 hari.

6. Perhitungan karbon yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor hanya dilakukan sampai perhitungan jumlah kendaraan saja.
7. *Access point* yang dipasang menggunakan jenis sebaran *directional*.

1.4. Hipotesis

1. *Embedded system* berbasis IoT mampu mengukur dinamika emisi karbon pada lahan pertanian dengan total maksimal 50.000 hit data dalam 1 hari pada lahan pertanian luas 15.000 m².
2. *Embedded system* yang digunakan diperkirakan *reliable* dengan data yang terkirim diatas 90%.
3. Efisiensi penggunaan AWS diperkirakan lebih hemat dengan menggunakan *serverless* dibandingkan dengan server biasa.
4. Ping dan *speed* internet untuk *embedded system* akan tercukupi dengan baik dengan minimum speed diatas 2 Mbps dan ping dibawah 200 ms
5. Jarak ideal penempatan *chamber* dengan *access point* berkisar diantara 10-80 meter.

1.5. Tujuan Penelitian

1. Membangun *embedded system* berbasis IoT yang mampu mengukur dinamika emisi karbon pada lahan pertanian yang dihasilkan dari aktivitas fotosintesis tanaman itu sendiri.
2. Membangun *embedded system* yang memiliki infrastruktur yang tepat untuk memantau dinamika nilai karbon pada lahan pertanian secara *real time* selama 24 jam.
3. Membangun *embedded system* yang *reliable* yang secara interval dapat mengirimkan data ke *server* secara konsisten.
4. Membangun sistem jaringan yang dapat memonitor aktivitas jumlah kendaraan bermotor di sekitar lahan pertanian.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Untuk melengkapi bagian *monitoring system* khususnya tentang perhitungan total karbon pada lahan pertanian, sehingga dapat diintegrasikan dengan sistem yang lebih besar untuk menentukan dinamika karbon sendiri.
2. Dengan adanya *embedded system* yang tertanam di lapangan maka alat tersebut sungguh dapat memudahkan karena manusia tidak harus datang ke lapangan karena *embedded system* ini sudah bisa berfungsi sendiri untuk pengambilan data sehingga waktu dan tenaga yang dikeluarkan jauh lebih efisien.
3. Dengan adanya *embedded system* ini juga dapat mengkalkulasi dinamika total karbon yang terjadi di lahan pertanian. Tidak hanya menghitung jumlah nilai karbon tanaman saja tapi juga menghitung jumlah kendaraan yang menyebabkan emisi, antara lain seperti truck, kendaraan fosil, fotosintesis, dll. Dimana untuk perhitungan nilai karbon dari kendaraan fosil akan dilakukan oleh penelitian dalam ruang lingkup yang lebih besar.

1.7. Metodologi Penelitian

Melihat kebutuhan data karbon yang akan diukur di lapangan dengan cara wawancara dan observasi dengan mitra (Beehive Drone).

1. Observasi kondisi di lapangan untuk melihat apakah ada sumber daya listrik, jaringan internet, dan menentukan peletakan alat IoT, dll.
2. Melakukan survei kebutuhan piranti *embedded system* yang paling sesuai untuk kondisi di lapangan.
3. Melakukan survei kebutuhan piranti jaringan yang cocok untuk kebutuhan di lapangan.
4. Mencari alat-alat komponen piranti IoT serta jaringan yang cocok untuk kebutuhan di lapangan.
5. Merancang desain alat IoT yang sesuai dengan kondisi di lapangan.
6. Merancang diagram arsitektur dan topologi untuk jaringan *cloud* dan jaringan *local*.

7. Implementasi jaringan local (pemasangan pada lapangan) beserta jaringan *cloud*.
8. Merakit piranti (*hardware*) IoT berdasar disain tersebut di atas.
9. Implementasi (*coding*) di perangkat *embedded system* berbasis IoT.
10. Menjalankan alat *embedded system* IoT untuk mengambil data testing.
11. Menguji hasil penelitian dengan cara membandingkan antara hasil perhitungan nilai karbon menggunakan *embedded system* dengan menggunakan alat ukur.
12. Menguji kualitas jaringan dengan menggunakan *tools bandwidth test, ping test, ping speed test*.
13. Menganalisa hasil penelitian.

1.8. Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun dengan sistematika terdiri dari lima bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Berisi tinjauan pustaka tentang penelitian-penelitian terkait, dan berbagai teori-teori dasar yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, meliputi: *Internet of Things (IoT)*, Jaringan Komputer, Jaringan *Wireless*, *Bandwith*, *Latency*, *Packet Loss*, *Embedded System*, *ESP32*, *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*, *Cloud Computing*, dan *Amazon Web Services (AWS)*.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yang bertujuan untuk menjawab dan menyelesaikan rumusan masalah yang akan diselesaikan; terdiri dari: analisis kebutuhan sistem, perancangan penelitian,

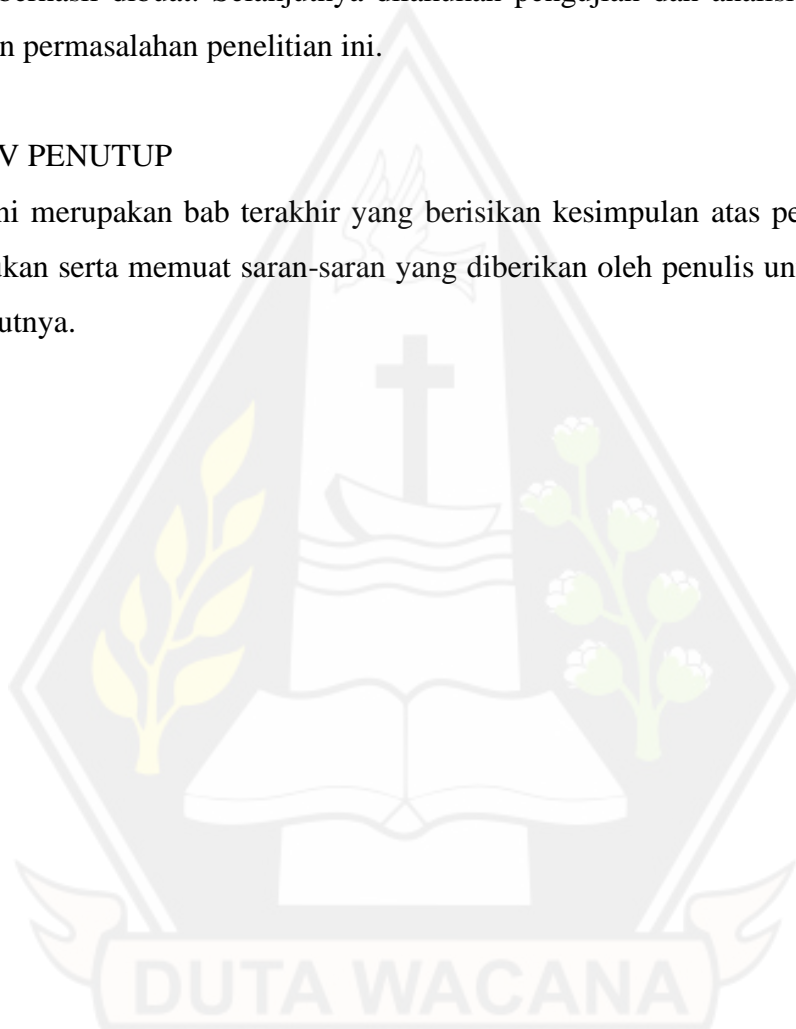
diagram alir penelitian, perancangan basis data, perancangan antarmuka pengguna, dan perancangan pengujian sistem.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS HASIL

Bab ini berisi tentang pembahasan mengenai proses implementasi sistem yang telah berhasil dibuat. Selanjutnya dilakukan pengujian dan analisis hasil sesuai dengan permasalahan penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisikan kesimpulan atas penelitian yang dilakukan serta memuat saran-saran yang diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi *Embedded System* di Kowang dan Tulung serta berdasar hasil pengujian maka dapat ditarik kesimpulan:

1. *Embedded system* berbasis IoT telah berhasil dibangun yang mampu secara *real time* selama 24 jam mengukur dinamika emisi karbon dengan total maksimal 50.000 hit perhari pada lahan pertanian yang dihasilkan dari aktivitas fotosintesis tanaman.
2. Infrastruktur jaringan secara keseluruhan telah berhasil dibangun dengan mendapatkan nilai sangat baik (setiap bagian test nilai baik/sangat baik > 75%) yang mana dapat mengirimkan data hasil karbon beserta jumlah kendaraan sampai *database* AWS.
3. Dengan menggunakan *embedded system* ESP32 tidak terlalu stabil sehingga nilai *success rate* data yang terkirimkan hanya 91.025% dengan *running time* 1 jam.
4. Jarak optimal untuk pemasangan *access point* ke *sensor embedded system* (*chamber*) untuk mengambil CO₂ terletak pada jarak di bawah 100-120 meter dimana rata-rata mendapatkan *ping speed* diatas 10 Mbps pada studi kasus penelitian ini.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi ini penulis memberikan beberapa saran diantaranya:

1. Supaya hasil *wireless* lebih merata dimana semua *chamber* mendapatkan sinyal yang bagus, sebaiknya menggunakan AP yang berjenis *omnidirectional* sehingga pancaran bisa 360 derajat ke seluruh arah.

2. Untuk *security* yang lebih baik *embedded system* bisa menggunakan EEPROM sehingga tidak perlu memberikan *code secret* kepada team yang memasang *chamber* di lapangan.
3. Dapat menggunakan perangkat *embedded system* yang lebih memadai secara spesifikasi, sehingga untuk *upload* data bisa lebih stabil lagi (diatas 91.025%) dan tidak banyak *data loss* (data tidak sampai ke *database*).



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khalili.A, Al-Turki. R, Al-Hashimi.M (2016). Embedded System Design for Monitoring CO2 Levels in Indoor Environments, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, Las Vegas, NV, USA*, 2016, hlm. 548-551.
- Andry, J. F. (2016). Sistem Informasi Monitoring Proyek Furnitire di PT. XYZ. *STUDIA INFORMATIKA: JURNAL SISTEM INFORMASI*, 9(2), 213. <https://doi.org/10.15408/SIJSI.V9I2.7650>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *International Journal of Computer Networks*, 54(15), 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Chabla, R.G., Avilés, K.R., Morán, C., Grijalva, P. & Recalde, T. (2019). IoT Applications in Agriculture: A Systematic Literature Review. *2nd Intenational Conference on ICTs in Agronomy and Environment, CITAMA2019 : ICT for Agriculture and Environment*, 68-76.
- Chrismanto, A. R., Delima, R., Santoso, H. B., Wibowo, A., & Kristiawan, R. A. (2019). Developing Agriculture Land Mapping using Rapid Application Development (RAD): A Case Study from Indonesia. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(10), 232–241. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0101033>
- Daud, N. M. N., Bakar, N. A. A. A., & Rusli, H. M. (2010). Implementing Rapid Application Development (RAD) Methodology in Developing Practical Training Application System. *Proceedings 2010 International Symposium on Information Technology - System Development and Application and Knowledge Society, ITSIM'10*, 3, 1664–1667. <https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561634>
- Delima, R., Santosa, H. B., & Purwadi, J. (2017). Development of Dutatani Website Using Rapid Application Development. *IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering)*, 1(2), 36–44. <https://doi.org/10.22146/IJITEE.28362>

- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019a). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North*, 4171–4186. <https://doi.org/10.18653/V1/N19-1423>
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019b). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *NAACL HLT 2019 - 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies - Proceedings of the Conference, 1*, 4171–4186.
- Erenben, C. (2009). “Cloud computing: The economic imperative. eSchool News Special Report”. http://www-03.ibm.com/industries/global/files/esn_0309_cloud_computing_rpt.pdf?re=education&sa_message=title=cloud_computing_report.
- Egli, P. R. (2017). MQTT-Message Queueing Telemetry Transport Introduction to MQTT, a protocol for M2M and IoT applications. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13210.54721>
- Filiana, A., Galuh, A. P., Anggia, M. N. R., Virgina, G., & Susanto, B. (2020). Perancangan Data Warehouse Perguruan Tinggi untuk Kinerja Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 6(2), 2443–2229. <https://doi.org/10.28932/JUTISI.V6I2.2557>
- Kaushik, M. & Kaushik, S. (2020). An overview of Technical aspect for Wireless Fidelity (Wi-Fi- Wireless Network Technology). *International Journal of Advances in Electrical and Electronics Engineering*. <https://www.ijaeee.com> & www.sestindia.org/volume-ijaeee/ ISSN: 2319-1112
- Kodali, R. K., & Mahesh, K. S. (2016). A low cost implementation of MQTT using ESP8266. *Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016*, 404–408. <https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7917998>
- Krishanmoorthy, S., Wei, Z., Zhang, Y., Jin, H., & Dong, H. (2020). A Study on Optimization of Network latency and Pocket loss Rate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 937(1), 012054.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/937/1/012054>

- Kurniawan.,A.,(2019). *Internet of Things Projects with ESP32*, Packt Publishing Ltd, Birmingham, UK, First Published, ISBN 978-1-78995-687-0
- Kurniawan, E., (2015), Penerapan Teknologi Cloud Computing di Universitas Studi Kasus : Fakultas Teknologi Informasi UKDW, *Jurnal Eksplorasi Karya Sistem Informasi dan Sains*, 8 (1).
- Kurniawan, M. A., Fitri, I., & Hidayatullah, D. (2021). Sistem Informasi Bimbingan Skripsi Menggunakan Metode Rapid Application Development Berbasis User Centered Design. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 5(3), 838–847. <https://doi.org/10.30865/MIB.V5I3.3068>
- Madakam, S., Ramaswamy, & R., Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications* 3(5). https://www.scirp.org/html/56616_56616.htm
- Mathew, S. (2014). Overview of Amazon Web Services.
- Naz, R., & Khan, M. N. A. (2015). Rapid Applications Development Techniques: A Critical Review. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 9(11), 163–176. <https://doi.org/10.14257/ijseia.2015.9.11.15>
- Sahoo. S. K., Mohanty. S. P. (2016), Design and Development of an Embedded System for Carbon Monoxide Detection in Industries, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5 No. 12, 2016, hlm. 12380-12386.
- Saputra, L. K. P., Raharjo, W. S., & Restyandito, R. (2022). Pengembangan Sistem Pemantauan Aktivitas Pengawasan Satpam dengan Proses Validasi Dinamis QR-Code pada Aplikasi Patrolee. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 6(1), 258–270. <https://doi.org/10.30865/MIB.V6I1.3368>
- Shin, S., Kobara, K., Chuang, C.-C., & Huang, W. (2016). A Security Framework for MQTT. 2016 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS): International Workshop on Cyber-Physical Systems Security (CPS-Sec).
- Stephens, R. (2015). *Beginning Software Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.

- Suhanto, Prabowo, A.S., Sudjoko, R.,I.,& Suryono W. (2020). The Electrical Energy Usage of Monitoring System at Real-Time Using IoT as The Primary Policy of Energy Efficiency, International Conference on Advanced Mechanical and Industrial Engineering, IOP Conf.Series : Materials Science and Engineering 909 (2020) 012009 doi : 10.1088/1757-899X/909/1/012009
- Sukmandhani, A., A. (2020). *QoS (Quality of Services)*. Binus University. <https://onlinelearning.binus.ac.id/computer-science/post/qos-quality-of-services>
- Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*. (1999). <http://www.etsi.org>
- Windryani, N. P., Bogi, N., & Mayasari, R. (2019). Analisa Perbandingan Protokol MQTT dengan HTTP Pada IOT Platform Patriot.
- Yao. H, Hu. J, Li. H (2019), Design of Embedded Carbon Dioxide Concentration Detection System Based on STM32, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1243, No. 1, 2019, artikel no. 012047.
- Zeng . C, Liu. Y, Liu. C (2020). "A Low-Cost and High-Accuracy Carbon Dioxide Monitoring System Based on Embedded Systems," *IEEE Access*, Vol. 8, 2020, hal. 17876-17883.