

TESIS

**PERFORMA PERANGKAT KOMUNIKASI *WEARABLE*
TERSEMBUNYI MENGGUNAKAN ANTENA FLEKSIBEL**

*Performance of Unobtrusive Wearable Communication Device Using
Flexible Antenna*

**NURUL AISYAH JAFAR
D032202007**



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



PENGAJUAN TESIS

PERFORMA PERANGKAT KOMUNIKASI *WEARABLE* TERSEMBUNYI MENGGUNAKAN ANTENA FLEKSIBEL

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

NURUL AISYAH JAFAR
D032202007

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024



TESIS**PERFORMA PERANGKAT KOMUNIKASI *WEARABLE*
TERSEMBUNYI MENGGUNAKAN ANTENA FLEKSIBEL****NURUL AISYAH JAFAR****D032202007**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 21 Februari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Elyas Palantei, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 1969020 1199412 1 001

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., MT
NIP. 19750203 200012 2 002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

r. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.,IPM
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Elektro

Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nurul Aisyah Jafar
Nomor mahasiswa : D032202007
Program studi : Magister Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Performa Perangkat Komunikasi Wearable Tersembunyi Menggunakan Antena Fleksibel” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Elyas Palantei, ST., M.Eng., Ph.D. NIP. 19690201 199412 1 001 dan Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni ST., MT. NIP. 19750203 200012 2 002). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding 2022 The 5th 2022 International Seminar on Research Of Information Technology And Intelligent Systems (ISRITI), sebagai artikel dengan judul “A Flexible Lungs Shape Radiator Structure Printed on a Textile Materials”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 18 Februari 2024
Yang menyatakan



Nurul Aisyah Jafar



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Elektro. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Ir.H.Muh Jafar, M.si dan Ibu Hj.Hasmawati serta saudara, Nurul Sabrina Jafar, Sukma Ekawati Jafar dan Muhammad Halil Jafar dan segenap keluarga yang dengan ikhlas memberikan doa dan dukungan selama proses penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Elyas Palantei., ST., M.Eng., Ph.D, selaku pembimbing I dan Ibu Prof. Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST., MT selaku pembimbing II, terima kasih banyak atas ilmu, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT, Bapak Dr. Muhammad Niswar, ST., MIT., dan Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, ST., MIT., sebagai dewan penguji, terima kasih atas masukan dan arahnya dalam penyelesaian tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Wardi, ST. M.Eng., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Segenap Dosen Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama penulis menuntut ilmu di Universitas Hasanuddin serta segenap Pegawai Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang senantiasa membantu dalam pengurusan administrasi.
6. Teman-teman seperjuangan, Indry Artini dan teman-teman Magister Teknik Elektro lainnya atas motivasi, dukungan dan arahnya.

teman-teman dan adik-adik di Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Pendek, terima kasih atas sambutan hangat dan kesempatan



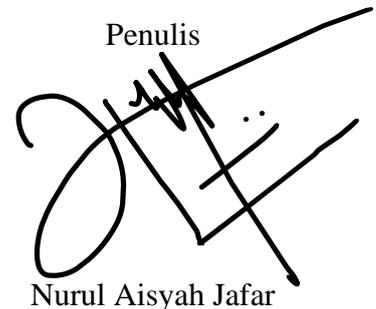
untuk bergabung dalam proyek penelitian, semoga kita bisa menyelesaikan studi dengan baik.

8. Kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu semoga senyum terbaik, doa yang tulus, motivasi, dan saran yang telah diberikan bernilai pahala.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak diharapkan untuk kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat diterima sebagai kontribusi pikiran peneliti yang mendatangkan manfaat baik bagi penulis maupun pembacanya.

Akhir kata, tiada kata yang patut penulis ucapkan selain rasa syukur dan doa, jazakumullah khairan katsiran semoga Allah Azza wa Jalla memberikan balasan dengan sebaik-baik balasan dan mengumpulkan kita kelak di sebaik-baik tempat kembali.

Penulis



Nurul Aisyah Jafar



ABSTRAK

NURUL AISYAH JAFAR. *Performa Perangkat Komunikasi Wearable Tersembunyi Menggunakan Antena Fleksibel* (dibimbing oleh **Elyas Palantei, Intan Sari Areni**)

Saat ini riset dan pengembangan terkait teknologi komunikasi *wearable* telah meningkat secara pesat dan telah diterapkan pada bidang yang luas. Sebagai satu bidang yang sangat spesifik teknologi komunikasi *wearable* tersembunyi juga telah memperoleh atensi yang luas dalam inovasinya. Teknologi ini bermanfaat bagi kehidupan manusia, dimana penggunaan perangkat ini berfungsi sebagai pengawasan anak ketika terjadi hilangnya pengawasan orang tua pada pusat aktifitas keramaian. Perangkat mutakhir ini juga sangat cocok digunaterapkan pada banyak misi intelijen para aparat keamanan sehingga perangkat ini dapat digunakan untuk sistem keamanan dan militer. Pada aktifitas riset ini perangkat komunikasi *wearable* dirancang dengan menggunakan beberapa modul seperti ESP-32 CAM, Modul GSM, Modul GPS, dan didesain antena fleksibel yang dibuat dari substrat kain flanel untuk memancarkan sinyal informasi. Pada prinsipnya, perangkat komunikasi *wearable* akan beroperasi ketika daya telah aktif. Pada kondisi ini maka perangkat komunikasi telah siap untuk digunakan dengan sensor GPS mengirimkan titik koordinat lokasi ke mikrokontroller ESP-32 CAM. Data lokasi dan hasil video *streaming* dikirim ke modul SIM800L dengan antena fleksibel sebagai penunjang pengiriman data tersebut yang untuk selanjutnya dikirim ke *interface website* yang berfungsi untuk menampilkan hasil video *streaming* dan titik koordinat lokasi sesuai keberadaan *user*. Hasil fabrikasi dari antena fleksibel menunjukkan kinerja yang baik, dimana nilai S11, VSWR dan *bandwidth* antena fleksibel bekerja pada frekuensi GSM yaitu 1.8 GHz. Pengujian dilakukan dengan 10 data dengan durasi 30 hingga 33 detik, ketika kondisi *indoor* pengujian dilakukan pada pukul 13:34 hingga pukul 17:57 sedangkan saat kondisi *outdoor* dilakukan pengujian pada pukul 14:36 hingga 19:38 dengan hasil *throughput* terbesar ketika kondisi *indoor* yaitu 393 Kbps dan *outdoor* 3793 Kbps, untuk rata-rata *delay* pada saat *indoor* memiliki hasil sekitar 0,076111 detik hingga 0,30327 detik. Sementara itu pengukuran yang dilakukan pada lingkungan *outdoor* didapatkan sekitar 0,008506 detik hingga 0,335105 detik. Pengukuran untuk *packet loss* berada pada lokasi *indoor* dan *outdoor* yaitu 0%. Dari hasil pengujian saat penggunaan perangkat komunikasi *wearable* dengan antena fleksibel menunjukkan fungsi yang diinginkan telah sesuai dan berguna mulai dari pengambilan informasi, pengiriman informasi, hingga performansi pada parameter *Quality of Service* mendapatkan hasil yang diinginkan berdasarkan parameter *Telecommunications and Internet Protocol*.

Kata kunci: Perangkat Komunikasi *Wearable*, Antena Fleksibel, *Quality of Service* (QoS).



ABSTRACT

NURUL AISYAH JAFAR. *Performance of Unobtrusive Wearable Communication Device Using Flexible Antenna* (supervised by **Elyas Palantei, Intan Sari Areni**)

Currently, research and development related to wearable communication technology has increased rapidly and has been applied to a wide range of fields. As a very specific field, hidden wearable communication technology has also gained wide attention in its innovation. This technology is beneficial to human life, where the use of this device serves as a child supervision when there is a loss of parental supervision in crowded activity centers. This cutting-edge device is also very suitable for many intelligence missions of security forces so that this device can be used for security and military systems. In this research activity, the wearable communication device is designed by using several modules such as ESP-32 CAM, GSM Module, GPS Module, and designed a flexible antenna made of felt substrate to transmit information signals. In principle, the wearable communication device will operate when the power is active. In this condition, the communication device is ready to be used with the GPS sensor sending location coordinates to the ESP-32 CAM microcontroller. Location data and streaming video results are sent to the SIM800L module with a flexible antenna as a support for sending the data which is then sent to the website interface which functions to display the streaming video results and location coordinates according to the user's presence. The fabrication results of the flexible antenna show good performance, where the S11 value, VSWR and bandwidth of the flexible antenna work at the GSM frequency, namely 1.8 GHz. Tests were carried out with 10 data with a duration of 30 to 33 seconds, when indoor conditions were tested at 13:34 to 17:57 while when outdoor conditions were tested at 14:36 to 19:38 with the largest throughput results when indoor conditions were 393 Kbps and *outdoor* 3793 Kbps, for the average delay when indoor has results around 0,076111 seconds to 0,30327 seconds. Meanwhile, measurements taken in the outdoor environment were obtained around 0,008506 seconds to 0,335105 seconds. Measurements for the largest packet loss are at indoor locations outdoor conditions are 0%. From the test results when using wearable communication devices with flexible antennas, it shows that the desired functions are appropriate and useful starting from retrieving information, sending information, to performance on Quality of Service parameters getting the desired results based on Telecommunications and Internet Protocol parameters.

Keywords: Wearable Communication Device, Flexible Antenna, Quality of Service (QoS).



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Landasan Teori	7
2.2 Arsitektur Sistem Komunikasi <i>Wearable</i>	19
2.3 Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Tahapan Penelitian	24
3.3 Mekanisme Perancangan Sistem Komunikasi <i>Wearable Prototype</i>	25
3.3.1 Alat dan Bahan	25
3.3.2 Software Pendukung Pada Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>	25
3.3.3 Skematik PCB Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>	27
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	29
Desain Antena Fleksibel	30
Prinsip Kerja Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>	32
Pengujian Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>	33



3.8	Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Perancangan Antena Fleksibel GSM	37
4.1.1	Hasil Fabrikasi Antena Fleksibel GSM.....	37
4.1.2	Hasil Pengujian Bending Antena GSM.....	39
4.2	Hasil Instalasi Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>.....	41
4.3	Hasil Pengujian Prototype <i>Wearable</i> dan Nilai QoS (<i>Quality of Service</i>) .	41
4.3.1	Lokasi <i>Indoor</i> (Dalam Gedung)	41
4.3.2	Lokasi <i>Outdoor</i> (Luar Gedung).....	46
4.3.3	Faktor yang mempengaruhi QOS dan Solusi Pemecahannya	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN.....		60



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Blok diagram battery charger secara umum	11
Gambar 2 Battery Rechargeable.....	13
Gambar 3 Modul ESP 32 CAM.....	13
Gambar 4 Modul GSM.....	15
Gambar 5 Modul GPS	16
Gambar 6 Lapisan Sistem Komunikasi Wearable (Salamah and Basari 2022) ..	19
Gambar 7 Flowchart Penelitian	24
Gambar 8 Desain Board 3D Perangkat Komunikasi Wearable.....	28
Gambar 9 Desain Case Perangkat Komunikasi Wearable.....	29
Gambar 10 Tampilan Desain Antena GSM.....	31
Gambar 11 Hasil VSWR (a) dan S-Parameter (b).....	31
Gambar 12 Prinsip Kerja Perangkat Komunikasi Wearable	32
Gambar 13 Blok Diagram Fungsional Perangkat Komunikasi <i>Wearable</i>	33
Gambar 14 Skema Pengujian Lokasi Indoor dan Outdoor.....	34
Gambar 15 Capture File Properties pada Wireshark	35
Gambar 16 Hasil Fabrikasi Antena GSM.....	37
Gambar 17 Hasil Fabrikasi Nilai VSWR	38
Gambar 18 Hasil Fabrikasi Nilai S-Parameter	38
Gambar 19 Hasil Fabrikasi Bending Vertikal, VSWR (a), S-Parameter (b).....	39
Gambar 20 Hasil Fabrikasi Bending Horizontal, VSWR (a), S-Parameter (b)..	40
Gambar 21 Penggunaan Perangkat Komunikasi Wearable pada Tubuh Manusia	41
Gambar 22 Pengujian di Lokasi Indoor.....	43
Gambar 23 Kurva Pengukuran QoS saat Kondisi Indoor, Delay (a) Jitter (b) Throughput (c) Packet Loss (d).....	45
Gambar 24 Pengujian di Lokasi Outdoor	47
Gambar 25 Kurva Pengukuran QoS saat Kondisi Outdoor, Delay (a) Jitter (b) Throughput (c) Packet Loss (d)	49



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Standarisasi kualitas QoS (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)	8
Tabel 2 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai Throughput (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)	8
Tabel 3 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai Packet Loss (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)	9
Tabel 4 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai Delay (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022).....	9
Tabel 5 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai Jitter (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022).....	10
Tabel 6 Kelebihan dan Kekurangan jenis-jenis baterai	11
Tabel 7 Penelitian Terkait	21
Tabel 8 Hasil Pengujian Nilai QoS Lokasi Indoor	43
Tabel 9 Hasil Pengujian Nilai QoS Lokasi Outdoor	48



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Gambar Proses Pembuatan Perangkat Komunikasi Wearable	60
Lampiran 2 Program Kendali untuk Perangkat Komunikasi Wearable	61



DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN SIMBOL

Istilah/Singkatan/Symbol	Arti/Penjelasan
QOS	= Quality of Service
GSM	= Global System for Mobile Communications
GPS	= Global Positioning System
TIPHON	= Telecommunications and Internet Protocol Hormonization Over Network
ADC	= Analog to Digital Converter
GUI	= Graphical User Interface
CNC	= Computer Numerical Control
IDE	= Integrated Development Environment
IC	= Integrated Circuit
IoT	= Internet of Things
VSWR	= Voltage Standing Wave Ratio
MHz	= Mega Hertz
GHz	= Giga Hertz
dB	= Desibel
bps	= Bit per second
t	= Waktu
T	= Periode
<i>f</i>	= Frekuensi
ms	= Milisecond
s	= Second
PCB	= Printed Circuit Board



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia banyak berdampak pada perilaku masyarakat Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara yang hidup dalam lingkungan global, maka mau tidak mau juga harus terlibat dalam penguasaan teknologi dan ilmu pengetahuan, khususnya untuk kepentingan negara. Sebagai negara berkembang, Indonesia dianggap belum terlalu maju dalam penguasaan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Berdasarkan data *United Nation for Development Program* (UNDP) pada tahun 2023, indeks pencapaian teknologi Indonesia berada pada urutan ke-60 dari 72 negara. Ukurannya berdasarkan kepada penciptaan teknologi yang dilihat dari perolehan hak paten dan royalti atas karya dan penemuan teknologi, yang diukur dari jumlah pengguna internet dan besaran sumbangan ekspor teknologi terhadap barang ekspor, difusi inovasi teknologi lama yang dilihat dari jumlah pengguna telepon dan pemakai listrik, tingkat pendidikan penduduk berdasarkan rata-rata lama sekolah penduduk usia 15 tahun ke atas, dan angka partisipasi kasar penduduk yang menempuh pendidikan tinggi di bidang iptek (Swastika 2023).

Salah satu bidang yang sangat menjanjikan di dunia yaitu komputasi *wearable*, yang saat ini menarik dalam pengembangan dan mencakup berbagai aplikasi yang luas di industri seperti kesehatan, hiburan, media dan komunikasi, tekstil dan aksesoris pintar, sistem keamanan dan militer. Oleh karena itu, sangat memungkinkan penerapan perangkat komunikasi *wearable* ini untuk membantu kebutuhan khususnya pada keamanan sekitar. Sistem *monitoring* keamanan yang populer saat ini yaitu menggunakan sistem *surveillance camera* yang dapat diakses dari jarak jauh, pemanfaatan sistem ini secara progresif dan efektif berdasarkan kebutuhan secara berkala dan merekam segala aktivitas yang sedang berlangsung dilokasi yang sedang dipantau, dengan indikasi ketika terjadi suatu tidak diinginkan, maka secara cepat untuk dapat di tindak lanjuti, yang apabilitas kamera difokuskan untuk mengatasi situasi sekitar (Rafika, and Gozali 2016). Kamera digunakan di seluruh dunia untuk



menegakkan hukum dan peraturan lalu lintas, serta peningkatan kondisi keselamatan di jalan raya. Penggunaan kamera berfungsi untuk mengumpulkan data fotografi melalui radar gabungan dan teknologi penangkap gambar yang dipasang di infrastruktur jalan raya dan trotoar ataupun kendaraan di atas kapal (Tang, et al. 2022).

Penelitian lainnya menjelaskan bahwa mobilitas perkotaan merupakan bagian penting dari banyak penelitian yang berkaitan dengan perencanaan kawasan perkotaan besar. Penelitian ini menjelaskan pendekatan untuk evaluasi mobilitas perkotaan sebagai dinamika geososial di wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi berdasarkan kamera *surveillance* (Kurilkin, Vyatkina and Mityagin 2015). Selanjutnya penelitian dengan judul “Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada Layanan Video *Streaming* Yang Menggunakan Protokol RTMP (*Real Time Messaging Protocol*, untuk mengukur QoS dari video *streaming* menggunakan RTMP (*Real Time Messaging Protocol*)”, yang didesain untuk performa tinggi dalam transmisi audio, video, dan data. Dengan memanfaatkan aplikasi red5, sebuah *server streaming open source* berbasis Java yang mendukung *streaming* audio, video, dan *shared object*. Dimana hasil yang didapatkan berupa hasil pengujian parameter dari *video on demand* dan *video live streaming* dengan membandingkan 2 *client* yang meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* yang diukur dengan menggunakan aplikasi *wireshark*. Untuk semua pengujian nilai QoS yang dihasilkan didapatkan nilai yang sangat baik berdasarkan pada kategori nilai TIPHON (Sangsari, Isnawaty and Aksara 2016).

Penelitian lainnya dengan judul “Perancangan Sistem Keamanan Ganda Brankas Berbasis Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM”, berdasarkan penelitian yang telah diteliti, salah satu upaya untuk mengamankan brankas adalah mengembangkan inovasi teknologi berupa notifikasi dan peringatan sistem jarak jauh melalui aplikasi telegram. Berdasarkan hal tersebut, peneliti mengusulkan suatu sistem pengamanan ruang brankas menggunakan

deteksi gerak berbasis esp32-cam dengan penyimpanan otomatis *google telegram*. Hasil dari penelitian adalah notifikasi telegram ke *user* untuk n dini yaitu 5 detik. Selain itu, sistem mampu menerima sinyal sistem



peringatan (*warning system*) hasil deteksi gerakan tergantung pada kekuatan jaringan internet (Zufri and Ikhwan 2020).

Penelitian selanjutnya yang berjudul “*An IoT Wearable Communication Prototype tested in Indoor and Outdoor Environments*” penelitian ini terdiri dari perakitan prototipe *wearable* menggunakan bahan *board* material fleksibel dari sekam padi dan pemasangan seluruh rangkaian *wearable* ke dalam pakaian yang telah dirancang sedemikian rupa agar dapat mentransfer video dan gambar secara *real-time* ke *user* yang terdaftar dan terhubung dengan perangkat. Perangkat *wearable* yang dibangun diuji secara eksperimental melalui berbagai lingkungan operasional untuk mendapatkan profil yang lebih baik mengenai karakteristik propagasi sinyal saat data dikirim dari perangkat *wearable* ke *server* atau perangkat lokal yang ditentukan. Beberapa kinerja sistem komunikasi *wearable* yang diukur selama pengujian ini yaitu karakteristik propagasi sinyal di lingkungan dalam dan luar ruangan, kualitas penerimaan video dan gambar dan jarak komunikasi maksimum antara titik akses dan *server PC / Laptop* lokal atau perangkat ponsel pintar yang ditunjuk. Dengan hasil yang didapatkan bahwa pembuatan *board* sekam padi yang telah diuji secara mekanik yaitu uji tarik diperoleh nilai tertinggi sebesar nilai 1,4699 N/mm dengan ketebalan 2 mm. sedangkan hasil uji bending pada material tersebut yaitu material dapat melengkung sampai 360 derajat sehingga dapat disimpulkan bahwa material komposit sekam padi memiliki sifat lentur dan fleksibel sesuai dengan tujuan penelitian ini membuat papan PCB yang fleksibel dari bahan ramah lingkungan dan pengujian perangkat komunikasi *wearable* yang terpasang di baju mendapatkan hasil maksimal 87 meter untuk pengujian di dalam ruangan dengan kondisi alat *wearable* telah terputus dari titik akses. Sedangkan pada pengujian di luar ruangan di dapatkan jarak maksimal 60-meter dari titik akses dengan kondisi alat *wearable* telah terputus sehingga tidak dapat mengirimkan data gambar atau video. Beberapa faktor yang mempengaruhi pengujian ini antara lain kondisi ruangan yang memiliki penghalang antara perangkat *wearable* dengan *access point* resolusi kamera, faktor cahaya, dan daerah *range* dari *access point* sangat berpengaruh terhadap jarak jangkauan (Munirman, et al. 2020).



Perangkat komunikasi wearable dengan menggunakan antenna fleksibel merupakan salah satu teknologi yang berkembang dalam dunia *wearable*. Faktor dan perkembangan teknologi termasuk penggunaan yang lebih kecil dan ringan yang bisa dikenakan tanpa terlalu mengganggu aktivitas serta pada penggunaan antenna fleksibel memungkinkan penciptaan yang dapat dilenturkan tanpa mengorbankan kinerja antenna termasuk penggunaan bahan-bahan tipis yang konduktif. Sedangkan, dari segi *monitoring* dapat menjawab masalah yang terjadi, dengan ide yang muncul untuk mengeksplorasi fungsi dari kamera, khususnya kamera yang digunakan yaitu berjenis OV2640. Implementasi kamera untuk penelitian kali ini sebagai penangkap citra digital seperti rekaman (*video, image, dan sound*) yang dapat mempermudah untuk mengawasi daerah sekitar ketika kamera sedang digunakan dan dipasang pada bagian tubuh manusia. Latar belakang penggunaan ini mencerminkan Upaya untuk menjadikan perangkat komunikasi wearable lebih praktis, nyaman dan efisien dalam menghadirkan layanan komunikasi yang handal, terutama ketika digunakan dalam menghadirkan layanan berbagai kondisi sehari-hari yang berbeda.

Kamera OV2640 yang digunakan pada penelitian ini dipakai sebagai alternatif dikarenakan harga yang murah dan efektifitas yang bergantung pada perangkat pengendali sehingga lebih fleksibel dan bersifat *wearable* untuk digunakan. Sistem *monitoring* keamanan sebagai *streaming* video sekaligus penyimpanan data menggunakan *cloud computing*. Kemudian teknologi perangkat lainnya menggunakan ESP32-CAM yang telah mendukung berbagai perangkat keras dari beberapa penelitian, seperti penelitian yang mendukung tentang sistem pengawasan terhadap lingkungan sekitar baik ruangan *indoor* maupun *outdoor*, pada penelitian ini berfokus pada pengawasan orang tua terhadap anak pada tempat keramaian yang memungkinkan terjadi hilangnya pengawasan terhadap anak, pemantauan mahasiswa pada saat melakukan beberapa kegiatan ekstra maupun internal kampus, hingga pengawasan terhadap aksi demonstrasi.

Dengan demikian, penelitian mengenai perangkat komunikasi *wearable* menggunakan antenna fleksibel memiliki potensi untuk menghadirkan perangkat yang lebih unggul dalam berbagai aspek, meningkatkan pengalaman pengguna, serta mendukung perkembangan teknologi komunikasi nirkabel.



1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat sistem komunikasi *wearable* yang dapat melihat nilai efisiensi QoS pada video *streaming*?
2. Bagaimana unjuk kerja sistem *wearable* IoT untuk *smart surveillance* yang dibuat?
3. Bagaimana performa perangkat komunikasi *wearable* saat kondisi *indoor* dan *outdoor*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian adalah:

1. Membangun sistem komunikasi *wearable* yang dapat melihat nilai efisiensi QoS pada video *streaming*
2. Mengetahui unjuk kerja sistem *wearable* IoT untuk *smart surveillance* yang dibuat.
3. Mengetahui performa perangkat komunikasi *wearable* saat kondisi *indoor* dan *outdoor*

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui performa perangkat komunikasi *wearable* dengan *streaming* video dan mengetahui unjuk kerja sistem *wearable* IoT untuk *smart surveillance* yang dibuat.
2. Bagi industri, penelitian ini diusulkan untuk memberikan kontribusi teknologi menuju revolusi industri 4.0
3. Bagi peneliti, pengaplikasian dari sejumlah konsep dan pengetahuan akan berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuan mengenai proses pembuatan perangkat hingga pemasangan komponen pada *board* pcb.

Bagi Institusi Pendidikan Magister Teknik Elektro bidang telekomunikasi, dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam



penelitian untuk pengembangan sistem telekomunikasi jarak jauh.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Materi dalam penelitian ini mengenai sistem *surveillance* kamera dengan beberapa modul yang berada didalamnya seperti ESP-32 CAM, Modul GPS dan Modul GSM.
2. Antena Fleksibel di rancang khusus untuk modul GSM dengan frekuensi 1.8 GHz.
3. Parameter QoS diantaranya yaitu: *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Quality of Service (QoS)*

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay* (Yonathan, Bandung and Langi 2011). Dari segi jaringan, QoS mengacu kepada kemampuan memberikan pelayanan berbeda kepada lalu lintas jaringan. Parameter QoS adalah *throughput*, *packet loss*, *jitter*, dan *delay*. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. *Quality of Service (QoS)*, dalam konteks teknologi informasi dan jaringan, adalah seperangkat metode, protokol, dan parameter yang digunakan untuk mengukur, mengelola, dan mengendalikan kualitas layanan yang diberikan oleh suatu sistem komunikasi atau jaringan. *Quality of Service* mengacu pada kemampuan jaringan untuk memberikan layanan yang lebih baik untuk dipilih lalu lintas jaringan lebih dari berbagai teknologi, termasuk *Frame Relay*, *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*, *Ethernet* dan 802.1 jaringan, SONET, dan jaringan IP diarahkan yang dapat menggunakan salah satu atau semua teknologi yang mendasari. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa berbagai jenis layanan atau aplikasi dapat beroperasi dengan baik, bahkan dalam kondisi jaringan yang padat atau terbatas, serta untuk memberikan prioritas termasuk *bandwidth dedicated*, *jitter* dikendalikan dan *latency* (diperlukan oleh beberapa *real-time* dan lalu lintas interaktif) dan peningkatan hilangnya karakteristik dan memastikan bahwa memberikan prioritas untuk satu atau lebih arus tidak membuat arus lain gagal. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti: Redaman, *Distorsi*, dan *Noise*. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)* mengelompokkan kualitas QoS menjadi empat kategori berdasarkan nilai parameter-parameter QoS.



Tabel 1 Standarisasi kualitas QoS (*Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022*)

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 – 3,79	75 – 94,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Tidak Memuaskan

Performansi sistem berdasarkan parameter-parameter QoS yang diuraikan sebagai berikut.

A. *Throughput*

Throughput adalah istilah yang digunakan untuk mengukur jumlah data yang berhasil dikirimkan ke penerima dalam suatu jaringan dalam suatu periode waktu tertentu atau Jumlah data yang dapat di transfer dalam satuan waktu Dengan rumus pengukuran sebagai berikut:

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Data yang berhasil di transfer}}{\textit{Waktu yang ditentukan}} \quad (1)$$

Tabel 2 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai *Throughput* (*Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022*)

Kategori Degradasi	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat baik	100%	4
Baik	75 %	3
Sedang	50 %	2
Kurang baik	< 25 %	1

B. *Packet Loss*

Packet Loss merupakan penyebab utama pelemahan audio dan video pada multimedia *streaming*. *Packet loss* dapat disebabkan oleh pembuangan paket di jaringan (*network loss*) atau pembuangan paket di *gateway*/terminal sampai terakhir (*late loss*). *Network loss* secara normal disebabkan kemacetan (*transfer overflow*), perubahan *route* secara seketika, kegagalan link, dan *lossy*



link seperti saluran nirkabel (Sangsari, Isnawaty and Aksara 2016). Dengan rumus pengukuran sebagai berikut:

$$Packet Loss = \frac{Jumlah\ paket\ yang\ hilang}{Jumlah\ paket\ yang\ dikirimkan} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 3 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai *Packet Loss* (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)

Kategori Degradasi	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat baik	0%	4
Baik	3 %	3
Sedang	15 %	2
Kurang baik	25 %	1

C. Delay

Delay merupakan sebagian waktu paket yang tidak dapat dikirimkan dengan tepat, atau *delay* merupakan selisih waktu paket diterima dengan waktu paket yang dikirimkan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Dengan rumus pengukuran sebagai berikut:

$$Delay = Waktu\ paket\ Dikirim - Waktu\ paket\ yang\ Diterima \quad (3)$$

Tabel 4 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai *Delay* (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)

Kategori Degradasi	<i>Delay</i>	Indeks
Sangat baik	< 150 ms	4
Baik	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Kurang baik	> 450 ms	1



D. Jitter

Jitter adalah jumlah variasi delay yang dimana setiap paket yang dikirimkan mempunyai delay yang berbeda-beda, meskipun berada di jalur yang sama dan akan selalu ada delay yang terjadi antar paket. Dengan rumus pengukuran sebagai berikut:

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Paket diterima}} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Total Variasi Delay} &= (\text{Delay } 2 - \text{Delay } 1) + (\text{Delay } 3 - \text{Delay } 2) \\ &+ \dots (\text{Delay } n - \text{Delay } n - 1) \end{aligned}$$

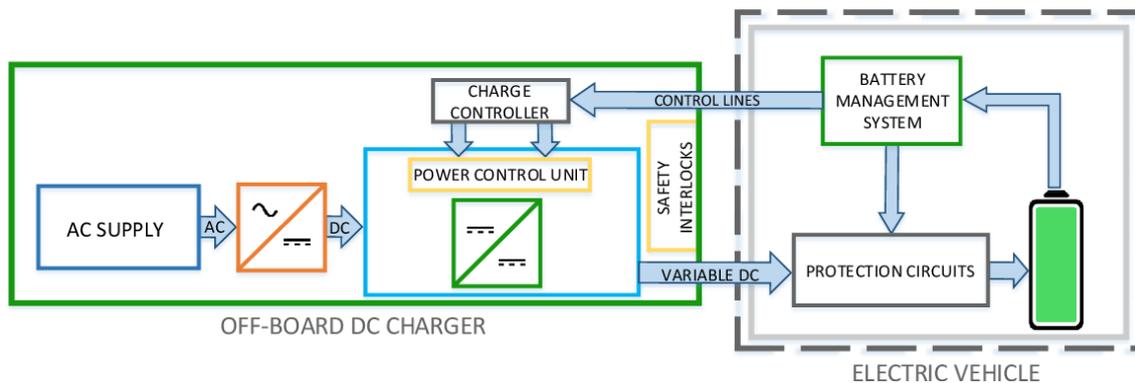
Tabel 5 Standarisasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Nilai *Jitter* (Subektiningsih, Renaldi and Ferdiansyah 2022)

Kategori Degradasi	<i>Jitter</i>	Indeks
Sangat baik	0 ms	4
Baik	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Kurang baik	125 s/d 225 ms	1

2.1.2 Battery Rechargeable

Battery charger adalah alat yang digunakan untuk mengisi daya baterai isi ulang dari sumber Listrik. *Off-Board battery charger* berada diluar kendaraan Listrik yang dapat mengalirkan daya DC ke baterai kendaraan Listrik, karena disamping dipakai pada sepeda listrik juga digunakan sebagai power supply alat alarm kebakaran, CCTV, lampu darurat, dan lain-lain.





Gambar 1 Blok diagram *battery charger* secara umum

Battery charger secara umum memiliki bagian-bagian seperti pada **Gambar 1**. Sumber yang digunakan pada *battery charger* adalah Listrik AC (*Alternating Current*). AC/DC Converter berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC. DC Converter berfungsi mengubah tegangan dan arus DC sesuai dengan kebutuhan baterai. *Charge Controller* berfungsi sebagai *feedback* untuk DC Converter dengan input yang berasal dari BMS (*Battery Management System*) dan mengubah besar arus *output* sesuai dengan *feedback* yang diberikan/ (Ronanki, Kelkar and Williamson 2019).

Berbagai macam jenis *battery charger* diantaranya yaitu baterai *lithium-ion*, baterai *lithium polymer* (Li-Po), Baterai Ni-MH, dan baterai *Lead Acid*. Bahan elektroda baterai *lithium-ion* adalah senyawa litium interkalasi sedangkan pada baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk menyerupai lapisan plastic film tipis. Baterai Ni-MH menyimpan energi menggunakan ion hidrogen. Baterai *Lead Acid* menggunakan asam timbal (*Lead Acid*) sebagai bahan kimianya. Baterai *Lead Acid* menghasilkan listrik dengan mengubah pelat timbal menjadi timbal-sulfur-oksida. Pada saat *charging* baterai, proses tersebut dibalik (*reverse*).

Tabel 6 Kelebihan dan Kekurangan jenis-jenis baterai

Jenis Baterai	Kelebihan	Kekurangan
	Tanpa efek memori	Memeiliki <i>live time</i> yang pendek dari 2 sampai 3 tahun dari tanggal pembuatan.
	Memiliki kepadatan energi yang	Mengalami degradasi lebih cepat



Jenis Baterai	Kelebihan	Kekurangan
<i>Lithium – ion</i>	sangat tinggi, sehingga banyak energi yang dapat disimpan di dalamnya.	jika mereka terkena panas dibandingkan dengan paparan suhu normal.
	Kehilangan energi yang lambat saat tidak digunakan.	Dapat mengalami penuaan, meskipun tidak digunakan
<i>Li-Po</i>	Empat kali kepadatan energi baterai Nickel Cadmium (Ni-Cad) atau Nickel-metal Hydride (NiMH).	Memiliki <i>live time</i> yang lebih pendek daripada baterai NiMH dengan rata-rata hanya 300-400 siklus jika dirawat dengan baik
	Baterai Li-Po sangat ringan dan lentur, dan dapat dibuat hampir dalam semua ukuran atau bentuk	Jika mengalami overcharge atau overheat baterai akan terbakar
	Baterai Li-Po lebih tahan benturan dibandingkan baterai lainnya.	Biaya pembuatan baterai LiPo tinggi
<i>Lead-Acid</i>	Murah, andal, impedansi internal yang rendah	Ukurannya besar dan berat
	Dapat dibiarkan dalam kondisi trickle atau float charge untuk waktu yang lama.	Efisiensi tipikal coulomb charge 70%
	Dapat mengalirkan arus listrik yang tinggi,	Memiliki bahaya overheating saat charging, tidak cocok untuk fast charging
Ni-MH (<i>Nickel-Metal Hydride</i>)	Kapasitas lebih tinggi 30 – 40 persen dibandingkan baterai Ni-Cd	Perlu maintenance rutin untuk mencegah kristalisasi
	Ramah lingkungan	Waktu charging lebih lama, karena menghasilkan panas saat charging
	Penyimpanan dan transportasi lebih mudah	Self-discharge yang tinggi, performa menurun jika ditempatkan di tempat yang bersuhu tinggi

Tegangan kerja pada baterai *rechargeable* adalah 3,7 Volt untuk 1 baterai, akan tetapi ini digunakan 3 baterai yang disusun secara seri, sehingga menghasilkan maksimal sebesar 11.1 volt, yang artinya tegangan baterai tersebut lebih



sehingga diperlukan pemasangan modul *step down* LM2596. Sedangkan kemampuan untuk menyimpan arus listrik beragam tergantung pada produksinya.



Gambar 2 *Battery Rechargeable*

2.1.3 ESP 32 CAM

ESP-32 CAM merupakan mikrokontroler pengembangan ESP-32 berbiaya rendah dilengkapi dengan kamera *on-board* dan berukuran kecil. Karena sudah dilengkapi dengan *WiFi* dan *Bluetooth*, maka sangat ideal digunakan untuk aplikasi IoT, perangkat rumah pintar dan yang lainnya. ESP CAM untuk penelitian ini bertujuan untuk membuat perangkat yang berguna sebagai pengontrol kamera OV2640 bersama modul gps dan modul gsm. Serta memungkinkan untuk mengatur *server web streaming* yang digunakan untuk penelitian ini dan membangun kamera pengintai yang terintegrasi dengan sistem dan deteksi *surveillance* yang dibuat.



Gambar 3 Modul ESP 32 CAM



Berikut merupakan beberapa fitur utama dan informasi yang penting tentang ESP 32:

- A. Mikrokontroler ESP32: ESP32-CAM didukung oleh mikrokontroler ESP32, yang memiliki kemampuan wifi dan *Bluetooth* terintegrasi. Ini membuatnya cocok untuk berbagai proyek berbasis IoT yang memerlukan konektivitas nirkabel.
- B. Kamera OV2640: dilengkapi dengan kamera OV2640, yang memiliki resolusi 2 megapiksel yang memungkinkan untuk mengambil gambar maupun video dengan kualitas yang cukup baik.
- C. Slot Kartu MicroSD: dilengkapi dengan slot kartu microSD yang memungkinkan untuk menyimpan gambar dan video yang telah diambil oleh kamera.
- D. Pinout Ekstensibel: dilengkapi dengan sejumlah pin eksternal yang memungkinkan untuk menghubungkan sensor tambahan, seperti LED, atau perangkat lainnya ke ESP32-CAM.
- E. Antena Wifi Eksternal: dapat meningkatkan koneksi dengan menghubungkan wifi eksternal, yang dapat meningkatkan jangkauan dan stabilitas koneksi wifi.
- F. Programmable via Arduino IDE: dapat mengembangkan perangkat lunak untuk ESP32-CAM dengan menggunakan Arduino IDE dengan bantuan library dan Pustaka yang telah tersedia.
- G. Mendukung streaming Video: modul ini memiliki kemampuan untuk mengalirkan video secara langsung melalui wifi, yang cocok untuk proyek seperti pemantauan keamanan atau proyek yang melibatkan streaming video secara nirkabel.

2.1.3 GSM Module

Modul SIM800L merupakan salah satu jenis modul GSM/GPRS serial yang paling populer digunakan oleh para peneliti, maupun profesional elektronika untuk berbagai keperluan pengendalian jarak jauh. Untuk saat ini terdapat beberapa tipe dari *Breakout Board*, tetapi yang paling banyak dijual di Indonesia yaitu versi mini dengan kartu GSM jenis Micro SIM. Modul GSM SIM800L berguna untuk memperoleh data saluran komunikasi GPRS atau SMS, pemilihan modul ini, selain ukuran sumpsi daya yang cukup kecil juga sangat penting.



Modul SIM800L dirancang untuk menghubungkan perangkat ke jaringan seluler GSM/GPRS yang memungkinkan perangkat untuk melakukan panggilan suara, mengirim dan menerima pesan teks, dan mengakses internet melalui jaringan seluler. SIM800L berkomunikasi dengan perangkat mikrokontroler atau computer melalui antarmuka serial (UART), yang membuatnya mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino.

Berikut merupakan gambar modul GSM dengan tipe SIM800L yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 4 Modul GSM

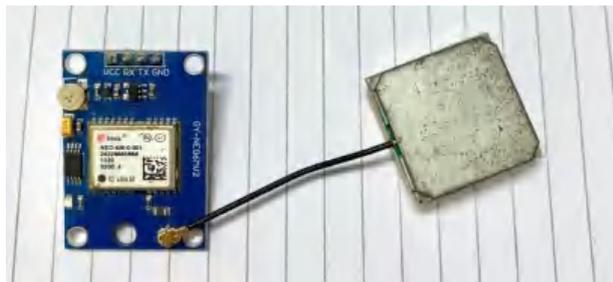
Modul ini berkomunikasi menggunakan port UART dan mendukung perintah 3GPP TS dan dapat membuat dan menerima panggilan suara via headset atau speaker dan microphone, dengan antenna spring yang digunakan yaitu (3dBi, 50 ohm, dan SWR <2). Modul SIM800L ini menggunakan port TTL serial port, sehingga dapat langsung diakses menggunakan mikrokontroler tanpa perlu memerlukan MAX232. Terdapat Led pada modul yang berfungsi sebagai indikator, apabila ada sinyal GSM maka akan berkedip perlahan, tetapi apabila tidak ada sinyal maka akan berkedip cepat. Modul ini bekerja pada tegangan rendah, yang membuatnya cocok untuk aplikasi bergerak atau baterai, modul GSM ini menggunakan ic chip: SIM800. Tegangan ke Vcc: antara 3.7 – 4.2 Vdc dan disarankan menggunakan 3.7 Vdc agar tidak terdapat notifikasi “*over voltage*”.

2.1.4 GPS U-blox Neo 6M Module

Modul GPS Neo 6M merupakan modul GPS yang dapat berkerja dengan Arduino Uno dan Arduino Mega. Modul GPS ini memiliki fitur sebagai



mesin penentu titik lokasi atau posisi. GPS UBLOX NEO 6 M yaitu berupa GPS receiver dengan 50 *channel*. Time to First Fix dalam kondisi cold start memerlukan waktu 27 detik, dalam kondisi warm start memerlukan waktu 27 detik kondisi, dalam kondisi hot start memerlukan waktu 1 detik, dalam kondisi *Aided start* memerlukan waktu kurang dari 3 detik. GPS NEO- 6M memiliki -130 dBm *tracking sensitivity and Navigation*, 0.25Hz – 10 MHz frequency of time pulse signal, dan Max navigation update rate 10 Hz. Modul ini menggunakan protokol NMEA yang merupakan protokol yang dikeluarkan oleh GPS receiver. Output data dari modul ini berupa ASCII code yang berisi informasi data koordinat lintang (*latitude*), bujur (*longitude*), ketinggian (*altitude*), waktu standart UTC (UTC time), dan kecepatan (*speed over ground*). Berikut merupakan gambar modul GPS yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 5 Modul GPS

2.1.5. Antena Fleksibel

Antena merupakan komponen dalam sistem komunikasi gelombang radio yang berfungsi untuk memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Prinsip antenna sebagai pemancar yaitu dengan mengubah gelombang merambat di ruang bebas. Antena sebagai penerima bekerja dengan mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun. Antena mikrostrip merupakan salah satu tipe antenna yang terdiri dari *patch metal* dan *grounded substrate*, yang dimana untuk memahami karakteristik radiasi terutama *cross-polarization* yang rendah. Antena mikrostrip cocok digunakan untuk permukaan planar dan non-planar, sederhana dan fabrikasi yang murah menggunakan teknologi *printed-circuit* yang modern, antenna jenis ini sangat fleksibel

si resonansi, polarisasi, pola radiasi dan impedansi. Antenna ini juga



dapat dipasang pada permukaan pesawat, satelit, rudal, modil dan bahkan perangkat seluler.

Antena fleksibel merupakan jenis antenna yang dirancang dengan bahan yang dapat membengkok atau melengkung dengan mudah. Biasanya terbuat dari material seperti kawat logam yang dilapisi dengan bahan fleksibel seperti kawat atau plastik, akan tetapi pada penelitian kali ini bahan fleksibel yang digunakan yaitu kain berbahan flannel dengan material yang dilapisi oleh *copper tape*. Bahan berjenis fleksibel ini memiliki keunggulan utama yaitu dapat menyesuaikan bentuk dengan kebutuhan, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Antenna fleksibel sering digunakan dalam perangkat nirkabel seperti ponsel, perangkat Bluetooth, dan perangkat IoT (*Internet of Things*).

Terdapat dua antenna yang digunakan dengan frekuensi berbeda, yaitu antenna original dari modul GPS dengan frekuensi kerja 1.2276 GHz dan 1.5754 GHz, sedangkan antenna lainnya yaitu antenna eksternal GSM untuk SIM800L dengan frekuensi kerja 700 MHz, 900 MHz, 1.8 GHz, dan 2.1 GHz.

A. *Printed Circuit Board (PCB)*

PCB atau *Printed Circuit Board* adalah sebuah *circuit* atau jalur - jalur rangkaian elektronik yang memiliki konduktivitas dari bahan konduktor seperti tembaga, dibuat pada sebuah *circuit board* atau papan sirkuit guna untuk penghubung antara komponen – komponen elektronik. Penggunaan PCB dalam sebuah alat elektronik sudah sangat pasti dibutuhkan, namun PCB yang digunakan secara luas mengandung banyak bahan kimia berbahaya salah satu contoh bahan tersebut adalah FR4.

Ada tiga tipe PCB yang sering digunakan yaitu *single side*, *double side* dan *multi layer*. *Single side* artinya papan PCB tersebut hanya mempunyai satu sisi dilapisi oleh lempeng tembaga. *Double side* artinya papan PCB tersebut mempunyai dua sisi yang dilapisi oleh lempeng tembaga dan lapisan fiber-nya ada diantara dua lapisan tembaga tersebut, sehingga dapat membuat jalur di layer atas maupun

bawah. *Multi layer* terdiri dari beberapa lapis tembaga yang bersifat konduktor yang disusun secara bergantian.



B. Tembaga (*Copper Tape*)

Tembaga adalah lapisan tipis pada PCB yang dilaminasi ke lapisan substrat dengan suhu tinggi tertentu dan perekat. Tergantung pada jenis PCB-nya, lapisan tembaga tipis ini hanya akan dilapisi pada satu sisi substrat untuk jenis *Single Sided* PCB. Sedangkan *Double Sided* PCB terdapat lapisan tembaga tipis di dua sisi Substrat. Seiring dengan perkembangan Teknologi manufakturing PCB saat ini, PCB telah dapat dibuat hingga 16 lapisan atau bahkan lebih dari 16 lapisan tergantung pada perancangan PCB dan rangkaian yang diinginkan.

C. Substrat

Lapisan dasar (landasan) PCB biasanya disebut dengan Substrat. Bahan Substrat yang paling umum digunakan adalah FR2 dan FR4. FR2 atau *Flame Resistant 2* adalah kertas bonding resin sintesis (*synthetic resin bonded paper*) yaitu bahan komposit yang terbuat dari kertas yang diresapi dengan resin plastik formaldehida fenol (*plasticized phenol formaldehyde resin*). Sedangkan FR4 atau *Flame Resistant 4* adalah anyaman Fiberglas yang dilapisi dengan resin epoksi (*epoxy resin*). FR4 memiliki daya serap air yang rendah, properti isolasi yang bagus serta tahan suhu panas hingga 140 derajat celcius. Namun, PCB yang berbahan FR4 lebih mahal jika dibandingkan dengan PCB yang berbahan FR2.

D. Kain Flanel

Kain flanel adalah jenis kain yang terbuat dari serat wol yang tidak melewati proses penenunan. Pembuatan kain flanel dikenal dengan sebutan wet felting yang terdiri dari proses pemanasan dan penguapan dengan campuran beragam bahan. Proses ini nantinya akan menghasilkan beragam tekstur dan jenis kain flanel, sesuai campurannya. Kain flannel itu sendiri merupakan salah satu jenis kain yang paling banyak dimanfaatkan untuk membuat aneka jenis kerajinan tangan. Salah satu alasan kenapa kain flannel dipilih sebagai bahan kerajinan tangan adalah tekstur dari kain ini yang mudah dibentuk dan harganya yang murah, selain itu untuk mendapatkan kain ini juga cukup mudah, dari 1 meter kain flannel yang harganya Rp 15.000 bisa

buat aneka kerajinan tangan seperti bros bunga aneka warna, telur hias kreatif, aneka boneka dengan dengan karakter lucu, tiruan makanan dari kain



flannel, tempat tissue dengan berbagai macam model, gantungan kunci dengan karakter boneka lucu, tempat pensil dengan berbagai model, tatakan gelas, Keychain, wadah kacamata, kuncir rambut, PIN, dan sebagainya.

2.2 Arsitektur Sistem Komunikasi *Wearable*

Wearable terdiri dari banyak lapisan dimana setiap lapisan memiliki fungsi yang berbeda. Arsitektur adalah letak dari setiap lapisan tersebut di dalam sebuah desain system. Arsitektur dari *wearable* yang di rancang terdiri dari mikroprosesor/mikrokontroler, jaringan komunikasi/ IoT service, basis data/analisis data, dan antarmuka pengguna.



Gambar 6 Lapisan Sistem Komunikasi *Wearable* (Salamah and Basari 2022)

Penjelasan untuk Gambar 6 akan dibahas sebagai berikut:

A. Lapisan 1 (Sensor)

Wearable berisi sensor untuk mendeteksi nilai berbagai parameter kesehatan seperti suhu, laju respirasi, detak jantung, titik koordinat dan lain-lain. Contoh dari sensor yang digunakan pada sistem seperti UBlox Neo-6M atau sensor GPS yang digunakan untuk mengetahui titik koordinat atau titik lokasi dari pengguna perangkat *wearable*. Sensor dipastikan untuk tidak berukuran besar yang



menyebabkan ketidaknyamanan pada pengguna. Dianjurkan sistem *wearable* menggantikan sensor tradisional dengan sensor terintegrasi tekstil berukuran kecil dan nyaman yang nyaman dikenakan untuk waktu lama

B. Lapisan 2 (Mikroprosesor/Mikrokontroler)

Mikroprosesor atau mikrokontroler berisi modul dan algoritma yang berguna untuk melakukan tugas-tugas dari setiap modul yang terhubung di lapisan ini. Beberapa system menggunakan prosesor Tunggal untuk melakukan semua tugas, dan yang lainnya menggunakan prosesor bersama dengan komponen individu yang berbeda untuk pemrosesan seperti filter analog, konverter analog ke digital (ADC) dan filter lainnya tergantung pada desain system yang digunakan.

C. Lapisan 3 (Modul Penunjang Jaringan)

Berisi modul yang menunjang adanya jaringan pada perangkat komunikasi *wearable*. Perangkat pemantauan tradisional biasanya menggunakan kabel yang bisa sangat tidak nyaman dan mengganggu pergerakan pengguna. Oleh karena itu, komunikasi nirkabel lebih dianjurkan untuk komunikasi antara prosesor atau mikrokontroler ke basis data berbasis *cloud* untuk di proses. Modul penunjang jaringan yang digunakan pada perangkat yaitu SIM800L yang mempunyai slot kartu yang akan digunakan untuk akses jaringan dari perangkat ke lapisan selanjutnya yang akan memberikan informasi melalui *Graphical User Interface* (GUI).

D. Lapisan 4 (Basis Data)

Basis data dapat bersifat lokal atau berbasis *cloud* yang menyimpan parameter atau hanya memantau pergerakan pengguna perangkat komunikasi *wearable*. Saat ini banyak layanan IoT *Cloud Framework* yang dapat membantu pengembang untuk dapat mengkonfigurasi integrasi basis data berbasis *cloud* dengan mikroprosesor dan juga menyediakan layanan seperti *cloud computing* yang membantu menanggulangi limitasi komputasi mikroprosesor dalam menjalankan algoritma *machine learning* untuk data yang didapatkan dari sensor (Salamah and Basari 2022). Data pada

berbasis *cloud* dapat diunggah melalui *wireless fidelity* (Wi-Fi) atau *packet radio service* (GPRS) dan dapat diakses di mana saja.



E. Lapisan 5 (Antarmuka Pengguna)

Perangkat *wearable* memiliki antarmuka pengguna yang beragam, seperti layar sentuh, tombol fisik, atau bahkan proyeksi data. Ini memungkinkan interaksi antara pengguna dan perangkat. Prosesor atau hasil dari *monitoring* pengguna perangkat komunikasi *wearable* menampilkan seluruh kegiatan yang ada dan menjadi informasi melalui antarmuka pengguna grafis (GUI) serta tampilan (Salamah and Basari 2022) yang khusus dirancang untuk sistem.

2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu terkait studi mengenai sistem komunikasi *wearable* beserta penggunaannya yang di rangkum ke dalam *state of the art*:

Tabel 7 Penelitian Terkait

Referensi	Judul	Metode	Hasil Penelitian
(Yullita and Afriansyah 2022)	Alat Pemantau Keamanan Rumah Berbasis Esp32-Cam	Menggunakan ESP-32 CAM dan Web Browser	<ul style="list-style-type: none"> - pemantauan untuk menghidupkan flash. - menangkap pergerakan yang ada dirumah. - pengambilan foto, video secara manual.
(Zufri and Ikhwan 2020)	Perancangan Sistem Keamanan Ganda Brankas Berbasis Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM	Microcontroller, Telegram, Esp32, safe-deposit box	<ul style="list-style-type: none"> - membuat pengamanan untuk ruang brankas, yang menggunakan ESP32-CAM - menggunakan penyimpanan otomatis pada Google Drive dan aplikasi telegram. - Notifikasi pada aplikasi telegram terkirim pada waktu 5 detik.
(Difa, Suroso and Endri 2021)	Implementasi Sistem Pengenalan Wajah Sebagai Automatic Door Lock Menggunakan Modul ESP32 CAM	ESP32-CAM dan Automatic Door Lock	<ul style="list-style-type: none"> - membuat sistem pengenalan wajah sebagai automatic door lock
(Izrofi, Utama and Putra 2021)	Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Otomatis Menggunakan Wireless Kontroler Modul Esp32-Cam Berbasis Internet of Things (Iot)	Grass Cutting Robot, ESP32-CAM, OV2640 camera module, Brushless,	<ul style="list-style-type: none"> - untuk <i>memonitoring</i> area rumput dan kontroler dengan penggerak. - Actuator dikontrol dengan web browser. - Motor Brushless dapat dikontrol dengan kecepatan putaran aktuaternya - dapat menghemat baterai 0.16v/menit dengan kecepatan maksimal.
	Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler dan	Mikrokontroler, Modul GSM SIM800L, Arduino Uno, Short Message Service (SMS), Sensor	<ul style="list-style-type: none"> - mendeteksi aksi pencurian sepeda motor diarea parkir - menggunakan sensor getaran SW420 - menggunakan sensor tegangan yang



Referensi	Judul	Metode	Hasil Penelitian
	Modul GSM	Tegangan, Sensor Getaran SW420, Relay 4 Channel, Modul Bluetooth HC05, Buzzer, Android Studio versi 3.1	dipasangkan pada kabel kunci kontak motor <ul style="list-style-type: none"> - dapat memberikan notifikasi kepada pemilik ketika terjadi usaha pencurian sepeda motor (bahaya) melalui SMS - dapat menghidupkan dan mematikan mesin sepeda motor yang sedang nyala dengan Relay 4 channel.
(Rafika, Saefullah and Gozali 2016)	<i>Wireless Surveillance Camera with AMC (Automatic Motion Captures) System</i>	Sensor Passive Infrared (PIR) KC7783R, <i>Hardware Raspberry Pi B</i> , Kamera <i>Webcam C170</i> , <i>Wireless TP-LINK WN722N</i> , <i>Smartphone</i> , Aplikasi <i>Twitter</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - menangkap gambar (<i>captures</i>) secara otomatis tanpa input dari operator - alat untuk mendeteksi gerakan manusia. - Raspberry Pi mampu membaca input dan output dari sensor PIR dan <i>webcam</i> - Program python dari Raspberry Pi ber fungsi dalam menangkap obyek gerakan yang dapat di tampilkan dari twitter. - Twitter dapat melakukan <i>monitoring</i> secara real-time dari menampilkan gambar pada format .jpg dan waktu kejadian.
(Ryzkiansyah, Kurniawan and Prasetyo 2018)	Perancangan Smart <i>Surveillance System</i> Pada Smarthome Menggunakan NI MyRIO	LabVIEW 2015, Template Matching, Accelerometer, LabVIEW, Program Email, Aplikasi Android Data <i>Dashboard</i> , Kamera Logitech C270, Buzzer dan NI MyRIO.	<ul style="list-style-type: none"> - untuk membandingkan dan mencocokkan gambar template dan gambar pembanding. -Posisi kontroler dapat menentukan nilai dari sensor accelerometer. - Jika nilai accelerometer berubah maka sensor buzzer akan menyala. - Email akan terkirim kepada pemilik sistem ketika <i>server</i> yang digunakan adalah <i>smtp.gmail.com</i>
(Ayuningtyas and Ilman 2021)	<i>Ip Camera Surveillance System Using Android Application Based on Arduino</i>	Arduino Uno, Arduino Ethernet Shield, IP kamera, Android, Sensor PIR, <i>Website</i>	<ul style="list-style-type: none"> - untuk meningkatkan keamanan pada ruang yang berisi barang berharga - menggunakan IP kamera sebagai tool utama dan sensor PIR sebagai pendeteksi Gerakan, - dapat menerima informasi tentang keamanan ruangan dalam kondisi realtime melalui aplikasi android. - Jarak maksimum sensor PIR untuk mendeteksi objek adalah 480 cm - IP kamera mengirimkan hasil pantauan gerakan dalam bentuk snapshot yang kemudian dikirim ke <i>website</i> pengguna. - sistem pemantauan ini tidak dapat menggunakan router seluler karena kecepatan ransfer datanya lambat.
(Sangsari, Isnawaty and Aksara 2016)	Analisis QoS (<i>Quality of Service</i>) Pada Layanan Video <i>Streaming</i> Yang Menggunakan protokol Rtmp (<i>Real Time Messaging Protocol</i>)	Analisis QoS menggunakan Protokol RTMP (Real Time Messaging Protocol)	<ul style="list-style-type: none"> - membandingkan 2 client dengan mengukur nilai QoS dengan menggunakan aplikasi wireshark. - Untuk semua pengujian nilai QoS yang dihasilkan dari data yang diteliti berada pada nilai yang sangat baik berdasarkan pada kategori nilai TIPHON.



Referensi	Judul	Metode	Hasil Penelitian
(Munirman, et al. 2020)	<i>An IoT Wearable Communication Prototype Tested in Indoor and Outdoor Environments</i>	Penelitian ini dikembangkan prototipe perangkat <i>wearable</i> yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan material komposit serat sekam padi untuk mengkonstruksi Papan PCB yang fleksibel sebagai jalur sirkit dan shield modul komponen IoT dan diuji secara praktis	<ul style="list-style-type: none"> - mendapatkan hasil maksimal 87meter untuk pengujian di dalam ruangan dengan kondisi alat <i>wearable</i> telah terputus dari titik akses. - Pada pengujian di luar ruangan di dapatkan jarak maksimal 60meter dari titik akses dengan kondisi alat <i>wearable</i> telah terputus sehingga tidak dapat mengirimkan data gambar atau video. - Faktor yang mempengaruhi pengujian ini antara lain kondisi ruangan yang memiliki penghalang antara perangkat <i>wearable</i> dengan akses point, resolusi kamera, faktor cahaya dan daerah range dari <i>access point</i> sangat berpengaruh terhadap jarak jangkauan.
(Gura, et al. 2021)	<i>A Complex for Monitoring Transport Infrastructure Facilities Based on Video Surveillance Cameras and Laser Scanners</i>	Menggunakan model kompleks untuk pemantauan fasilitas infrastruktur transportasi berdasarkan penggunaan bersama kamera video dan pemindaian laser sebagai sumber informasi permanen dan periodik tentang struktur Teknik masing-masing.	<ul style="list-style-type: none"> - Didapatkan struktur sistem cerdas untuk dukungan dan pengambilan keputusan yang disajikan dalam bentuk grafik sebagai diagram blok kompleks pemantauan stasioner berdasarkan kamera pengintai. - Didapatkan tentang kelayakan dan prospek penggunaan kompleks tersebut untuk kebutuhan pemantauan fasilitas infrastruktur teknik, serta dampak perkembangan teknologi yang digunakan di dalamnya terhadap kemajuan dunia pada umumnya.
(Yoshiura and Neya 2010)	<i>USB memory for surveillance camera software</i>	Mengusulkan system perangkat lunak menggunakan kamera <i>surveillance</i> yang berjalan pada <i>Personal Computer</i> tanpa <i>hard disk</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Beberapa bagiannya terkadang tidak dapat digunakan karena merupakan bagian yang memiliki sesuatu yang salah. - Penggunaan hard disk pada komputer pribadi untuk sistem kamera pengintai harus dihindari. Oleh karena itu, sistem kamera <i>surveillance</i> menggunakan memori USB lebih baik digunakan daripada mengganti <i>hard disk</i>.
(Shim and Cho 2015)	<i>Mobile Robot Localization using External Surveillance Cameras at Indoor</i>	Menggunakan pendekatan metode baru untuk lokalisasi robot seluler di dalam ruangan dengan menggunakan dua kamera jarak jauh yang dipasang di langit-langit ruangan. Pendekatan yang digunakan adalah teknik pemetaan dua dimensi antar citra kamera dan sistem koordinat bidang citra tanah.	<ul style="list-style-type: none"> - Di dapatkan Dua bidang gambar kamera yang disatukan menjadi satu bidang gambar datar pada tampilan udara dan menghasilkan peta dua dimensi. - Batas kesalahan posisi dari peta dua dimensi yang dikembangkan berada dalam jarak 7,1 cm.

