

**RANCANG BANGUN *WIRELESS SENSOR NETWORK* PADA
PURWARUPA SISTEM PEMANTAUAN *BASE TRANSCEIVER*
STATION BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Alhakim Refiyandra Hidayat

219441029



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* pada Purwarupa
Sistem Pemantauan *Base Transceiver Station* Berbasis *Internet of Things***

Oleh:

Alhakim Refiyandra Hidayat

219441029

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 15 Agustus 2023

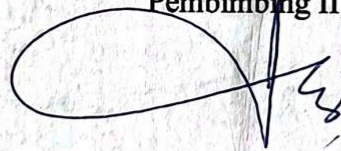
Disetujui,

Pembimbing I,



Ridwan, S.ST., M.Eng.
NIP. 197806122001121002

Pembimbing II,



Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.Sc., M.Eng.
NIP. 198004282008101001

Disahkan,

Penguji I,



Ir. Bolo Dwiartomo,
M.Eng.
NIP. 196810301995121001

Penguji II,



M. Nursyam Rizal,
S.Tr.T., M.Sc.
NRP. 221409009

Penguji III,



Gun Gun Maulana,
S.Pd., M.T.
NIP. 198204272014041001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Alhakim Refiyandra Hidayat
NIM	: 219441029
Jurusan	: Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	: Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	: Diploma 4
Jenis Karya	: Tugas Akhir
Judul Karya	: Rancang Bangun <i>Wireless Sensor Network</i> pada Purwarupa Sistem Pemantauan <i>Base</i> <i>Transceiver Station</i> Berbasis <i>Internet of Things</i>

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Alhakim Refiyandra Hidayat)
NIM 219441029

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alhakim Refiyandra Hidayat
NIM : 219441029
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* pada Purwarupa Sistem Pemantauan *Base Transceiver Station* Berbasis *Internet of Things*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 15 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Alhakim Refiyandra Hidayat)
NIM 219441029

MOTO PRIBADI

Veni, vedi, vici.

Aku datang, aku lihat, aku taklukan.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* pada Purwarupa Sistem Pemantauan *Base Transceiver Station* Berbasis *Internet of Things*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mochammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rockim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti S.T., M.Sc.,
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng, dan Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.Sc., M.Eng.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Eng., Bapak M. Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan Bapak Gun Gun Maulana, S.Pd., M.T
6. Seluruh panitia tugas akhir AE 2022/2023.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Sufi Sufiyani dan Bapak Reza Yadi Hidayat yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman AED'19 dan TRO 2019 yang sudah memberikan dukungan baik moral maupun moril.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 15 Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Pemantauan pada *Base Transceiver Station* diperlukan untuk menjaga sistem BTS terantau dan terpelihara. Salah satu permasalahan yang ada adalah sistem pemantauan yang masih dilakukan secara manual atau dengan tenaga manusia, sehingga terdapat kecenderungan informasi data yang tidak akurat dan tidak *real-time*. Kemudian pelaporan perawatan dan pemeliharaan yang tidak terorganisir. Oleh karena itu, dibuat suatu purwarupa sistem pemantauan BTS dengan mengaplikasikan konsep *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things*. Tujuan dari penelitian untuk mengaplikasikan *wireless sensor network* pada purwarupa sistem pemantauan BTS, menciptakan purwarupa sistem pemantauan yang *real-time*, dan sistem pelaporan perawatan dan perbaikan yang terorganisir. Sistem pemantauan ini mencakup pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22, pelacakan antena BTS menggunakan sensor E-18 *proximity infrared* dan pendeteksi gas dan asap menggunakan sensor gas MQ-2. Mikrokontroler Arduino dan modul radio nRF240L01 digunakan sebagai *transceiver* konsep *wireless sensor network*, ESP32 sebagai modul *Internet of Things* dan Firebase menjadi *server* dan *database*. Semua data sensor akan menjadi kumpulan *nodes* yang dikirim dan diterima oleh *server* dan *database*. Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode *waterfall*. Hasil penelitian ini yaitu didapatkan seluruh sistem berhasil dijalankan sesuai kebutuhan, mulai dari aplikasi *wireless sensor network* hingga IoT. Terdapat nilai *packet loss* yang diukur pada setiap *nodes* dengan jarak 8,18,28, hingga 38 meter dan 8 meter untuk dalam ruangan. Secara keseluruhan, rentang *packet loss* berada pada 0,2 -- 1,2 % yang masih tergolong baik. Kemudian rata-rata *delay* koneksi ke *server/database* berada pada 0,04964 s.

Kata kunci: Pemantauan *BTS*, *Wireless Sensor Network*, nRF240L01, Perawatan *BTS*, Flutter

ABSTRACT

Monitoring at the Base Transceiver Station is needed to keep the BTS system monitored and maintained. One of the problems that exist is the monitoring system that is still carried out manually or with human labor, so there is a tendency for inaccurate and not real-time data information. Then unsynchronized maintenance and maintenance reporting. Therefore, a prototype BTS monitoring system was made by applying the concept of Wireless Sensor Network based on the Internet of Things. The purpose of the research is to apply wireless sensor network to BTS monitoring system prototypes, create real-time monitoring system prototypes, and organized maintenance and repair reporting systems. This monitoring system includes temperature and humidity monitoring using DHT22 sensors, BTS antenna tracking using E-18 proximity infrared sensors and gas and smoke detectors using MQ-2 gas sensors. The Arduino microcontroller and nRF240L01 radio module are used as transceivers of the wireless sensor network concept, ESP32 as the Internet of Things module and Firebase as servers and databases. All sensor data will be a collection of nodes sent and received by the server and database. The research method used uses the waterfall method. The result of this research is that all systems are successfully run as needed, ranging from wireless sensor network applications to IoT. There is a packet loss value measured on each node with a distance of 8, 18, 28, up to 38 meters and 8 meters for indoors. Overall, the packet loss range is at 0.2 -- 1.2% which is still relatively good. Then the average delay of connection to the server/database is at 0.04964 s.

Keywords: *BTS Monitoring, Wireless Sensor Network, nRF240L01, BTS Maintenance, Flutter*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 <i>Base Transceiver Station</i>	II-1
II.1.2 <i>Wireless Sensor Network</i>	II-1
II.1.3 Topologi <i>Star</i>	II-2
II.1.4 <i>Internet of Things</i>	II-3
II.1.5 <i>Preventive Maintenance</i>	II-3
II.2 Tinjauan Alat.....	II-4
II.2.1 Mikrokontroler Arduino Nano R3	II-4
II.2.2 Mikrokontroler Arduino Uno.....	II-4
II.2.3 ESP32.....	II-5
II.2.4 Sensor <i>Proximity Infrared</i> E18-D80NK	II-5
II.2.5 Sensor suhu dan kelembaban DHT22	II-6
II.2.6 Sensor Gas MQ-2.....	II-6

II.2.7	<i>Radio module nRF24L01</i>	II-7
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-7
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian	III-1
III.2	Gambaran umum sistem	III-2
III.3	Metode Penyelesaian	III-3
III.3.1	Studi Literatur	III-3
III.3.2	Analisis Kebutuhan	III-3
III.3.2.1	Analisis perbandingan kebutuhan sensor	III-3
III.3.2.2	Analisis kebutuhan <i>hardware</i>	III-4
III.3.2.3	Analisi kebutuhan <i>software</i>	III-5
III.3.3	Rancangan Sistem	III-6
III.3.3.1	Rancangan Program	III-6
III.3.3.2	Rancangan Elektrik	III-9
III.3.3.3	Rancangan Antarmuka	III-12
III.3.4	Implementasi Sistem	III-15
III.3.5	Pengujian Sistem	III-15
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Implementasi sistem	IV-1
IV.1.1	Implementasi antarmuka dan <i>database</i>	IV-1
IV.1.2	Implementasi notifikasi Telegram	IV-8
IV.1.3	Implementasi <i>hardware</i>	IV-9
IV.2	Pengujian sistem	IV-10
IV.2.1	Pengujian fungsi sistem	IV-10
IV.2.2	Pengujian sensor DHT22	IV-12
IV.2.3	Pengujian notifikasi Telegram	IV-14
IV.2.4	Pengujian <i>packet loss</i>	IV-17
IV.2.5	Pengujian <i>delay</i> koneksi dengan <i>server/database</i>	IV-23
V	BAB V KESIMPULAN	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA		xvii
LAMPIRAN		xx
Lampiran 1 Program Flutter		xx
Lampiran 2 Program Arduino Node 1 (sensor DHT22)		xxxix
Lampiran 3 Program Arduino Node 2 (sensor E18 proximity)		xli

Lampiran 4 Program Arduino Node 3 (sensor MQ-2).....	xliv
Lampiran 5 Program Arduino <i>Master/receiver</i> + serial (Arduino Nano).....	xlvii
Lampiran 6 Program Arduino Serial + <i>server</i> (ESP32).....	l
Lampiran 7 <i>Datasheet</i> sensor AKCP THS00	lii

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 <i>Wireless Sensor Network</i> [16]	II-2
Gambar II-2 Topologi <i>Star</i> [17]	II-2
Gambar II-3 Arduino Nano R3 [22]	II-4
Gambar II-4 Mikrokontroler Arduino Uno [23]	II-4
Gambar II-5 4 Pin/Port pada ESP32 [24]	II-5
Gambar II-6 Sensor <i>Proximity Infrared</i> E18-D80NK [27]	II-5
Gambar II-7 Bagian Pin dari sensor DHT22 [28]	II-6
Gambar II-8 Sensor Gas MQ-2 [29]	II-6
Gambar II-9 <i>Radio module nRF24L01</i> [30]	II-7
Gambar III-1 Metode <i>Waterfall</i>	III-1
Gambar III-2 Gambaran Umum Sistem	III-2
Gambar III-3 Rancangan alur keseluruhan sistem	III-6
Gambar III-4 <i>Flowchart</i> WSN	III-7
Gambar III-5 <i>Flowchart</i> IoT	III-8
Gambar III-6 Rancangan elektrik <i>node</i> 1	III-9
Gambar III-7 Rancangan elektrik <i>node</i> 2	III-10
Gambar III-8 Rancangan elektrik <i>node</i> 3	III-11
Gambar III-9 Rancangan elektrik <i>master</i>	III-11
Gambar III-10 Rancangan antarmuka halaman daftar	III-12
Gambar III-11 Rancangan halaman <i>login</i>	III-13
Gambar III-12 Rancangan halaman utama	III-13
Gambar III-13 Rancangan halaman <i>monitoring</i>	III-14
Gambar III-14 Rancangan halaman <i>maintenance</i>	III-15
Gambar IV-1 Hasil antarmuka <i>register</i> dan <i>login</i>	IV-1
Gambar IV-2 <i>Email</i> terdaftar di Firebase Auth	IV-2
Gambar IV-3 Daftar <i>email</i> di Cloud Firestore	IV-2
Gambar IV-4 <i>Main Dashboard</i>	IV-3
Gambar IV-5 <i>Monitoring Dashboard</i>	IV-4
Gambar IV-6 BTS 1 <i>Monitoring Page</i>	IV-5
Gambar IV-7 <i>Maintenance dashboard</i>	IV-6
Gambar IV-8 <i>Maintenance report</i>	IV-6

Gambar IV-9 Data <i>maintenance</i> pada Cloud Firestore.....	IV-7
Gambar IV-10 Implementasi Notifikasi Telegram	IV-8
Gambar IV-11 Implementasi perancangan seluruh <i>hardware</i>	IV-9
Gambar IV-12 Implementasi <i>hardware node</i> 1 (kiri) dan 2 (kanan)	IV-9
Gambar IV-13 Implementasi <i>hardware node</i> 3 (kiri) dan master (kanan)	IV-10
Gambar IV-14 Data sensor pada firebase	IV-11
Gambar IV-15 Hasil pada <i>serial print master/receiver</i>	IV-11
Gambar IV-16 Pengujian Suhu	IV-13
Gambar IV-17 Pengujian Kelembaban	IV-14
Gambar IV-18 Grafik pengujian notifikasi manual	IV-15
Gambar IV-19 Grafik pengujian notifikasi otomatis	IV-16
Gambar IV-20 Pengujian <i>packet loss</i> 8 meter.....	IV-18
Gambar IV-21 Pengujian <i>packet loss</i> 18 meter.....	IV-19
Gambar IV-22 Pengujian <i>packet loss</i> 28 meter.....	IV-20
Gambar IV-23 Pengujian <i>packet loss</i> 38 meter.....	IV-21
Gambar IV-24 Pengujian <i>packet loss</i> 8 meter (dalam ruangan)	IV-22
Gambar IV-25 Pengujian <i>delay</i> pada Wireshark	IV-23
Gambar IV-26 Grafik Pengujian <i>Delay</i> koneksi ke <i>server</i>	IV-24

DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Perbandingan Kebutuhan Sensor Suhu dan Kelembaban	III-3
Tabel III.2 Kebutuhan <i>Hardware</i>	III-4
Tabel IV.1 Pengujian Fungsi Sistem.....	IV-10
Tabel IV.2 Pengujian perbandingan suhu	IV-12
Tabel IV.3 Pengujian perbandingan kelembaban	IV-13
Tabel IV.4 Pengujian notifikasi manual.....	IV-15
Table IV.5 Pengujian notifikasi otomatis	IV-16
Tabel IV.6 Pengujian <i>packet loss</i> jarak 8 meter.....	IV-17
Tabel IV.7 Pengujian <i>packet loss</i> 18 meter.....	IV-18
Tabel IV.8 Pengujian <i>packet loss</i> 28 meter.....	IV-19
Tabel IV.9 Pengujian <i>packet loss</i> 38 meter.....	IV-20
Tabel IV.10 Pengujian <i>packet loss</i> 8 meter (dalam ruangan)	IV-21
Tabel IV.11 Hasil Pengujian <i>Delay</i> koneksi ke <i>server</i>	IV-23

DAFTAR SINGKATAN

WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
Wi-Max	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
3G	<i>Third Generation</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
PA	<i>Power Amplifier</i>
LNA	<i>Low Noise Amplifier</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Program Flutter

LAMPIRAN 2 Program Arduino *Node 1* (sensor DHT22)

LAMPIRAN 3 Program Arduino *Node 2* (sensor E18 *proximity*)

LAMPIRAN 4 Program Arduino *Node 3* (sensor MQ-2)

LAMPIRAN 5 Program Arduino *Master/receiver* + serial (Arduino Nano)

LAMPIRAN 6 Program Arduino Serial + *server* (ESP32)

LAMPIRAN 7 *Datasheet* sensor AKCP THS00

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Base Transceiver Station atau yang biasa disingkat BTS adalah perangkat yang mempunyai fungsi sebagai perangkat komunikasi antar jaringan melalui *Base Station Control* (BSC) sebagai pengontrol pancaran yang terhubung oleh sinyal radio. [1][2][3] Sistem *Monitoring* secara berkala perlu dilakukan terhadap BTS agar kinerja kondisi sistem terpantau. [1][2] Pada dasarnya, sistem *monitoring* bertujuan untuk memantau lalu lintas yang dialiri oleh suatu sistem jaringan. [4] Namun, sistem *monitoring* pada BTS dihadapkan dengan beberapa permasalahan, seperti pemantauan masih dilakukan secara manual sehingga kecenderungan adanya ketidaksesuaian data, kurang efisiennya tenaga manusia serta kurangnya informasi terkini sebelum diterjunkan di lapangan secara tidak terduga menimbulkan beberapa masalah ketika melakukan pemantauan ke lokasi BTS. [1][3][5] Lalu, hasil dari pemantauan dan perawatan tersebut masih dikirim melalui aplikasi *chat* sehingga cenderung memakan waktu yang lama dalam pengerjaan pelaporannya dan mengakibatkan dokumentasi yang tidak terorganisir. Alhasil, akan ada *penalty/hukuman* yang diberikan pada vendor/pemilik BTS. [5] Hal ini juga diperkuat apabila banyaknya BTS yang dimiliki oleh pemilik/vendor tentu akan cukup mempersulit data dan laporan yang diperoleh secara cepat dan tepat. [6] Maka, dibutuhkan suatu sistem atau aplikasi yang dapat *me-monitoring* BTS dengan menerapkan *wireless sensor network* dengan berbasis *internet of things*.

Pada beberapa studi penelitian sebelumnya, sistem *monitoring* pada BTS dilakukan dengan menerapkan konsep jaringan sensor nirkabel, yaitu *Wireless Sensor Network*. *Wireless sensor network* atau disingkat WSN merupakan jaringan nirkabel dengan biaya dan daya yang rendah. Jaringan ini terdiri dari banyaknya *nodes* sensor cerdas untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan sekitarnya, seperti temperatur, kelembaban, tekanan, dan lainnya di lokasi atau tempat yang berbeda-beda. [1] Implementasi WSN untuk sistem atau aplikasi *monitoring* pada BTS diterapkan menggunakan *Router* TP-Link TL-MR3020 sebagai perangkat

WSN dengan membuat sistem peringatan dini (*early warning system*) sehingga memudahkan *maintenance* dalam melakukan *troubleshooting* atau *preventive*. [3] Modul nirkabel frekuensi radio nRF24L01 digunakan sebagai perangkat WSN yang terhubung dengan beberapa sensor (*voltage, current, humidity & temperature*) untuk *me-monitoring environment shelter* BTS. SMS Gateway menjadi keluaran dengan menggunakan komunikasi RS-232 sebagai *interfacing* data untuk *me-monitoring power* pada BTS.[7] Cloud dan IoT dijadikan sebagai sistem monitoring atau kondisi otomatis pada Sistem kondisi otomatis atau *monitoring* pada *shelter* BTS. Pada penelitian ini, sensor DHT11 dan PIR terhubung dengan Rasberry Pi4. [8] Dilakukan prototipe desain dari sistem monitoring BTS berbasis IoT. Pada penelitian ini, sistem *monitoring* pada BTS dimana terpasang 5 sensor utama sebagai parameter untuk *monitoring* BTS secara *real-time*. Kelima sensor itu berupa, ZMPT101B (sensor tegangan), sensor voltase DC untuk mengukur tegangan baterai, MC38 (sensor magnetik) yang diletakan pada pintu, SW420 (sensor getar), dan DHT22 (sensor suhu dan kelembapan). [9] Modul nRF24L01 digunakan sebagai perangkat *transceiver* WSN pada sistem keamanan dan pemantauan rumah dengan berbasis IoT yang dikirimkan melalui SMS sebagai alarm pesan. [10] Protokol RF24 dalam *wireless sensor network* digunakan pada lahan pertanian untuk pemantauan agar dapat mempertahankan kondisi dari tanaman secara maksimal. Topologi yang digunakan adalah topologi *mesh*. [11]

Berdasarkan permasalahan di atas, dibutuhkan suatu sistem atau aplikasi berbentuk purwarupa yang dapat *me-monitoring* BTS. Purwarupa sistem pemantauan lingkungan sekitar berbasis IoT menggunakan *wireless sensor network*. [12] Kemudian, purwarupa sistem pemantauan ini mencakup keberadaan antenna [13] BTS yang dapat dideteksi pada sistem untuk mengetahui jumlah antenna pada *tower*. Terakhir, diperlukannya fitur riwayat dan pelaporan *maintenance* [6] yang dapat memudahkan teknisi dalam perbaikan dan perawatan BTS. Data-data tersebut akan disimpan ke dalam *database* dan akan ditampilkan melalui aplikasi *mobile* [14]. Aplikasi tersebut dikembangkan menggunakan Flutter *mobile framework* [14] dan *backend-as-service* Firebase [15]. Diharapkan penelitian ini menjadi sebuah purwarupa sistem pemantauan BTS yang efektif bagi perusahaan/kontraktor/vendor BTS karena bisa diakses secara melalui *mobile* serta

mencakup semua informasi pemantauan yang dibutuhkan. Kemudian, informasi tersebut dapat memudahkan dalam pelaporan dan pelaksanaan *maintenance* oleh teknisi atau *engineer*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana cara mengaplikasikan *wireless sensor network* pada purwarupa sistem pemantauan BTS?
2. Bagaimana cara menciptakan purwarupa sistem pemantauan pada BTS secara *real-time*?
3. Bagaimana cara mendeteksi keberadaan jumlah antena pada purwarupa *tower* BTS?
4. Bagaimana cara memberi fitur pelaporan dan riwayat *maintenance* pada aplikasi/sistem?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan BTS ini berupa purwarupa *tower* BTS tanpa menerapkan prinsip kerja BTS secara nyata.
2. Sistem pemantauan meliputi suhu, kelembaban, deteksi asap, dan keberadaan antena pada purwarupa.
3. Purwarupa tersebut berupa tiang dengan tinggi kurang lebih 1,85 meter dengan bahan pipa paralon dan penampang dengan duplex.
4. Rancangan jarak antar *nodes* WSN < (kurang dari) 15 m.
5. Topologi yang digunakan adalah topologi *star single hop*.
6. Penerapan purwarupa sistem pemantauan ini hanya menggunakan aplikasi *mobile* berbasis Android sebagai media antarmuka *monitoring* dan juga *maintenance*-nya.
7. Aplikasi berbasis *mobile* berbasis Android ini tidak berfokus pada *cyber security*.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengaplikasikan *wireless sensor network* pada purwarupa sistem pemantauan BTS.
2. Menciptakan purwarupa sistem pemantauan BTS secara *real-time*.
3. Mendeteksi keberadaan jumlah antena pada purwarupa *tower* BTS.
4. Memberi fitur pelaporan dan riwayat *maintenance* pada aplikasi/sistem.

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Pendidikan
Menambah wawasan dan pengetahuan bagi pendidikan mengenai konsep *wireless sensor network* yang diterapkan pada sistem pemantauan BTS berbasis IoT
2. Bagi Penelitian
Menambah dan memberikan pengetahuan pada peneliti mengenai perancangan sistem pemantauan BTS berbasis IoT dengan menerapkan *Wireless Sensor Network*.
3. Bagi Masyarakat atau Industri
Menjadi sebuah alat bantu untuk sistem pemantauan BTS yang efisien dan efektif.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil penelitian tugas akhir berupa implementasi dan pengujian sistem,

BAB V KESIMPULAN, berisi kesimpulan pada hasil penelitian tugas akhir berdasarkan rumusan masalah yang dibuat.