



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI JANGKAUAN ANTENA YAGI-UDA DALAM
SISTEM MONITORING LAHAN PERTANIAN BERBASIS
MODUL NRF24L01**

TESIS

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai
derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Komunikasi
Broadband**

**MUHAMMAD MIQDAD HAIDAR DZAKY
2309511011**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 1 Juli 2025

Muhammad Miqdad Haidar Dzaky
2309511011

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Miqdad Haidar Dzaky
NIM : 2309511011

Tanda Tangan : 
Tanggal : 1 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh :

Nama : Muhammad Miqdad Haidar Dzaky
NIM : 2309511011
Program Studi : Rekayasa Komunikasi Broadband
Judul : Optimasi Jangkauan Antena Yagi-Uda Dalam Sistem Monitoring Lahan Pertanian Berbasis Modul nRF24L01

telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Jumat tanggal 18 Juli tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. Tossin Alamsyah, ST., MT. (.....)

Pembimbing II : Dr. I Ketut Agung Enriko, S.T., M.Sc. (.....)

Penguji I : Dr. Yenniwarti Rafsyam, S.ST., M.T.. (.....)

Penguji II : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. (.....)

Penguji III : Dr. Sutiyo, S.T., M.Eng. (.....)

Depok, 18 Juli 2025

Disahkan oleh
Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Isdawimah, S.T., M.T
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan petunjuknya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul **“Optimasi Jangkauan Antena Yagi-Uda Dalam Sistem Monitoring Lahan Pertanian Berbasis Modul nRF24L01”**. Tesis ini disusun sebagai bagian dari syarat untuk meraih gelar Magister Terapan Teknik di bidang Telekomunikasi pada Program Pascasarjana Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam kesempatan ini, penulis menghaturkan banyak terima kasih terhadap pihak-pihak yang telah turut andil memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Tossin Alamsyah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya serta dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan mengingatkan penulis sejak awal hingga akhir penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. I Ketut Agung Enriko, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya serta dengan sabar membimbing penulis untuk penyempurnaan penelitian ini.
3. Seluruh dosen dan staf akademik di Politeknik Negeri Jakarta (PNJ), yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman selama masa studi.
4. Kedua orangtua penulis, adik-adik penulis, serta sanak saudara yang tanpa lelah memberikan do’a, semangat, dan dukungan moril maupun materil.
5. Instansi tempat penulis bekerja yang telah mengizinkan dan mendukung penulis untuk melanjutkan studi ke program Magister Terapan.
6. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan tesis ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tak ada gading yang tak retak, atas dasar tersebut penulis menyadari bahwa tesis ini belum dapat dikatakan sempurna dan menyisakan ‘gap’ penelitian untuk pengembangan selanjutnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi ilmiah yang bermanfaat, khususnya di bidang pengembangan radio frekuensi dan telekomunikasi secara umum, serta menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Depok, 10 Juli 2025

Muhammad Miqdad Haidar Dzaky



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Miqdad Haidar Dzaky
NIM : 2309511011
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Optimasi Jangkauan Antena Yagi-Uda Dalam Sistem Monitoring Lahan Pertanian Berbasis Modul nRF24L01

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Depok
Pada Tanggal : 10 Juli 2025
Yang menyatakan

Muhammad Miqdad Haidar Dzaky
2309511011

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Perkembangan teknologi monitoring nirkabel dalam sektor pertanian telah mendorong kebutuhan akan sistem komunikasi data yang andal, efisien, dan hemat energi, terutama di wilayah rural dengan keterbatasan infrastruktur. Tujuan dari studi ini adalah untuk meningkatkan cakupan sistem pemantauan lahan pertanian berbasis frekuensi radio *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) dengan menggunakan antena Yagi-Uda yang disesuaikan dengan saluran transmisi yang tersedia di modul nRF24L01. Optimalisasi ini penting dilakukan untuk mengoptimalkan jarak jangkauan dari modul nRF24L01. Dalam penelitian ini, sistem pemantauan yang dibuat dapat mengukur kondisi lingkungan lahan pertanian melalui penggunaan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban), kelembaban tanah menggunakan sensor *soil moisture*, dan BH1750 (untuk mengukur intensitas cahaya) yang akan diproses data hasil pengukuran sensor-sensor tersebut menggunakan ESP32 pada sisi *node*. Data yang dikirimkan dari sisi *node* ke *gateway* ESP32 menggunakan modul nRF24L01 melalui komunikasi frekuensi radio ISM, secara otomatis diteruskan ke *Google Spreadsheet* melalui jaringan Wi-Fi pada sisi *gateway*. Modul nRF24L01 merupakan salah satu modul berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) yang bekerja pada rentang frekuensi ISM (2,4 hingga 2,525GHz). Modul nRF24L01 merupakan modul yang paling handal dibandingkan modul - modul WSN lain (Seperti LoRa, ESP32, ESP8266, dan XBee) dalam kemampuan melakukan transmisi data. Modul nRF24L01 memiliki kecepatan transfer data hingga 2 Mbps dengan jarak aktual berkisar 40 meter hingga 120 meter dengan menggunakan antena *dipole*. Dikarenakan modul nRF24L01 memiliki jarak jangkauan yang pendek tersebut, pentingnya modul nRF24L01 tersebut terdapat sebuah antena penguat yang mampu mempropagasikan sinyal dengan jarak yang jauh. Antena Yagi-Uda merupakan sebuah opsi yang ditawarkan dalam penelitian ini. Berdasarkan penelitian sebelumnya serta pengujian komparasi antena pada penelitian ini, didapatkan bahwa antena Yagi-Uda lebih unggul dibandingkan antena *Dipole* dalam pengukuran dengan standarisasi IEEE-149 di laboratorium *anechoic chamber* serta pengujian LOS dan NLOS. Penelitian ini menggunakan standarisasi IEEE-149 dengan fokus parameter uji *gain*, pola radiasi, VSWR, *return loss*, impedansi (Z), polarisasi. Didapatkan bahwa antena Yagi-Uda memiliki nilai *gain* sebesar 8,29 dB, dengan pola radiasi linier, VSWR sebesar 1,307, nilai *return loss* sebesar -15,777 dB, impedansi (Z) sebesar 39,673 Ω , jenis polarisasi antena adalah *directional*. Antena *Dipole* bawaan modul nRF24L01 memiliki nilai *gain* sebesar 2 dB, dengan pola radiasi linier, VSWR sebesar 1,813, *return loss* sebesar -10,655 dB, impedansi (Z) sebesar 81,455 Ω , jenis polarisasi antena adalah *omnidirectional*. Berdasarkan hasil uji laboratorium *anechoic chamber*, konfigurasi ideal untuk implementasi modul nRF24L01 pada *monitoring* lahan terbuka adalah menggunakan antena Yagi-Uda 10 elemen dengan *gain* sebesar 8,29 dB dapat menjangkau jarak hingga 550 meter saat kondisi LOS dibandingkan menggunakan antena *dipole* hanya dapat menjangkau jarak sepanjang 400 meter



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

saat kondisi LOS. untuk menjangkau seluruh area lahan terbuka seluas 2,5 hektar di BBPP Lembang, dibutuhkan antena *dipole* sebanyak 6 buah *node* sensor, estimasi menggunakan antena Yagi-Uda sebagai *transmitter* pada sisi node sensor membutuhkan 4 hingga 5 *node* sensor.

Kata kunci: antena Yagi-Uda, komunikasi frekuensi radio, sistem monitoring pertanian, gain, pola radiasi, VSWR, *return loss*, impedansi (Z), polarisasi, *nRF24L01*.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The development of wireless monitoring technology in the agricultural sector has driven the need for reliable, efficient, and energy-efficient data communication systems, especially in rural areas with limited infrastructure. The purpose of this study is to increase the coverage of an Industrial, Scientific, and Medical (ISM) radio frequency-based agricultural land monitoring system using a Yagi-Uda antenna adapted to the transmission channel available on the nRF24L01 module. This optimization is important to optimize the range of the nRF24L01 module. In this study, the monitoring system created can measure the environmental conditions of agricultural land through the use of DHT22 sensors (temperature and humidity), soil moisture using a soil moisture sensor, and BH1750 (to measure light intensity) which will be processed by the measurement data of these sensors using ESP32 on the node side. Data sent from the node side to the ESP32 gateway using the nRF24L01 module via ISM radio frequency communication, is automatically forwarded to Google Spreadsheet via a Wi-Fi network on the gateway side. The nRF24L01 module is a Wireless Sensor Network (WSN) based module that works in the ISM frequency range (2.4 ~ 2.525GHz). The nRF24L01 module is the most reliable module compared to other WSN modules (such as LoRa, ESP32, ESP8266, and XBee) in its ability to transmit data. The nRF24L01 module has a data transfer rate of up to 2 Mbps with an actual distance ranging from 40 meters to 120 meters using a *dipole* antenna. Because the nRF24L01 module has a short range, it is important that the nRF24L01 module has an amplifier antenna that is capable of propagating signals over long distances. The Yagi-Uda antenna is an option offered in this study. Based on previous research and antenna comparison testing in this study, it was found that the Yagi-Uda antenna is superior to the *Dipole* antenna in measurements with IEEE-149 standards in the anechoic chamber laboratory as well as LOS and NLOS testing. This study uses IEEE-149 standardization with a focus on test parameters of *gain*, radiation pattern, VSWR, *return loss*, impedance (Z), polarization. It was found that the Yagi-Uda antenna has a *gain* value of 20 dB, with a linear radiation pattern, VSWR of 1.307, a *return loss* value of -15.777 dB, an impedance (Z) of 39.673 Ω , the type of antenna polarization is directional. The *Dipole* antenna built into the nRF24L01 module has a *gain* value of 2 dB, with a linear radiation pattern, VSWR of 1.813, a *return loss* of -10.655 dB, an impedance (Z) of 81.455 Ω , the type of antenna polarization is omnidirectional. Based on the results of anechoic chamber laboratory tests, the ideal configuration for implementing the nRF24L01 module in open land monitoring is to use a 10-element Yagi-Uda antenna with a *gain* of 20 dB that can reach a distance of up to 550 meters when LOS conditions are compared to using a *dipole* antenna that can only reach a distance of 400 meters when LOS conditions. To cover the entire open land area of 2.5 hectares at BBPP Lembang, 6 *dipole* antennas are needed for sensor nodes, the estimate for using a Yagi-Uda antenna as a transmitter on the sensor node side requires 4 to 5 sensor nodes.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Keywords: *Yagi-Uda antenna, radio frequency communication, agricultural monitoring system, gain, radiation pattern, VSWR, return loss, impedance (Z), polarization, nRF24L01.*





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Bebas Plagiarisme	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan	iv
Kata Pengantar	v
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tesis untuk Kepentingan Akademik	vii
Halaman Abstrak	viii
Halaman Daftar Isi	xii
Halaman Daftar Gambar	xv
Halaman Daftar Persamaan	xviii
Halaman Daftar Halaman Simbol dan Singkatan	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Perancangan dan Parameter Antena Yagi-Uda	6
2.1.1 Menentukan panjang gelombang	7
2.1.2 Menentukan panjang elemen <i>director</i> (L_{dir})	8
2.1.3 Menentukan panjang elemen <i>driven</i> (L_{dri})	8
2.1.4 Menentukan panjang elemen reflektor (L_{ref})	8
2.1.5 Menentukan jarak antar elemen <i>director</i> (S_{dir})	9
2.1.6 Menentukan jarak antar elemen <i>director</i> dan <i>driven</i> (S_{dri})	9
2.1.7 Menentukan jarak antar elemen <i>driven</i> dan reflektor (S_{ref})	9
2.1.8 Crossbar atau Boom	9



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Parameter Performansi Antena	10
2.2.1 Menentukan <i>Gain</i>	10
2.2.2 Pola radiasi	11
2.2.3 VSWR	12
2.2.4 <i>Return loss</i>	14
2.2.5 Impedansi (Z)	14
2.2.6 Polarisasi	15
2.2.7 Komparasi Pengujian Kondisi LOS dan NLOS	16
2.2.8 Path Loss	16
2.2.9 RSSI	17
2.2.10 SNR	17
2.2.11 Medan Jauh	18
2.3 Modul nRF24L01 + PA LNA	18
2.4 Modul Mikrokontroler ESP32	21
2.5 Sensor Kelembaban Tanah	22
2.6 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22	23
2.7 Sensor BH1750	24
2.8 Sistem Monitoring Tanaman Lahan Terbuka berbasis nRF24L01	25
2.9 Komparasi jenis bahan fabrikasi antena Yagi-Uda	29
2.10 Matriks Penelitian Sebelumnya	30
2.11 Kerangka Berpikir Penelitian	37
BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA	38
3.1 Perancangan Antena	38
3.1.1 Menentukan panjang gelombang	38
3.1.2 Menghitung Kebutuhan <i>Gain</i>	39
3.1.3 Menentukan panjang elemen <i>director</i> (Ldir)	41
3.1.4 Menentukan panjang elemen <i>driven</i> (Ldri)	42
3.1.5 Menentukan panjang elemen reflektor (Lref)	42
3.1.6 Menentukan jarak antar elemen <i>director</i> (Sdir)	42



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.7 Menentukan jarak antar elemen <i>director</i> dan <i>driven</i> (Sdri)	43
3.1.8 Menentukan jarak antar elemen <i>driven</i> dan reflektor (Sref)	43
3.1.9 Menentukan panjang <i>Crossbar</i> atau <i>Boom</i>	44
3.2 Optimasi Perancangan Antena	45
3.3 Desain Antena Akhir	51
3.4 Pengujian Antena di Laboratorium	53
3.5 Pengujian dan Implementasi Antena	55
BAB 4 REALISASI DAN PENGUKURAN ANTENA	59
4.1 Realisasi Antena.....	59
4.2 Pengujian Antena di Laboratorium <i>Anechoic Chamber</i>	61
4.2.1 Pengujian Antena Yagi-Uda Menggunakan VNA	61
4.2.2 Pengujian Antena Yagi Uda Menggunakan Spectrum Analyzer	68
4.2.3 Pengujian Antena <i>Dipole</i>	73
4.3 Komparasi Pengujian <i>Dipole</i> dan Yagi-Uda	75
4.4 Pengujian dan Implementasi Antena	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	97



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur antena Yagi-Uda.....	7
Gambar 2. Pola radiasi <i>directional</i>	12
Gambar 3. Pola radiasi <i>omnidirectional</i>	12
Gambar 4. Modul NRF24L01+ PA LNA	20
Gambar 5. Cara kerja modul nRF24L01+ PA LNA	20
Gambar 6. Pin Modul NRF24L01+ PA LNA	21
Gambar 7. Pin <i>NodeMCU</i> ESP32	21
Gambar 8. <i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i> v1.2	22
Gambar 9. Sensor DHT22.....	23
Gambar 10. Sensor BH1750	24
Gambar 11. Blok Diagram Sistem	25
Gambar 12. Topologi Sistem	26
Gambar 13. Cara Kerja Sistem pada <i>Node</i> Sensor.....	27
Gambar 14. Alur Penerimaan Data Sisi <i>Gateway</i>	28
Gambar 15. Kerangka Berpikir Penelitian	37
Gambar 16. Desain awal antena Yagi-Uda.....	45
Gambar 17. VSWR antena desain awal	45
Gambar 18. <i>Return loss</i> (S11) antena desain awal.....	46
Gambar 19. Impedansi (Z) antena desain awal	46
Gambar 20. <i>Gain</i> dan pola radiasi Antena Desain Awal	47
Gambar 21. VSWR optimasi <i>driven</i>	47
Gambar 22. <i>Return loss</i> (S11) optimasi <i>driven</i>	48
Gambar 23. Impedansi (Z) optimasi <i>driven</i>	48
Gambar 24. <i>Gain</i> dan pola radiasi optimasi <i>driven</i>	49



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 25. VSWR Optimasi reflektor, <i>director</i> , dan jarak antar elemen.....	49
Gambar 26. <i>Return loss</i> (S11) Optimasi reflektor dan <i>director</i>	50
Gambar 27. Impedansi (Z) Optimasi reflektor, <i>director</i> , dan jarak antar elemen...	50
Gambar 28. <i>Gain</i> dan pola radiasi hasil Optimasi reflektor dan <i>director</i>	51
Gambar 29. Komparasi VSWR desain awal dan optimasi	51
Gambar 30. Komparasi <i>return loss</i> desain awal dan optimasi.....	52
Gambar 31. Komparasi impedansi(Z) desain awal dan optimasi	52
Gambar 32. Komparasi <i>gain</i> desain awal dan optimasi.....	53
Gambar 33. Desain hasil optimasi antena Yagi-Uda	55
Gambar 34a. Pengukuran sambungan antara kabel dan <i>driven</i>	56
Gambar 34b. Pengukuran sambungan antar bagian <i>driven</i>	56
Gambar 35. Pengukuran Antena menggunakan VNA	56
Gambar 36. Pengukuran Antena di <i>anechoic chamber</i>	57
Gambar 37. Skema Pengujian	58
Gambar 38. Realisasi Antena Yagi-Uda	59
Gambar 39. Pemasangan lem silikon di elemen <i>driven</i>	60
Gambar 40a. Pengukuran <i>short load</i> antara inti kabel dan <i>driven inner</i>	60
Gambar 40b. Pengukuran <i>open load</i> antara <i>grounding</i> dan <i>driven inner</i>	60
Gambar 41. Pengukuran Antena Menggunakan VNA.....	61
Gambar 42. VSWR Hasil Uji Antena Yagi di Laboratorium	62
Gambar 43. <i>Return loss</i> (S11) Hasil Uji Antena Yagi di Laboratorium.....	63
Gambar 44. Impedansi (Z) Hasil Uji Antena Yagi di Laboratorium	64
Gambar 45. Grafik Perbandingan capaian VSWR.....	66
Gambar 46. Grafik Perbandingan capaian <i>return loss</i> (S11)	67
Gambar 47. Grafik Perbandingan capaian impedansi (Z).....	68
Gambar 48. Pengujian Antena Menggunakan <i>Spectrum Analyzer</i>	69
Gambar 49. Grafik Perbandingan capaian <i>Gain</i>	70



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 50. Pengujian Pola Radiasi Antena Yagi-Uda	71
Gambar 51. VSWR Hasil Uji Antena <i>Dipole</i> di Laboratorium	73
Gambar 52. <i>Return loss</i> (S11) Hasil Uji Antena <i>Dipole</i> di Laboratorium.....	74
Gambar 53. Impedansi (Z) Hasil Uji Antena <i>Dipole</i> di Laboratorium	75
Gambar 54. Komparasi nilai VSWR <i>Dipole</i> dan Yagi-Uda	76
Gambar 55. Komparasi nilai <i>Return loss</i> (S11) <i>Dipole</i> dan Yagi-Uda.....	77
Gambar 56. Komparasi nilai Impedansi (Z) <i>Dipole</i> dan Yagi-Uda	78
Gambar 57. Pengujian antena di ladang terbuka.....	79
Gambar 58. Perbandingan Performansi Antena <i>Dipole</i> dan Yagi-Uda	80

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1. Panjang Gelombang	7
Persamaan 2. Panjang elemen <i>director</i> (Ldir).....	8
Persamaan 3. Panjang elemen <i>driven</i> (Ldri)	8
Persamaan 4. Panjang elemen reflektor (Lref).....	8
Persamaan 5. Jarak antar elemen <i>director</i> (Sdir)	9
Persamaan 6. Jarak antar elemen <i>director</i> dan <i>driven</i> (Sdri)	9
Persamaan 7. Jarak antar elemen <i>driven</i> dan reflektor (Sref)	9
Persamaan 8. Panjang <i>Boom</i>	10
Persamaan 9. <i>Gain</i>	11
Persamaan 10. <i>Gain</i>	11
Persamaan 11. <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	13
Persamaan 12. <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	13
Persamaan 13. <i>Return loss</i>	14
Persamaan 14. <i>Path Loss</i>	17
Persamaan 15. <i>Path Loss</i>	17
Persamaan 16. <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI)	17
Persamaan 17. <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	18
Persamaan 18. Medan Jauh	18



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Σ	Jumlah
μ	Mikro
∞	Tak hingga
A	Ampere
bps	bit per sekon
BW	Bandwidth
byte	8 bit
c	Cepat rambat cahaya (3×10^8 m/s)
dB	desibel
dB _i	desibel isotropik
dB _m	desibel miliwatt
dc	direct current
f	Frekuensi (Hertz)
$f(h)$	Frekuensi tertinggi (GHz)
$f(l)$	Frekuensi terendah (GHz)
FBR	<i>Front-to-Back Ratio</i> (dB)
GHz	Giga Hertz
HPBW	Beamwidth
Hz	Hertz
I	kuat arus (A)
lux	intensitas cahaya
m	Meter
Mbps	Mega bit per sekon
MHz	Mega Hertz
mm	Mili meter
PL	Path Loss (dB)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RSSI	Received Signal Strength Indicator (dalam satuan dBm)
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i> (dB)
v	voltase
vdc	voltase (dc)
Z	Impedansi (Ω)
Z0	Impedansi karakteristik transmisi (Ω)
ZL	Impedansi beban input antena (Ω)
Γ	Gamma, koefisien pantul (Ω)
θ	Teta
λ	Lamda; Panjang gelombang (mm)
π	Phi (3.14)
Ω	Ohm, resistansi atau hambatan listrik





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Produktivitas lahan yang masih rendah serta produksi tanaman pangan telah mengalami *leveling off*, salah satu penyebabnya adalah kurang berkembangnya teknologi budidaya modern, terbatasnya alih teknologi, serta rendahnya penggunaan dan akses petani terhadap teknologi maju yang mendorong laju produksi lahan pertanian[1]. Untuk mengatasi hal ini implementasi teknologi nirkabel berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) membuka peluang untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian, utamanya dalam bidang pemantauan kondisi lahan secara *real-time* [2]. Salah satu contoh implementasi WSN pada aplikasi sistem monitoring berbasis modul nRF24L01 telah digunakan untuk memantau kondisi lahan terbuka di Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Lembang [3]. Modul nRF24L01 merupakan modul *transceiver* yang beroperasi pada frekuensi *Industrial Scientific and Medical* (ISM) dengan frekuensi kerja 2.400 – 2.525 MHz [4]. Protokol komunikasi modul nRF24L01 menggunakan protokol *Enhanced ShockBurst™* memungkinkan komunikasi dua arah, memiliki kecepatan transmisi data hingga 2 Mbps dan konsumsi daya yang sangat rendah hanya 9,0 mA, dan penggunaan kapasitas RAM yang rendah hanya 32%, serta dilengkapi dengan *Power Low Noise Amplifier* (PA + LNA) menjadikan modul nRF24L01 unggul dalam pengiriman paket dibandingkan modul nirkabel lain yang sejenis seperti xBee dan ESP8266 [4], [5], [6]. Pada kondisi ideal, jarak jangkauan dari modul nRF24L01 berkisar 1000 hingga 1400 meter di lingkungan terbuka tanpa penghalang / *Line of Sight* (LoS) [4], [7], [8]. Namun, pada kondisi nyata dilapangan, jarak ideal untuk modul nRF24L01 dapat bekerja secara optimal hanya sekitar 40 hingga 0 meter antara *node* dengan *gateway/server* [3], [9]. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gangguan derau, pemilihan mode *data rate*, interferensi frekuensi, hingga kondisi cuaca di area lahan pertanian [9], [10].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tantangan ini menjadi perhatian khusus mengingat luas lahan di BBPP Lembang memiliki luas sebesar 2,5 hektar, dengan antenna pabrikan *dipole* konvensional akan membutuhkan lebih banyak modul WSN untuk saling terhubung antara *node* dan *gateway* sehingga menimbulkan pembengkakan biaya untuk pembangunan sistem serta pengelolaan. Untuk mengatasi masalah ini, desain antenna yang tepat menjadi faktor utama dalam meningkatkan jarak jangkauan dan kualitas sinyal serta paket data yang dikirimkan modul nRF24L01 sehingga jumlah modul yang diperlukan dalam sistem monitoring akan lebih efisien. Antena Yagi-Uda dikenal sebagai antenna *directional* yang efektif dalam meningkatkan jarak jangkauan transmisi dan gain yang dipancarkan [11]. Desain, material, serta karakteristik antenna Yagi-Uda cocok untuk aplikasi diluar ruangan dengan cuaca ekstrem [12]. Namun, penggunaan antenna Yagi-Uda sebagai antenna pengganti *dipole* bawaan masih sedikit dibahas. Oleh sebab itu, perlu adanya evaluasi desain antenna yang dioptimalkan khusus untuk aplikasi monitoring lahan pertanian berbasis modul nRF24L01 [5]. Parameter seperti jumlah elemen, daya, hingga pemilihan bahan dan jarak antar elemen antenna perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan spesifik, terutama di lokasi seperti ladang pertanian BBPP Lembang yang memiliki karakteristik topografi dan iklim yang unik [2], [12], [13]. Pengujian antenna Yagi-Uda sebelum diimplementasikan pada modul nRF24L01 untuk aplikasi *monitoring* lahan pertanian harus teruji terlebih dahulu pada beberapa aspek sesuai dengan standarisasi yang telah ditetapkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) nomor 149 dengan fokus parameter pengujian meliputi *gain*, pola radiasi, *VSWR*, *return loss*, impedansi (*Z*), dan polarisasi [14], [15]. Selanjutnya, pengujian performansi antenna saat diimplementasikan pada sistem dilakukan menggunakan metode *best effort* dengan mengukur jumlah paket yang berhasil diterima oleh sisi penerima / *gateway* pada saat kondisi lingkungan transmisi LOS dan NLOS dengan jarak tertentu menggunakan *serial monitor* pada *software* Putty dan Arduino IDE [8], [16]. Pengukuran performansi pada sistem menggunakan *serial monitor* bertujuan untuk mengetahui keandalan sistem dalam mengatur lalu lintas paket data, baik sebelum maupun setelah menggunakan antenna Yagi-Uda. Metode *best effort service* dipilih untuk mengukur sistem, khususnya



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kinerja pada sisi komunikasi data antara *node* dan *gateway* menggunakan modul nRF24L01 dikarenakan modul tersebut merupakan modul *transceiver* ISM dengan protokol komunikasi *Enhanced ShockBurst™* yang bekerja pada lapisan fisik (*layer* 1) dan lapisan *data link* (*layer* 2) pada OSI Layer [17].

Tesis ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi antenna. Studi kasus dilakukan pada ladang pertanian di BBPP Lembang untuk menguji dan melakukan validasi desain antenna yang diusulkan. Hasil tesis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan antenna khususnya implementasi pada sistem monitoring lahan pertanian sehingga sistem lebih efisien, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pada sistem pertanian cerdas.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan dan optimasi antenna Yagi-Uda untuk meningkatkan performansi sistem monitoring tanaman di lahan terbuka menggunakan modul nRF24L01, studi kasus di lahan BBPP Lembang?
2. Bagaimana evaluasi komparatif pengaruh implementasi antenna Yagi-Uda terhadap efisiensi sistem monitoring pertanian dalam aspek jarak jangkauan sinyal dan kualitas transmisi data modul nRF24L01?
3. Bagaimana bentuk konfigurasi ideal beserta jenis antenna yang optimal untuk meningkatkan efisiensi sistem monitoring pertanian berbasis modul nRF24L01?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan tesis ini sebagai berikut.

1. Perancangan dan optimasi antenna Yagi-Uda untuk meningkatkan performansi sistem monitoring tanaman di lahan terbuka menggunakan modul nRF24L01.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Evaluasi komparatif pengaruh implementasi antenna Yagi-Uda terhadap efisiensi sistem monitoring pertanian dalam aspek jarak jangkauan sinyal, dan kualitas transmisi data modul nRF24L01,
3. Konfigurasi ideal serta jenis antenna yang optimal untuk meningkatkan jarak jangkauan sistem monitoring pertanian berbasis modul nRF24L01.

1.4 BATASAN PENELITIAN

- a. Penelitian dilakukan dengan mengambil studi kasus sistem monitoring yang telah terimplementasikan di lahan terbuka BBPP Lembang
- b. Modul ISM yang digunakan pada tesis ini menggunakan nRF24L01 + PA + NLA
- c. Antena yang digunakan pada tesis ini adalah antenna Yagi-Uda dan antenna *dipole* yang bekerja pada frekuensi 2.400-2.525 MHz.
- d. Optimasi jarak jangkauan sistem monitoring menggunakan antenna Yagi-Uda yang bekerja pada frekuensi 2.400-2.525 MHz.
- e. Pengujian performansi sistem dilakukan menggunakan metode *best effort* dengan mengukur banyaknya paket data yang berhasil diterima saat kondisi lingkungan transmisi LOS dan NLOS, pengukuran performansi dan implementasi dilakukan di BBPP Lembang.
- f. Pengujian performansi antenna Yagi-Uda dilakukan di ruang *anechoic chamber* sesuai dengan standarisasi parameter uji antenna IEEE 149 dengan fokus utama parameter uji *gain*, pola radiasi, VSWR, *return loss* (S11), impedansi (Z), dan polarisasi.
- g. Luaran dari tesis ini adalah analisis komparasi penggunaan antenna Yagi-Uda dan *dipole* bawaan terhadap efisiensi sistem monitoring nRF24L01



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari pembuatan tesis ini sebagai berikut :

- a. Tesis ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi antenna.
- b. Hasil tesis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan antenna khususnya implementasi pada sistem monitoring lahan pertanian.
- c. Tesis ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pada sistem pertanian cerdas dengan memanfaatkan optimasi antenna.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Modul nRF24L01 merupakan salah satu modul berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) yang bekerja pada rentang frekuensi ISM (2,4 hingga 2,525 GHz). Modul nRF24L01 merupakan modul yang paling andal dibandingkan modul - modul WSN lain (Seperti LoRa, ESP32, ESP8266, dan XBee) dalam kemampuan melakukan transmisi data. Modul nRF24L01 memiliki kecepatan transfer data hingga 2 Mbps dengan jarak aktual berkisar 40 hingga 400 meter dengan menggunakan antenna *dipole*.
2. Dengan memiliki jarak jangkauan yang pendek tersebut, pentingnya modul nRF24L01 tersebut memiliki sebuah antenna penguat yang mampu mempropagasikan sinyal dengan jarak yang jauh. Antena Yagi-Uda merupakan salah satu opsi yang ditawarkan dalam penelitian tesis ini. Berdasarkan standarisasi pengujian antenna yang telah ditetapkan pada standarisasi IEEE-149, didapatkan bahwa antenna Yagi-Uda lebih unggul dibandingkan antenna *dipole* dengan fokus parameter uji *gain*, pola radiasi, VSWR, *return loss*, impedansi (Z), dan polarisasi. Didapatkan bahwa antenna Yagi-Uda memiliki nilai *gain* sebesar 8.29 dBi, dengan pola radiasi linier, VSWR sebesar 1,307, nilai *return loss* sebesar -15,777 dB, impedansi (Z) sebesar 39,673 Ω , jenis polarisasi antenna adalah *directional*. Antena *Dipole* bawaan modul nRF24L01 memiliki nilai *gain* sebesar 2 dB, dengan pola radiasi linier, VSWR sebesar 1,813, *return loss* sebesar -10,655 dB, impedansi (Z) sebesar 81,455 Ω , jenis polarisasi antenna adalah *omnidirectional*.
3. Berdasarkan hasil uji laboratorium *anechoic chamber*, konfigurasi ideal untuk implementasi modul nRF24L01 pada monitoring lahan terbuka



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

adalah menggunakan antenna Yagi-Uda 10 elemen dengan gain sebesar 8,29 dBi dapat menjangkau jarak hingga 550 meter saat kondisi LOS dibandingkan menggunakan antenna *dipole* hanya dapat menjangkau jarak sepanjang 400 meter saat kondisi LOS. untuk menjangkau seluruh area lahan terbuka seluas 2,5 hektar di BBPP Lembang, dibutuhkan antenna *dipole* sebanyak 6 buah *node* sensor, estimasi menggunakan antenna Yagi-Uda sebagai transmitter pada sisi *node* sensor membutuhkan 4 hingga 5 *node* sensor.

5.2 Saran

1. Untuk meningkatkan jangkauan komunikasi dan stabilitas sinyal pada modul nRF24L01, dapat mempertimbangkan penggunaan varian modul yang telah dilengkapi Power Amplifier (PA) dan Low Noise Amplifier (LNA), yaitu modul nRF24L01+PA/LNA.
2. Perlu melakukan pengujian pada antenna lain dengan keterarahan yang serupa dengan antenna Yagi-Uda.
3. Penelitian lanjutan diharapkan dapat mencakup pengujian performa sistem dan kualitas transmisi antenna pada berbagai kondisi topografi serta variasi iklim dan cuaca, guna mengevaluasi tingkat keandalan sistem terhadap gangguan lingkungan dalam skenario nyata.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Poerwanto, I. Lubis, and E. Santoso, *Visi Pertanian Indonesia 2030*. Bogor, Indonesia: IPB University, 2010. Accessed: Jan. 30, 2025. [Online]. Available: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/13490>
- [2] T. M. Bandara, W. Mudiyanse, and M. Raza, "Smart farm and monitoring system for measuring the Environmental condition using wireless sensor network - IOT Technology in farming," in *CITISIA 2020 - IEEE Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, Nov. 2020. doi: 10.1109/CITISIA50690.2020.9371830.
- [3] S. N. Aurellia, "IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH, PH TANAH DAN INTENSITAS CAHAYA TANAMAN LAHAN TERBUKA DENGAN WSN BERBASIS MODUL NRF24L01," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro*.
- [4] E. Saletović, E. Babović, and D. Hadžić, "Maintaining a stable point-to-point remote control link based on transceivers nRF24L01+ PA/LNA in presence of interferences," in *2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2023, Zenica, Bosnia and Herzegovina: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 2023. doi: 10.1109/INFOTEH57020.2023.10094147.
- [5] U. J. Shobrina, R. Primananda, and R. Maulana, "Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 1510–1517, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [6] G. A. Mutiara, G. I. Hapsari, and Periyadi, "Performance Comparison of Communication Module againsts Detection Location for Blind Cane," in *2017 11th International Conference on Telecommunication Systems Services and*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Applications (TSSA), Lombok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018, pp. 162–168. doi: 10.1109/TSSA.2017.8272904.

- [7] A. Rahim, Z. Ali, R. Bharti, S. Sabeel NSP, and A. Professor, “Design and Implementation of a Low Cost Wireless Sensor Network using Arduino and nRF24L01(+),” *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, vol. 5, no. 5, 2016, [Online]. Available: www.ijret.org.
- [8] I. G. M. N. Desnanjaya and M. D. Alfian, “PENGIRIMAN DATA NRF24L01+ DENGAN KONDISI LINE OF SIGHT DAN NON LINE OF SIGHT,” *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 3, no. 2, pp. 128–139, Nov. 2020, doi: 10.31598/jurnalresistor.v3i2.663.
- [9] L. Achmad Tiransri, F. Dewanta, and H. H. Nuha, “Quality of Service Analysis of NRF24L01 Module on Local Weather Station System,” *TELKA - Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, vol. 9, no. 1, pp. 44–51, Apr. 2023.
- [10] K. L. Raju and V. Vijayaraghavan, “A Self-Powered, Real-Time, NRF24L01 IoT Based-Cloud Enabled Service For Smart Agriculture Decision-Making System,” *Electronics and Communication Engineering, Vignan’s Foundation for Science, Technology & Research, Guntur*, Jun. 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-586227/v1.
- [11] V. Bankey and N. A. Kumar, “Design of a Yagi-Uda Antenna With Gain and Bandwidth Enhancement for Wi-Fi and Wi-Max Applications,” *SSRN Electronic - International Journal of Antennas (JANT)*, vol. 2, Jan. 2016, doi: 10.2139/ssrn.3431092.
- [12] A. Chakraborty, B. Gupta, S. Chakraborty, and S. Dey, “Design and Characterization of a Yagi Uda Antenna Array for Weather Monitoring,” in *2019 IEEE Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)*, Reunion, France: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2019, pp. 1–2. doi: 10.23919/RADIO46463.2019.8968837.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [10] M. Halliru et al., "YAGI-UDA ANTENNA DESIGN AND MODELING FOR GAIN AND BANDWIDTH OPTIMIZATION FOR WIFI APPLICATIONS," Nigerian Journal of Engineering, vol. 30, no. 2, p. 43, 2023, doi: 10.5455/nje.2023.30.02.07.
- [14] A. Cinay, E. Kurt, and K. Celik, "Design and Implementation of a 2.4 GHz Yagi-Uda Antenna and Dependence of the Antenna Parameters to the Structural Parameters," in 3rd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering, ICECCE 2021, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jun. 2021. doi: 10.1109/ICECCE52056.2021.9514129.
- [15] T. Lonsky, P. Hazdra, and J. Kracek, "Fast Yagi-Uda Antenna Optimization," in 2019 8th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation, APCAP 2019, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2019, pp. 236–238. doi: 10.1109/APCAP47827.2019.9472161.
- [16] A. Sirmayanti. S and N. Khaerani Hamzidah, "Studi Komparatif QoS pada Aplikasi Video Meeting Tool dalam Jaringan 4G LTE Menggunakan Wireshark," Jan. 2023. [Online]. Available: <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>.
- [17] G. Wu, J. Tao, and X. Xu, "Application and Design of Wireless Community Alarm System Based on nRF24L01 Module," in The 31th Chinese Control and Decision Conference (2019 CCDC), Wuhan: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jun. 2019.
- [18] Y. Onykiienko, P. Popovych, R. Yaroshenko, A. Mitsukova, A. Beldyagina and Y. Makarenko, "Using RSSI Data for LoRa Network Path Loss Modeling," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 576-580, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9927036.
- [19] M. Shahpari and D. v. Thiel, "Fundamental limitations for antenna radiation efficiency," Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Transactions on Antennas and Propagation, vol. 66, no. 8, pp. 3894–3901, Aug. 2018, doi: 10.1109/TAP.2018.2836447.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [20] Z. Rahimi, Munawar, and Yassir, "PERANCANGAN ANTENNA HELIX ARRAY PADA FREKUENSI 2,4 GHz," Jurnal TEKTRONIK Politeknik Negeri Lhokseumawe, vol. 8, no. 1, Mar. 2024.
- [21] S. Asyura and A. H. Rambe, "RANCANG BANGUN ANTENA YAGI-UDA COHEN-MINKOWSKI PADA FREKUENSI 433MHz," Garuda Kemendikbud, Dec. 2015.
- [22] L. O. Nur, D. A. Nurmantris, and A. P. Prakusya, "Directional Compact Antenna for Wireless Sensor Network at 2.4 GHz," in Proceedings of the 2022 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Symposium on Future Telecommunication Technologies, SOFTT 2022, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. ., 2022, pp. 115–119. doi: 10.1109/SOFTT56880.2022.10010336.
- [23] Y. Sun, H. Zhang, G. Wen, and P. Wang, "Research progress in Yagi antennas," in Procedia Engineering, Elsevier, 2012, pp. 2116–2121. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.272.
- [24] A. C. T. Velasco and M. A. Rosales, "Yagi Uda Antenna : Performance Analysis and Parameter Optimization in High Frequency Operation," Springer Nature Switzerland, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-73324-6_52.
- [25] Kai, L. S., et al. "Bidirectional Antenna for 2.4-ghz WLAN Application Inside Train." Journal of Advanced Industrial Technology and Application 1.1 (2020): 31-37.
- [26] Zabri, Amerrul, et al. "Fractal Yagi-Uda antenna for WLAN applications." Telkomnika Telecommunication, Computing, Electronics and Control 17.5 (2019): 2155-2160.
- [27] C. A. Balanis, ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN THIRD EDITION, 3rd ed. Washington D.C: John Wiley & Sons, Inc., 2005. [Online]. Available: www.us.archive.org



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [28] P. Muthu Kannan, M. Reji, and R. Swaminathan, "Design of reduced dipole yagi - Uda antenna," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. Doi: 10.1088/1757-899X/992/1/012012.
- [29] Christiansen, D. Electronics Engineers' handbook. New York, USA: McGraw Hill. 1999.
- [30] D. Arceo and C. A. Balanis, "A compact Yagi-Uda antenna with enhanced bandwidth," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 10, pp. 442–445, 2011, doi: 10.1109/LAWP.2011.2150730.
- [31] Koesmarijanto, H. D. (2023). DESAIN DAN IMPLEMENTASI ANTENA MICROSTRIP ARRAY 8 ELEMEN PADA FREKUENSI 2,4GHz UNTUK MENUNJANG WIRELESS LOCAL ARENA NETWORK. Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi, 8-14.
- [32] Constantinescu, C., Pacurar, C., Giurgiu, A., Munteanu, C., Andreica, S., & Gliga, M. (2023). High Gain Improved Planar Yagi Uda Antenna for 2.4 GHz Applications and Its Influence on Human Tissues. Applied Sciences, 13(11), 6678. <https://doi.org/10.3390/app13116678>
- [33] Y. Xiao, Y. Qi, F. Li, J. Fan, W. Yu, and L. Lu, "Dual-band directional slot antenna for Wi-Fi Application," Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Transactions on Antennas and Propagation, vol. 66, no. 8, pp. 4277–4281, Aug. 2018, doi: 10.1109/TAP.2018.2840843.
- [34] R. Islam, F. Mahbub, S. B. Akash, and S. A. Kadir Al-Nahiun, "Design of a half-wave dipole antenna for Wi-Fi WLAN system using ISM band," in 2021 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, IEMTRONICS 2021 - Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Apr. 2021. doi: 10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422495.
- [35] D. B. Thi and T. H. T. Phuong, "A Narrow Beam Steering Antenna Array for Indoor Positioning Systems Based on Wireless Sensor Network," Institute of Electrical and



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Electronics Engineers Inc. Access, vol. 10, pp. 89022–89030, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3200594.

- [37] T. E. S. Oliveira, J. R. Reis, M. Vala and R. F. S. Caldeirinha, "High Performance Antennas for Early Fire Detection Wireless Sensor Networks at 2.4 GHz," 2021 Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. -APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC), Honolulu, HI, USA, 2021, pp. 158-163, doi: 10.1109/APWC52648.2021.9539629.
- [38] M. Z. Islam, J. F. O'Hara, D. Shadoan, M. Ibrahim, and S. Ekin, "TV White Space Based Wireless Broadband Internet Connectivity: A Case Study with Implementation Details and Performance Analysis," Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Open Journal of the Communications Society, vol. 2, pp. 2449–2462, 2021, doi: 10.1109/OJCOMS.2021.3123939.
- [39] A. C. Bento, E. M. L. da Silva and E. M. de Souza, "An Experiment With NRF24L01+ and Arduino Pro Micro Data Transmission for IoT," 2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Kanpur, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCCNT45670.2019.8944813.
- [40] X. R. Jiang, Y. M. Lv, and X. H. Cheng, "Design of wireless communication system based on nRF24L01," in Advanced Materials Research, Trans Tech Publications Ltd, 2014, pp. 1756–1759.
- [41] Z. Abidin, R. Falah, R. A. Setyawan, and F. C. Wardana, "Wireless sensor network using nRF24L01+ for precision agriculture," Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, vol. 14, no. 2, pp. 1003–1013, Apr. 2025, doi: 10.11591/eei.v14i2.8481.
- [42] I. G. M. N. Desnanjaya and M. D. Alfian, "PENGIRIMAN DATA NRF24L01+ DENGAN KONDISI LINE OF SIGHT DAN NON LINE OF SIGHT," Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer), vol. 3, no. 2, pp. 128–139, Nov. 2020, doi: 10.31598/jurnalresistor.v3i2.663.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [43] M. Chien Le, V. N. Giap, Q. D. Nguyen and S. -C. Huang, "Electrocardiogram Signal Secure Transmission via a Wireless Communication Protocol of Chaotic Systems Based on Adaptive Sliding Mode Control and Disturbance Observer," in Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Access, vol. 11, pp. 145373-145385, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3343954.
- [44] W. Puspitasari and P. R. H Y, "Real-Time Monitoring and Automated Control of Greenhouse Using Wireless Sensor Network: Design and Implementation," Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. , no. 2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), pp. 362–366, 2018, doi: 10.1109/ISRITI.2018.8864377.
- [44] R. N. Biju, K. M. Akhil and S. Sinha, "RSSI Based Device Monitoring with IEEE 802.15 in Wireless Sensor Network," 2022 4th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), Coimbatore, India, 2022, pp. 503-508, doi: 10.1109/ICIRCA54612.2022.9985558.
- [45] Radi, Murtiningrum, Ngadisih, F. S. Muzdrikah, M. S. Nuha and F. A. Rizqi, "Calibration of Capacitive Soil Moisture Sensor (SKU:SEN0193)," 2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST), Yogyakarta, Indonesia, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528624.
- [46] M. Afzal, I. Ahmed Saeed, M. Noman Sohail, M. Hanif Md Saad and M. R. Sarker, "IoT-Enabled Adaptive Watering System With ARIMA-Based Soil Moisture Prediction for Smart Agriculture," in Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Access, vol. 13, pp. 27714-27728, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3532447.
- [47] W. Eka Sari, E. Junirianto, and G. Fatur Perdana, "System of Measuring PH, Humidity, and Temperature Based on Internet of Things (IoT)," Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, vol. 3, no. 1, p. 72, Jan. 2021, doi: 10.12928/biste.v3i1.3214.
- [48] P. Placidi, C. V. D. Vergini, N. Papini, M. Cecconi, P. Mezzanotte and A. Scorzoni, "Low-Cost and Low-Frequency Impedance Meter for Soil Water Content



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Measurement in the Precision Agriculture Scenario," in Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 72, pp. 1-13, 2023, Art no. 9511613, doi: 10.1109/TIM.2023.3302898.

- [49] M. Suhairi and D. H. Tuzsakdiah, "Jurnal Politeknik Caltex Riau Sistem Kontrol Dan Monitoring Intensitas Cahaya dan Suhu Tanaman Selada Pada Greenhouse BerBasis IoT." [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/>
- [50] A. Khuriati, "SISTEM PEMANTAU INTENSITAS CAHAYA AMBIEN DENGAN SENSOR BH1750 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO," BERKALA FISIKA, vol. 25, no. 3, pp. 105-110, Dec. 2022. [Online]
- [51] Jovanović, M., & Lazić, D. (2024). Sensor Calibration via Wireless Sensor Networks One Possible Approach. 1–4. <https://doi.org/10.1109/infotech60418.2024.10495985>
- [52] I. Ketut, A. Enriko, A. N. Nababan, A. F. Rochim, and S. Kuntadi, "A Fire suppression monitoring system for smart building," JURNAL INFOTEL, vol. 15, no. 2, pp. 195–200, May 2023, doi: 10.20895/INFOTEL.V15I2.940.
- [53] N. Sathyaraj, C. Venkataramanan, D. S. Kumar, S. S. Kumar, K. Saravanan and M. Vignesh, "Design of Microstrip Patch Antenna [MPA] for ISM Band of Applications," 2023 7th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), Coimbatore, India, 2023, pp. 265-270, doi: 10.1109/ICECA58529.2023.10395293.
- [54] JB. Aswoyo, "STUDI PERBANDINGAN EFISIENSI BAHAN PADA PEMBUATAN ANTENA HORN SEKTORAL BIDANG MEDAN LISTRIK (E)," in PENS Repository, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.
- [55] H. X. Araujo, S. E. Barbin and L. C. Kretly, "Analysis and characterization of different metamaterial patterns embedded on a Quasi Yagi antenna for RFID application," 2011 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS 2011), Tel Aviv, Israel, 2011, pp. 1-4, doi: 10.1109/COMCAS.2011.6105878.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [56] R. Corputty and R. N. Kaikatui, "PERBANDINGAN BAHAN PEMBUAT ANTENA TERHADAP KUALITAS PENGIRIMAN DAN PENERIMAAN SINYAL," Google Scholar, vol. 11, no. 1, Apr. 2022.
- [57] R. Ilham and A. Rukmantara, "Regulasi Frekuensi dan Standardisasi Radio," Research Gate, Jan. 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.17541.37602
- [58] International Telecommunication Union Radiocommunication Sector (ITU), Reference radiation patterns for fixed wireless system antennas for use in coordination studies and interference assessment in the frequency range from 100 MHz to 86 GHz. Geneva, 2018. [Online]. Available: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>
- [59] S. Kumar, "Compartmental Modeling of Opportunistic Signals for Energy Efficient Optimal Clustering in WSN," in IEEE Communications Letters, vol. 22, no. 1, pp. 173-176, Jan. 2018, doi: 10.1109/LCOMM.2017.2763948.
- [60] Rachmawati, Diana & Khulaifiyah, & Musni, & Serdianus, Serdianus & Bahri, Bahri & Indarwati, & Sam, Karnilan. (2022). METODOLOGI PENELITIAN
- [61] A. Giurgiuman et al., "The Analysis, Modelling and Comparison between Circular and Rectangular Patch Antennas," 2020 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE), Iasi, Romania, 2020, pp. 382-387, doi: 10.1109/EPE50722.2020.9305549.
- [62] R. K. Tanti, S. Warathe, and N. Anveshkumar, "Planar Yagi-Uda Antenna with Mirrored Ground Plane for WLAN," International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, pp. 1-5, Jul. 2020, doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225278. Available: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/icccnt/icccnt2020.html#TantiWA20>
- [63] P. A. B. Leão, T. H. Brandão and A. C. S., "Impedance Matching Prediction and Optimization of Yagi-Uda Antenna," 2023 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC), Castelldefels, Spain, 2023, pp. 325-327, doi: 10.1109/IMOC57131.2023.10379720.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [64] W. Zheng, S. Wang, M. Tang, G. Zhang, W. Ren and C. Hua, "High-Permittivity Dielectric Half-Loop Yagi-Uda Antenna With End-Fire Radiation," in IEEE Open Journal of Antennas and Propagation, vol. 5, no. 1, pp. 180-189, Feb. 2024
- [65] M. Alaydrus, Antena Prinsip dan Aplikasi, 1st ed., vol. 1. DI. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [66] D. Arceo and C. A. Balanis, "A compact Yagi-Uda antenna with enhanced bandwidth," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 10, pp. 442–445, 2011, doi: 10.1109/LAWP.2011.2150730.
- [67] P. Ensaf and T. J. Maloney, "An Experimentally Verified Methodology for Calculating Coaxial Cable Loss Effects on CDM Waveforms," 2020 42nd Annual EOS/ESD Symposium (EOS/ESD), Reno, NV, USA, 2020, pp. 1-8.
- [68] Rajasekhar Reddy, R. and Swaminathan, R., "Directivity Improvement of Five-Element Yagi-Uda Antenna by Increasing Director Elements in Comparison with Three-Element Yagi-Uda Antenna", <i>ECS Transactions</i>, vol. 107, no. 1, IOP, pp. 16757–16767, 2022. doi:10.1149/10701.16757ecst. Available: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1991ITAP.39.1434H/abstract>
- [69] R. Reddy and R. Swaminathan, "Directivity Improvement of 9-Element Yagi Uda Antenna by increasing director elements in comparison with 7-Element Yagi Uda Antenna," 2022 3rd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM), London, United Kingdom, 2022, pp. 561-564, doi: 10.1109/ICIEM54221.2022.9853131. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9853131>
- [70] J. Li, B. Wu, J. Zhou, C. Fan and Y. Liu, "Impedance Regulation of Graphene-Loaded Branch for Frequency-Reconfigurable Antenna With Enhanced Radiation Efficiency," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 23, no. 3, pp. 1065-1069, March 2024, doi: 10.1109/LAWP.2023.3344107.
- [71] K. T. Oshiro, G. T. Uehara, A. K. Oki and B. Tang, "A 10-Gbps 83 mW GaAs HBT equalizer/detector for coaxial cable channels," Proceedings of the IEEE 1998



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Custom Integrated Circuits Conference (Cat. No.98CH36143), Santa Clara, CA, USA, 1998, pp. 347-350, doi: 10.1109/CICC.1998.694996.

- [72] D. P. Boyd, R. E. Rand, G. Rothbart and E. Barth, "Coaxial and Printed Circuit Delay Lines for Multi Wire Proportional Chamber Readout," in IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 19, no. 3, pp. 148-151, June 1972, doi: 10.1109/TNS.1972.4326717
- [73] A. H. Kelechi and F. Samuel, "Empirical Study of Far-Field Radio Frequency Wireless Power Transfer Testbed for Underground Mines Based on 1.8 GHz," in IEEE Access, vol. 13, pp. 7923-7938, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3525068.
- [74] S. I. Latif, C. Shafai and L. Shafai, "Reduction in ohmic loss of small microstrip antennas using multiple copper layers," 2006 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Albuquerque, NM, USA, 2006, pp. 1625-1628, doi: 10.1109/APS.2006.1710870.
- [75] V. Pejovic, D. L. Johnson, M. Zheleva, E. M. Belding and A. Lysko, "VillageLink: Wide-area wireless coverage," 2014 Sixth International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS), Bangalore, India, 2014, pp. 1-8, doi: 10.1109/COMSNETS.2014.6734868.
- [76] "IEEE Draft Recommended Practice for Antenna Measurements," in IEEE P149/D10, May 2021 , vol., no., pp.1-201, 9 June 2021. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9451886>
- [77] "IEEE Recommended Practice for Antenna Measurements," in IEEE Std 149-2021 (Revision of IEEE Std 149-1977) , vol., no., pp.1-207, 18 Feb. 2022, doi: 10.1109/IEEESTD.2022.9714428.
- [78] Kaibi Zhang, Yangchuan Zhang and Subo Wan, "Research of RSSI indoor ranging algorithm based on Gaussian - Kalman linear filtering," 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, China, 2016, pp. 1628-1632, doi: 10.1109/IMCEC.2016.7867493.

LAMPIRAN

Pengukuran LOS Jarak 40 meter



Pengukuran NLOS Jarak 40 meter



Pengukuran LOS Jarak 100 meter



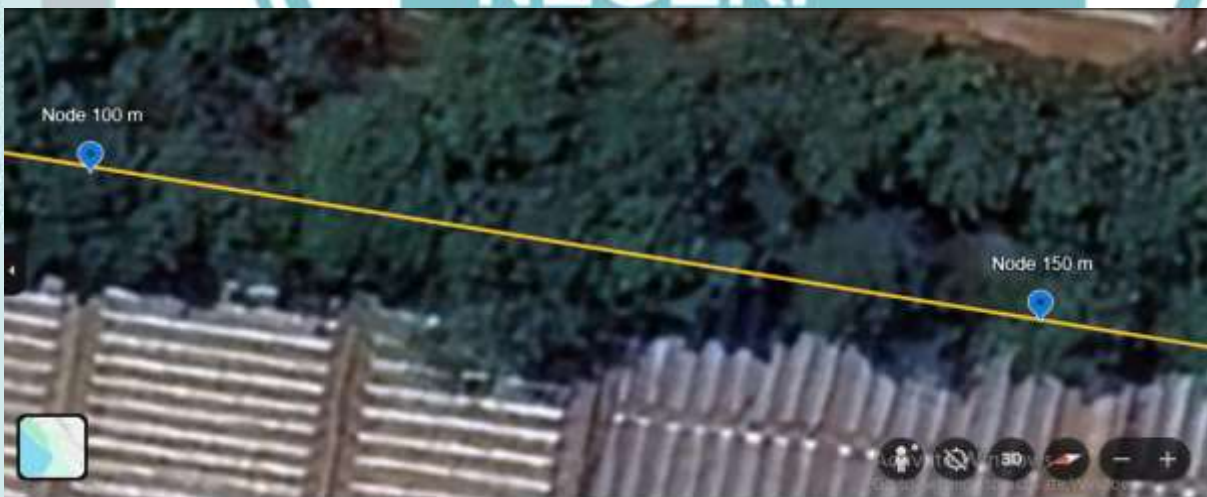
Pengukuran NLOS Jarak 100 meter



Pengukuran LOS Jarak 150 meter



Pengukuran NLOS Jarak 150 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran LOS Jarak 200 meter



Pengukuran NLOS Jarak 200 meter



Pengukuran LOS Jarak 250 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran NLOS Jarak 250 meter



Pengukuran LOS Jarak 300 meter



Pengukuran NLOS Jarak 300 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran LOS Jarak 350 meter



Pengukuran NLOS Jarak 350 meter



Pengukuran LOS Jarak 400 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran NLOS Jarak 400 meter



Pengukuran LOS Jarak 450 meter



Pengukuran NLOS Jarak 450 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran LOS Jarak 500 meter



Pengukuran NLOS Jarak 500 meter

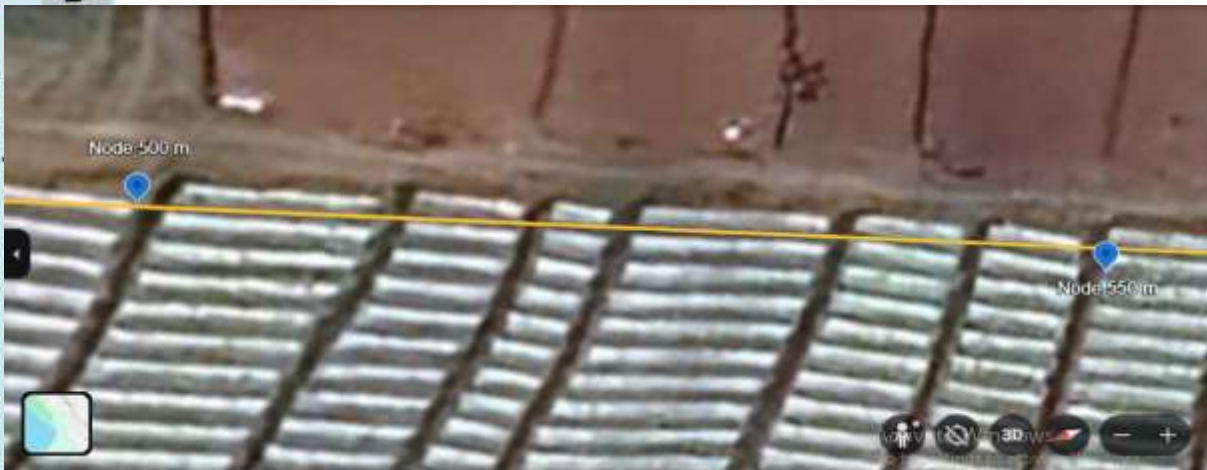


Pengukuran LOS Jarak 550 meter

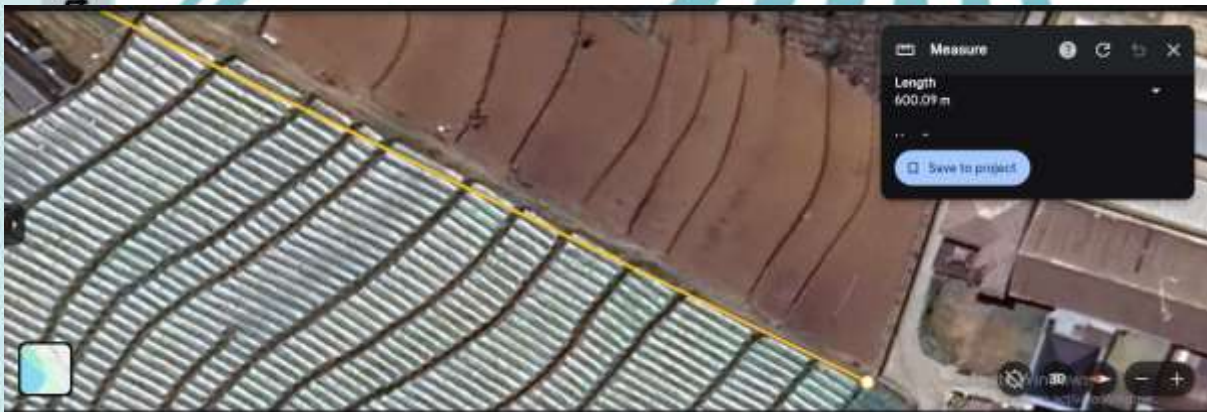


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran NLOS Jarak 550 meter



Pengukuran LOS Jarak 600 meter



Pengukuran NLOS Jarak 600 meter



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Denah Pengukuran Jarak LOS 0 – 600 meter



Pengukuran NLOS 0 – 600 meter



Estimasi penempatan node menggunakan *dipole*



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Estimasi penempatan node menggunakan Antena Yagi-Uda



Pengujian Antena di Laboratorium *Anechoic Chamber*



Pengujian Antena di Laboratorium *Anechoic Chamber*

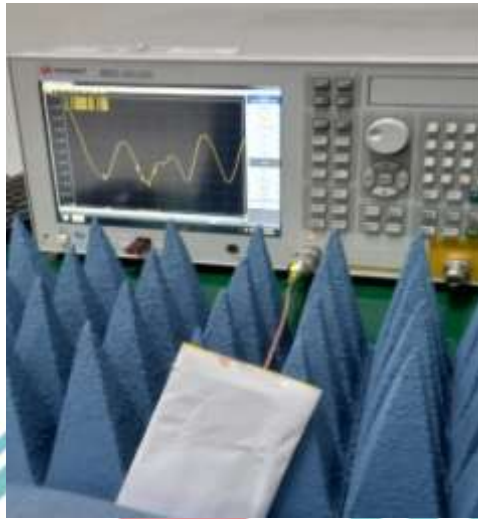


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian Antena menggunakan VNA



Pengujian Antena Dipole untuk Komparasi



Pengujian Antena di Ladang Menggunakan Alat yang Telah Tersedia



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gateway Sistem yang Telah Tersedia



Node Sistem yang Telah Tersedia





Kode Arduino IDE Sisi Node :

```
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include <RF24.h>
#include <BH1750.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

BH1750 lightMeter;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#define SOIL_PIN 32

// Setup nRF24L01 (CE, CSN)
RF24 radio(5, 17); // CE = GPIO5, CSN = GPIO17
const byte address[6] = "NODE1"; // Harus cocok di gateway

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 2000;
int lcdState = 0;

struct SensorData {
  float suhu;
  float hum;
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

float lux;

float soil;

void setup() {

Serial.begin(115200);

Wire.begin();

dht.begin();

lightMeter.begin();

lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.clear();

lcd.setCursor(2, 0);

lcd.print("Smart Farming");

lcd.setCursor(1, 1);

lcd.print("MTTE Miq-Dzaky");

delay(2000);

// NRF24L01 setup

radio.begin();

radio.setChannel(74); // 2.472 GHz

radio.setDataRate(RF24_1MBPS); // 1 Mbps

radio.setPALevel(RF24_PA_LOW); // Sesuaikan dengan antena

radio.openWritingPipe(address);

radio.stopListening();

}

void loop() {

float humidity = dht.readHumidity();

float temperatureC = dht.readTemperature();

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



```
float lux = lightMeter.readLightLevel();
```

```
if (lux < 0) lux = 0;
```

```
int soilRaw = analogRead(SOIL_PIN);
```

```
float soilPercent = map(soilRaw, 3500, 1500, 0, 100);
```

```
soilPercent = constrain(soilPercent, 0, 100);
```

```
SensorData data = {temperatureC, humidity, lux, soilPercent};
```

```
// Kirim via NRF24L01
```

```
bool success = radio.write(&data, sizeof(data));
```

```
Serial.print("Kirim data NRF24: ");
```

```
Serial.println(success ? "Sukses" : "Gagal");
```

```
// LCD Rolling
```

```
unsigned long currentMillis = millis();
```

```
if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
```

```
previousMillis = currentMillis;
```

```
lcd.clear();
```

```
if (lcdState == 0) {
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Suhu:");
```

```
lcd.print(temperatureC, 1);
```

```
lcd.print((char)223);
```

```
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Hum :");
```

```
lcd.print(humidity, 1);
```

```
lcd.print("%");
```

```
lcdState = 1;
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

```
} else {  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Soil:");  
    lcd.print(soilPercent, 1);  
    lcd.print("%");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Lux :");  
    lcd.print(lux, 0);  
    lcdState = 0;  
}  
}  
delay(500);  
}
```



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Kode Arduino IDE Sisi Gateway :

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <RF24.h>

const char* ssid = "DASRIMINASAD";
const char* password = "FATHAMMUBINA10H ";
const char* scriptURL = "https://script.google.com/macros/s/AKfycbycIAhU2xqLc2yFHI71UnA0ou3oolWUMei_PZSj_kfIJn28Udy0T8Y_xWYPu7_zezyJK/exec ";

RF24 radio(5, 17); // CE, CSN
const byte address[6] = "NODE1";

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

struct SensorData {
    float suhu;
    float hum;
    float lux;
    float soil;
};

// Statistik paket
int totalPackets = 0;
int receivedPackets = 0;

void setup() {
```

Hak Cipta
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



©

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

```
Serial.begin(115200);
```

```
Wire.begin();
```

```
lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Gateway ESP32");
```

```
WiFi.begin(ssid, password);
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("WiFi...");
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
```

```
  delay(500);
```

```
  Serial.print(".");
```

```
}
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.print("WiFi Connected");
```

```
radio.begin();
```

```
radio.setChannel(74);           // 2.472 GHz
```

```
radio.setDataRate(RF24_1MBPS);  // 1 Mbps
```

```
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);  // Power Level
```

```
radio.openReadingPipe(1, address);
```

```
radio.startListening();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  static unsigned long lastPacketTime = 0;
```

```
  static unsigned long lastReportTime = 0;
```

```
  const unsigned long packetTimeout = 3000; // timeout 3 detik (anggap node kirim tiap ~2 detik)
```

```
  const int maxPacketWindow = 30;
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Politeknik Negeri Jakarta

```
if (radio.available()) {
```

```
  SensorData data;
```

```
  radio.read(&data, sizeof(data));
```

```
  receivedPackets++;
```

```
  totalPackets++;
```

```
// LCD dan Serial
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("T:");
```

```
lcd.print(data.suhu, 1);
```

```
lcd.print((char)223);
```

```
lcd.print(" H:");
```

```
lcd.print(data.hum, 0);
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("S:");
```

```
lcd.print(data.soil, 0);
```

```
lcd.print(" L:");
```

```
lcd.print(data.lux, 0);
```

```
Serial.printf("Diterima: Suhu: %.1f C, Hum: %.1f %%, Soil: %.1f %%, Lux: %.1f lx\n",
```

```
data.suhu, data.hum, data.soil, data.lux);
```

```
// Kirim ke Google Spreadsheet
```

```
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
```

```
  HTTPClient http;
```

```
  String url = String(scriptURL) +
```

```
  "?suhu=" + String(data.suhu, 1) +
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

```
"&hum=" + String(data.hum, 1) +
```

```
"&soil=" + String(data.soil, 1) +
```

```
"&lux=" + String(data.lux, 1);
```

```
http.begin(url);
```

```
int httpCode = http.GET();
```

```
if (httpCode > 0) {
```

```
Serial.println("Data terkirim ke Spreadsheet");
```

```
} else {
```

```
Serial.println("Gagal kirim data ke Spreadsheet");
```

```
}
```

```
http.end();
```

```
}
```

```
lastPacketTime = millis();
```

```
}
```

```
// Timeout: anggap data gagal diterima dalam window 3 detik
```

```
if (millis() - lastPacketTime > 3000 && totalPackets < 30) {
```

```
totalPackets++;
```

```
lastPacketTime = millis(); // reset timeout untuk iterasi berikutnya
```

```
}
```

```
// Tampilkan statistik setiap 30 percobaan
```

```
if (totalPackets >= 30) {
```

```
int missedPackets = totalPackets - receivedPackets;
```

```
Serial.println("=== Statistik 30 Percobaan ===");
```

```
Serial.print("Paket diterima : "); Serial.println(receivedPackets);
```

```
Serial.print("Paket gagal : "); Serial.println(missedPackets);
```

```
Serial.println("=====\\n");
```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



// Reset counter

totalPackets = 0;

receivedPackets = 0;

delay(200); // Hindari busy loop

}

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

