

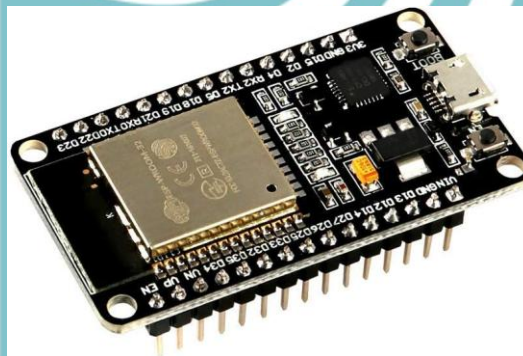
**Hak Cipta :**

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 II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 ESP32 Devkit V1

ESP32 Devkit V1 merupakan salah satu pengembangan dari mikrokontroler ESP32 yang dirancang oleh Espressif Systems. ESP32 Devkit V1 sangat fleksibel dan mendukung berbagai aplikasi berbasis IoT maupun *Artificial Intelligence* (AI). Keberadaan modul WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang terintegrasi, yang memungkinkan komunikasi data nirkabel yang efisien menjadi keunggulan utama dari ESP32 Devkit V1. Mikrokontroler ESP32 Devkit V1 dilengkapi dengan memori sebesar 448 kBROM, 520 kB SRAM, dan 4MB flash, serta berbagai antarmuka seperti 18 pin ADC (12-bit), empat unit SPI, dan dua unit I2C (Ginardi, R.V.H., *et al.*, 2025).



Gambar 2.1 ESP32 Devkit V1

Sumber: ESPBoards, 2025.

### 2.2 Sensor Radar Doppler HB100

HB100 *Miniature Microwave Sensor* merupakan modul *transceiver X-Band Bi-static Doppler* yang terdiri dari DRO (*Dielektrik Resonator Oscillator*) dan sepasang antena *microstrip patch* (antena pemancar/Tx dan antena penerima/Rx) serta *microwave mixer*, HB100 adalah salah satu sensor yang bekerja dengan prinsip Efek Doppler. Cara kerja dari modul sensor ini yaitu



**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

osilator mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan rentang frekuensi 10.52 – 10.53 GHz dan memancarkan sinyal ke objek dengan menggunakan sepasang antenna *patch microstrip*. Antena pengirim memancarkan sinyal dan sinyal pantulan diterima kembali oleh antenna penerima sehingga menimbulkan pergeseran frekuensi sesuai prinsip Doppler. Mixer menghasilkan sinyal yang merupakan perbedaan antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima (Firmansyah, T., *et al.*, 2023).



Gambar 2.2 Sensor Radar Doppler HB100

Sumber: Shashank Bagda, 2026.

Frekuensi doppler dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$F_d = 2V \left( \frac{F_t}{c} \right) \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$F_d$  = Frekuensi Doppler

$c$  = Kecepatan Cahaya ( $3 \times 10^8$  m/sec)

$V$  = Kecepatan Target

$F_t$  = Frekuensi Transmit

$\theta$  = Sudut antara arah gerak target dan sumbu modul

### 2.3 Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR)

Sensor PIR adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan sinar infra merah pada saat manusia atau hewan atau makhluk hidup lainnya melewati didepan sensor PIR. Secara definisi, sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) merupakan sebuah sensor yang biasa digunakan untuk mendeteksi





#### 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

keberadaan manusia dengan cara kerja melalui pendeteksi radiasi panas tubuh manusia yang dapat diubah menjadi tegangan (Sadrina *et al.*, 2023).



Gambar 2.3 Sensor Passive Infrared Receiver (PIR)

Sumber: ArduinoIndonesia, 2018.

## 2.4 Amplifier

Penguat operasional atau sering disebut OpAmp merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian terpadu (Integrated Circuit) (Nuryanto, 2017).

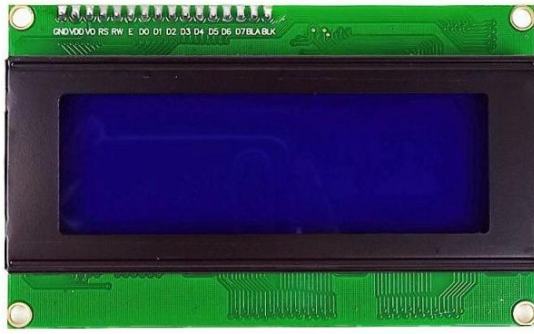
## 2.5 LCD I2C

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah instrumen penampil data elektronik yang menggunakan lapisan molekul kristal cair. Modul LCD I2C merupakan integrasi antara layar LCD dengan IC *I/O Expander* (seperti PCF8574). Modul ini memanfaatkan protokol *Inter-Integrated Circuit* (I2C) yang merupakan protokol komunikasi serial sinkron. I2C adalah komunikasi yang berulang antara dua arah standar yang memanfaatkan dua jalur untuk menerima dan mengirim data. Sistem menggunakan saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) untuk menyampaikan data antara pengontrol dan I2C (Yelvita, 2022).



### 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 2.4 LCD I2C 20x4

Sumber: Wikidfrobot, 2025.

## 2.6 Buzzer

Buzzer adalah salah satu komponen elektronika yang dapat mengganti sinyal listrik menjadi getaran suara. Buzzer dapat dimanfaatkan dengan DFRduino atau sistem pengendali lainnya dan dimanfaatkan untuk mengendalikan suara bel atau music MID sederhana (Arta, S., *et al.*, 2020).



Gambar 2.5 Buzzer

Sumber: Electropeak, 2026.

## 2.7 Push Button

Saklar tombol tekan (*push button switch*) adalah perangkat atau saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus

### 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

aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal (Nusyirwan, D., *et al.*,2021).

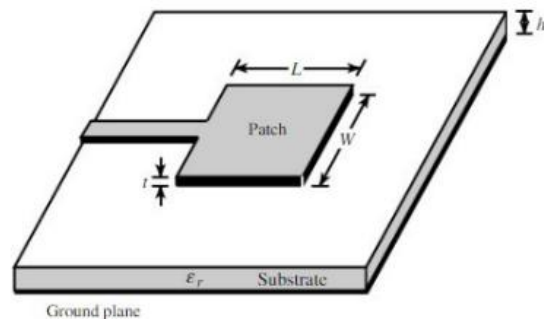


Gambar 2.6 Push Button

Sumber: GNSComponents, 2026.

## 2.8 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor yang menempel diatas ground plane yang dilapisi bahan dielektrik. Antena mikrostrip tersusun atas 4 elemen, yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat, saluran pencatu (*feed line*) dan bidang pentahanan (*ground plane*) (Andrieyani *et al.*,2020).



Gambar 2.7 Susunan Antena Mikrostrip

Sumber: Andrieyani *et al.*,2020.

Dimensi antena mikrostrip patch rectangular dapat dihitung menggunakan beberapa persamaan berikut, meliputi panjang gelombang ruang bebas ( $\lambda_0$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2)

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (2.2)$$





**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

Panjang Gelombang Saluran Transmisi ( $\lambda d$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3)

$$\lambda d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Konstanta Dielektrik Efektif ( $\epsilon_{eff}$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4)

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{h}{W_p} \right)}} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Lebar Patch ( $W_p$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5)

$$W_p = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Panjang Patch ( $L_p$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6)

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \dots\dots\dots(2.6)$$

$$L_p = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0,824 h \left( \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left( \frac{W_p}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left( \frac{W_p}{h} + 0,8 \right)} \right)$$

Jarak Antar Patch ( $d$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7)

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \dots\dots\dots(2.7)$$

Lebar *Groundplane* ( $W_g$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8)

$$W_g = 2 \times W_p \dots\dots\dots(2.8)$$



**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

Panjang *Groundplane* ( $L_g$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9)

$$L_s = L_g = 5 \times L_p \dots\dots\dots(2.9)$$

Konstanta Fasa atau Perambatan ( $\beta$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10)

$$\beta = \frac{377 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Panjang Feedline ( $L_f$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.11)

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda d \dots\dots\dots(2.11)$$

Lebar Feedline ( $W_f$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12)

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ \beta - 1 - \ln(2\beta - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(\beta - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots(2.12)$$

## 2.9 Pengukuran Parameter Antena

### 2.9.1 Pengukuran Port Tunggal

Pengukuran port tunggal adalah pengukuran tanpa melibatkan antena lain sebagai pemancar. Hal ini meliputi pengukuran frekuensi resonansi, *return loss*, VSWR, *bandwidth*, dan impedansi masukan. Return loss menunjukkan besarnya koefisien refleksi yang dipantulkan kembali oleh antena. Return loss dinyatakan dengan scattering parameter S11. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) merupakan perbandingan nilai maksimum dan minimum dari pola gelombang sepanjang saluran transmisi dimana beban dihubungkan dengannya. Kondisi match dicapai pada saat VSWR bernilai 1. Parameter *bandwidth* dalam hal ini merupakan rentang frekuensi kerja antena dimana pada rentang tersebut VSWR yang dihasilkan  $\leq 2$ , nilai ambang VSWR yang masih dapat ditoleransi. Nilai *bandwidth* dinyatakan dalam persamaan (2.13)

$$BW = f_h - f_L \dots\dots\dots(2.13)$$



**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

dimana :

$f_h$  = Frekuensi Tertinggi

$f_L$  = Frekuensi Terendah

### 2.9.2 Pengukuran Gain

Metode pengukuran *gain* metode tiga buah antenna. Dalam metode digunakan dua buah antenna yang identik dan *gain* dari antenna uji ditentukan dengan persamaan (2.14).

$$G_{AUT(dBi)} = (P_{AUT(dBi)} - P_{REF(dBi)}) + G_{REF(dBi)} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

$G_{AUT(dBi)}$  = Gain antenna yang diukur

$P_{AUT(dBi)}$  = Daya terima antenna yang diukur

$P_{REF(dBi)}$  = Daya terima antenna referensi

$G_{REF(dBi)}$  = Gain antenna referensi

### 2.9.3 Pengukuran Polaradiasi

Pola radiasi antenna merupakan fungsi matematis atau visualisasi grafis dari radiasi antenna sebagai fungsi dari koordinat sumbu. Secara umum pola radiasi antenna diukur dalam daerah medan jauh dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Hal ini karena pada daerah medan jauh, distribusi medan angular tidak tergantung dari jarak antenna.

Untuk pengukuran pola radiasi diperlukan jarak minimum medan jauh antara pengirim dan penerima, besarnya jarak minimum ini dirumuskan oleh Persamaan (2.15)

$$r_{min} = \frac{2D^2}{\lambda} \dots \dots \dots (2.15)$$





**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

dimana :

$r_{min}$  = Jarak minimum pemancar dengan penerima (m)

$D$  = Dimensi terbesar dari antena (m)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

## 2.10 Catu daya

Catu daya (*Power Supply*) adalah sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik. Catu daya menjadi bagian yang penting dalam elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik misalnya pada baterai atau accu. Pada dasarnya power supply ini mempunyai konstruksi rangkaian yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan. Istilah ini paling sering diterapkan ke perangkat yang mengubah satu bentuk energi listrik yang lain, meskipun juga dapat merujuk ke perangkat yang mengkonversi bentuk energi lain (misalnya, mekanik, kimia, solar) menjadi energi listrik. Secara umum prinsip rangkaian catu daya terdiri atas komponen utama yaitu; transformator, dioda dan kondensator. Dalam pembuatan rangkaian catu daya selain menggunakan komponen utama juga diperlukan komponen pendukung agar rangkaian berfungsi dengan baik. Ada dua sumber catu daya yaitu sumber AC dan sumber DC. Sumber AC yaitu sumber tegangan bolak – balik, sedangkan sumber tegangan DC merupakan sumber tegangan searah (Sitohang, E.P., *et al.*, 2018).

## 2.11 CST Studio Suite 2019

CST Studio Suite 2019 adalah perangkat lunak simulasi elektromagnetik yang kuat dan fleksibel. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis struktur elektromagnetik, termasuk antena. Dengan menggunakan CST, kita dapat: memodelkan geometri antena yang detail. Menentukan karakteristik radiasi antena, seperti *gain*, direktivitas, dan pola radiasi, mengoptimalkan desain antena untuk mencapai kinerja yang diinginkan, dan menganalisis efek dari perubahan parameter desain terhadap kinerja antena (An-Nisa, N., *et al.*, 2024).



**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



CST STUDIO SUITE 2019

Gambar 2.8 CST Studio Suite 2019

## 2.12 Arduino IDE

Software Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan aplikasi bawaan Arduino yang dapat mengendalikan mikro single-board yang bersifat open source yang dibangun untuk memperlancar user. Software Arduino dapat dimanfaatkan untuk membuat, membuka, mengkompilasi dan meng-upload program ke dalam board Arduino. Aplikasi Arduino IDE dirancang agar memudahkan penggunaanya dalam membuat berbagai aplikasi. Arduino IDE menggunakan bahasa C/C++ untuk pemrogramannya dengan fungsi-fungsi yang lengkap sehingga dapat ditinjau oleh pengguna baru (Junaidi & Prabowo, Y.D.,2018).



Gambar 2.9 Arduino IDE

## 2.13 Kecepatan Berjalan

Kecepatan berjalan manusia dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti usia, kelamin, tingkat mobilitas, waktu hari. Rata-rata kecepatan berjalan kelompok anak – anak adalah 1.4m/s dan kecepatan berjalan kelompok dewasa adalah 1.2m/s sedangkan untuk kecepatan berjalan kelompok lansia adalah 1.0m/s (Pinna, F., & Murrau, R.,2018). Dari percobaan yang dilakukan oleh Francesco



## © 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

Pinna dan Roberto Murrau yang dilakukan di pusat kota Oristano, Cagliari, Italia. Dengan total pejalan kaki 14.182 pejalan kaki dan dilakukan pada tempat yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Hasil yang mereka amati menunjukkan pejalan kaki yang lebih muda berjalan lebih cepat daripada yang lain, dengan perbedaan 19.2% dengan yang lebih tua.





**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

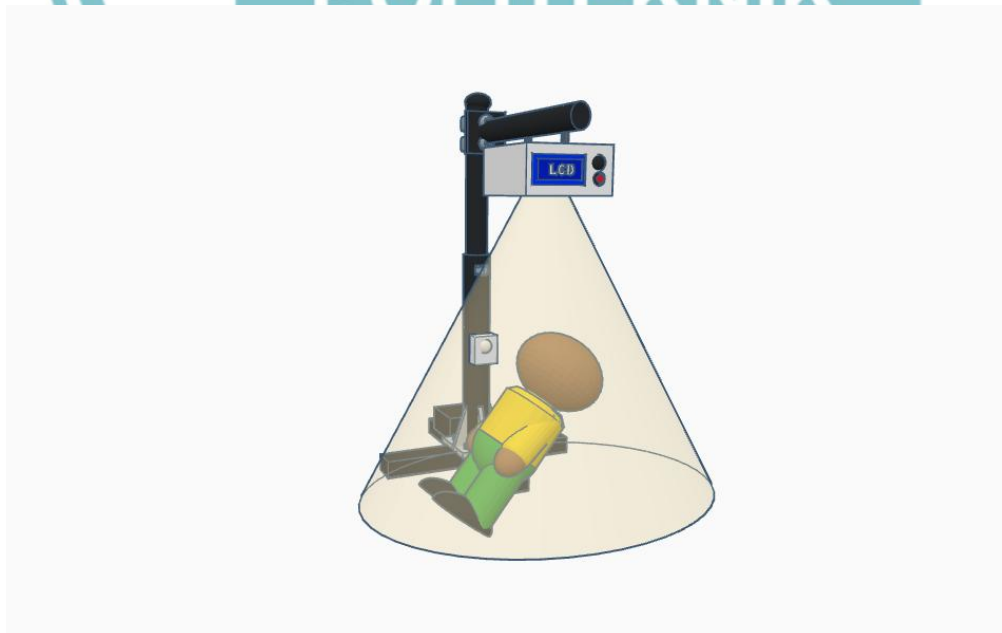
## BAB III

### PERENCANAAN DAN REALISASI

#### 3.1 Rancangan Alat

##### 3.1.1 Deskripsi Alat

Sistem pendeteksi jatuh nirsentuh dirancang menggunakan modul Doppler HB100 dan sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) untuk mengenali kejadian jatuh tanpa kontak langsung dengan pengguna berdasarkan prinsip efek Doppler yang diperkuat menggunakan rangkaian amplifier. Komponen dalam alat ini meliputi mikrokontroler ESP32, modul Doppler HB100, sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR), rangkaian amplifier, LCD I2C, *buzzer*, *push button reset*, dan catu daya. Data yang didapatkan dari sensor diproses melalui koneksi Wi-Fi oleh mikrokontroler untuk diteruskan ke firebase secara *real time* yang akan ditampilkan pada aplikasi Android sehingga kejadian jatuh dapat diketahui dengan cepat oleh pemantau. Penggunaan *dual* sensor dalam sistem untuk mengurangi *false positive rate*, di mana setiap sensor memberikan informasi yang saling melengkapi radar mendeteksi gerakan jatuh, sementara PIR mengkonfirmasi kehadiran objek dalam area monitoring.



Gambar 3.1 Ilustrasi Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Menggunakan Sensor Radar Doppler Berbasis Aplikasi Android



#### 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

Alat ini diuji coba dan dibandingkan dari dua modul doppler yaitu, modul dengan antenna bawaan (modul asli) dan modul dengan antenna mikrostrip hasil perancangan.

#### 3.1.2 Cara Kerja Alat

Cara kerja alat dimulai dari antenna mikrostrip X-Band frekuensi 10.52 GHz yang terhubung dengan modul Doppler HB100 untuk mendeteksi pergerakan tubuh manusia secara nirsentuh. Gelombang mikro yang dipantulkan oleh tubuh akan dipantulkan kembali ke sensor dengan mengalami pergeseran frekuensi sesuai dengan prinsip Doppler. Sinyal Doppler yang diterima di *port receiver* HB100 adalah sinyal analog beresonansi dengan frekuensi dalam *range* kHz hingga puluhan kHz, yang kemudian diamplifikasi menggunakan rangkaian *amplifier non-inverting* berbasis LM324 untuk meningkatkan *Signal to Noise Ratio* (SNR) sebelum dikonversi menjadi sinyal digital oleh ADC pada ESP32. Untuk meningkatkan akurasi deteksi, sistem dilengkapi sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) sebagai sensor pendukung untuk memvalidasi adanya objek dan memantau keberadaan objek dalam ruangan. Hasil deteksi ditampilkan melalui LCD I2C dan pada tampilan aplikasi Android, sedangkan buzzer digunakan sebagai indikator peringatan ketika terdeteksi kejadian jatuh dilengkap *push button reset* sebagai tombol untuk mematikan buzzer manual.

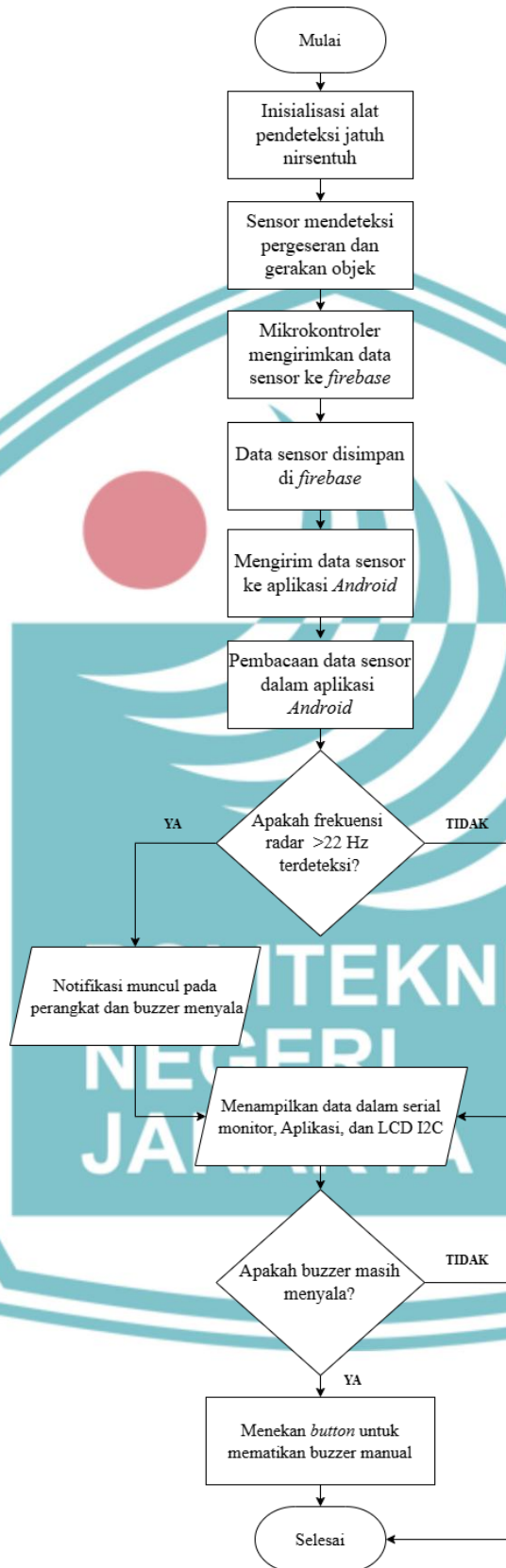
Sensor akan mendeteksi berdasarkan adanya pergeseran dari pantulan gelombang mikro ke objek serta dapat memantau keberadaan objek dalam ruangan oleh sensor PIR, apabila hasil pada indikator menunjukkan nilai frekuensi melewati batas *threshold* maka buzzer akan menyala dan notifikasi muncul pada perangkat pemantau. Indikator batas yang ditetapkan dari alat ini berdasarkan prinsip doppler yaitu frekuensi dari kecepatan pergeseran. Secara paralel dengan aktivasi alarm lokal, ESP32 mengirimkan data jatuh melalui koneksi Wi-Fi ke *Firebase Realtime Database*, di mana data tersebut disimpan dengan *timestamp*, memungkinkan aplikasi Android yang terhubung untuk menerima *push notification real-time* kepada pemantau. Alur kerja dari alat sistem pendeteksi jatuh nirsentuh ditunjukkan pada Gambar 3.2.



## © 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



Gambar 3.2 *Flowchart* Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Menggunakan Sensor Radar Doppler Berbasis Aplikasi Android





### 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

### 3.1.3 Spesifikasi Alat

Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Berbasis Aplikasi Android menggunakan beberapa komponen dengan spesifikasi komponen yang dirincikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen

| Alat                            | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESP32 Devkit C1                 | CPU Tensilica Xtensa 32-bit LX6 <i>Single-/Dual core</i><br><i>Operating voltage</i> 3.3V, <i>Input voltage</i> 5 – 12V (Vin), Digital IO Pin (DIO) 25, Analog <i>Input</i> Pin (ADC) 6, Analog <i>Output</i> Pin (DAC) 2 dengan total 30 Pin. |
| Sensor Doppler HB100            | Frekuensi transmisi 10.52 – 10.53 GHz (X-Band), output <i>operating voltage</i> 5V DC, arus operasi 30 – 40mA, daya pancar (EIRP) 15 dBm, <i>output</i> berupa sinyal <i>Intermediate Frequency</i> (IF) bernilai mikroVolt.                   |
| Sensor <i>Passive Infra Red</i> | Deteksi panas inframerah, beroperasi pada tegangan 5V – 12V DC, arus operasi < 15mA, jangkauan ≥ 6 meter, tipe <i>output</i> digital (DO), waktu respon 300 – 500 ms, delay dan sensitivitas dapat diatur menggunakan trimpot.                 |
| LCD I2C 20x4                    | Warna <i>backlight</i> biru, warna <i>text</i> putih, koneksi MCU I2C (SDA SCL) / 0x27, I2C address 0x3F / 0x27.                                                                                                                               |
| Amplifier                       | Beroperasi pada tegangan 5V DC untuk <i>Continious wave</i> (CW), menggunakan IC Op-Amp LM324 untuk penguatan sinyal hingga 10.000 kali. Memiliki tipe output analog (AO) berupa gelombang frekuensi Doppler.                                  |



**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

| Alat                | Keterangan                                                                                                                                                    |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Push Button R13-507 | <i>Push button self reset</i> 2 pin, arus operasi maksimal 3A/250VAC atau 6A/125VAC, dan suhu operasi - 25°C – +85°C.                                         |
| Buzzer SFM-20B      | Beroperasi pada tegangan 3 – 24V DC, arus operasi maksimal 30mA, frekuensi resonansi 500 – 3000 Hz, suara keluaran 85 dB, tipe suara <i>continuous beep</i> . |

Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Berbasis Aplikasi Android akan diuji menggunakan antena mikrostrip X-band dengan spesifikasi antena mikrostrip yang dirincikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Antena Mikrostrip

| Parameter                             | Keterangan     |
|---------------------------------------|----------------|
| Frekuensi Resonansi (fr)              | 10.52 GHz      |
| <i>Return loss</i>                    | ≥ 10 dB        |
| VSWR                                  | < 2            |
| Gain                                  | > 2 dBi        |
| Polaradiasi                           | Unidirectional |
| Bahan                                 | RT-Rogers 5880 |
| Ketebalan Bahan (h)                   | 1.575 mm       |
| Konstanta Dielektrik ( $\epsilon_r$ ) | 2.2            |
| Ketebalan Tembaga (t)                 | 0.035 mm       |
| Impedansi                             | 50 $\Omega$    |
| Loss Tangen                           | 0.0009         |
| Thermal                               | 0.2            |

Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Berbasis Aplikasi Android dilakukan pengujian fungsionalitas sensor radar doppler saat aktivitas normal dengan jarak 30 cm dari sensor pada posisi objek di depan seperti berjalan didapatkan hasil yang tercantum pada Tabel 3.3.





Tabel 3.3 Pengujian Sensor Radar saat Aktivitas Normal

| Pengujian<br>Ke-   | Nilai Radar (Hz) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                    | 1                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Hasil<br>Pengujian | 17               | 20 | 22 | 21 | 22 | 22 | 19 | 21 | 22 | 22 | 20 | 22 | 22 | 21 |

Berdasarkan *datasheet* MSAN-001 pada frekuensi 10.525 GHz didapatkan frekuensi doppler 19.49V di mana nilai V merupakan kecepatan target, untuk menetapkan nilai ambang batas sesuai dengan kebutuhan penelitian ini maka dilakukan perhitungan  $f_d$  menggunakan persamaan 2.1 dengan frekuensi *transmit* 10.52 GHz.

$$f_d = 2V \left( \frac{10.52 \times 10^9}{3 \times 10^8} \right) \cos 0$$

$$f_d = 2 \cdot V \cdot 35.0667$$

$$f_d = 70.133 \cdot V \text{ (meter/detik)}$$

$$f_d = 70.133 \cdot V \text{ (meter/detik)}$$

Setiap kecepatan 1 meter/detik akan menghasilkan pergeseran frekuensi Doppler sekitar 70.133V, berdasarkan rata – rata kecepatan berjalan pada sub bab 2.13 yang dikategorikan berdasarkan usia dengan kecepatan tertinggi pada anak – anak yaitu bernilai 1.4 m/s. Jika berdasarkan teori, frekuensi yang didapatkan adalah 98 Hz sedangkan pada pengujian sebanyak 15 kali saat aktifitas normal seperti berjalan dengan jarak 30 cm dari sensor, modul HB100 mendeteksi pergeseran frekuensi doppler 17 Hz – 22 Hz didapatkan nilai 22 Hz sebanyak 7 kali. Nilai tersebut setara dengan kecepatan 0.314 m/s dibuktikan dengan perhitungan di bawah ini.

$$V = \frac{22}{70.133} = 0.314 \text{ meter/detik}$$

Kecepatan yang didapatkan berada di bawah kecepatan berjalan normal, untuk menghindari kesalahan deteksi alat pendeteksi jatuh nirsentuh, maka implementasi alat disesuaikan kembali dengan fungsionalitas sensor radar. Nilai ambang batas

#### 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 :

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

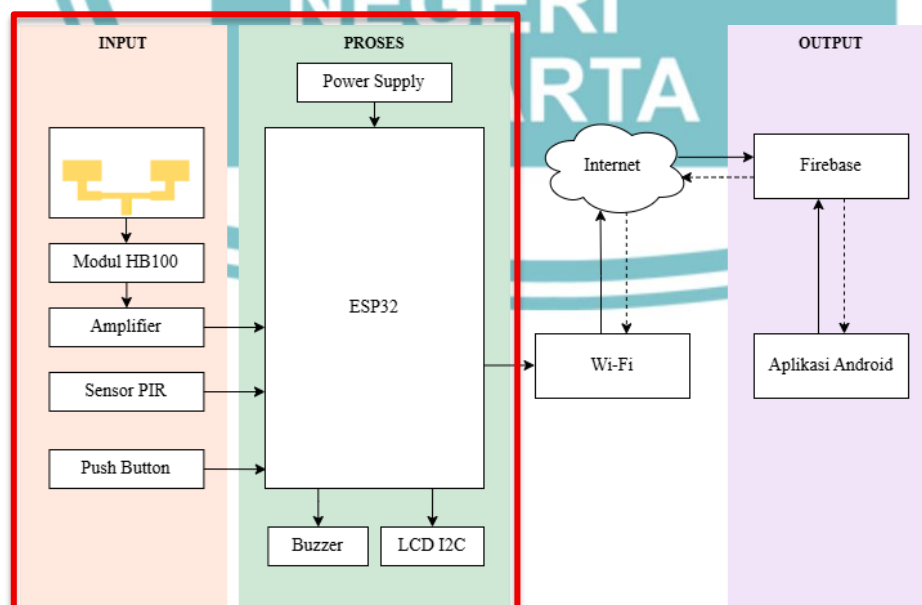
untuk mengklasifikasikan kondisi jatuh pada alat pendeteksi jatuh nirsentuh ditetapkan ketika frekuensi  $> 22$  Hz sedangkan jika frekuensi  $\leq 22$  Hz termasuk dalam kondisi aman (aktivitas normal). Selain itu, terdapat sensor PIR berfungsi untuk memantau keberadaan objek di ruangan. Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh Berbasis Aplikasi Android bekerja dengan membedakan kondisi jatuh dan aman (aktivitas normal) berdasarkan klasifikasi nilai frekuensi radar yang tercantum pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Klasifikasi Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

| Komponen | Nilai                    | Keterangan        |
|----------|--------------------------|-------------------|
| Radar    | Frekuensi : $\leq 22$ Hz | Aman              |
|          | Frekuensi : $> 22$ Hz    | Jatuh             |
| PIR      | 0                        | Objek : Tidak Ada |
|          | 1                        | Objek : Ada       |

### 3.1.4 Diagram Blok

Diagram blok dibuat dan dirancang untuk mempermudah pengerjaan alat dan mengetahui bagaimana hubungan antar sensor dengan mikrokontroler serta output yang digunakan.



Gambar 3.3 Diagram Blok Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh



**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

Sistem alat pendeteksi jatuh nirsentuh terbagi menjadi tiga blok utama yaitu Input, Proses, dan Output. Perancangan *hardware* dimuat dalam blok Input dan Proses meliputi antena mikrostrip X-band, modul HB100, sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR), *push button* dan keluaran *buzzer* serta LCD I2C yang diproses oleh mikrokontroler ESP32 dengan tegangan 5V dari catu daya. Antena mikrostrip X-band 10.52 GHz akan menggantikan salah satu sisi antena modul HB100.

Antena memancarkan gelombang dan menerima pantulannya untuk mendeteksi pergerakan serta kecepatan objek sehingga dapat membedakan kondisi terjatuh ( $> 22$  Hz) dan aman ( $\leq 22$  Hz). Sinyal keluaran modul HB100 berupa sinyal analog pada rentang mikroVolt, amplifier berfungsi memperkuat sinyal tersebut agar dapat dibaca dan diproses dengan baik oleh mikrokontroler. Sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia berdasarkan radiasi panas tubuh (inframerah) dengan output digital (0 atau 1) yang berfungsi untuk memvalidasi dan memantau keberadaan objek atau orang di dalam ruangan tersebut. *Push button* berfungsi sebagai tombol darurat untuk mematikan alarm. Buzzer menghasilkan suara peringatan di lokasi kejadian untuk memberi tahu orang di sekitar bahwa ada indikasi jatuh. Sedangkan LCD I2C berfungsi untuk menampilkan data sensor pada alat pendeteksi jatuh.

Alat pendeteksi jatuh nirsentuh menggunakan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk membaca sinyal input dari amplifier hasil keluaran sinyal modul HB100, Sensor PIR, dan Push Button. Kemudian data tersebut diproses menggunakan algoritma tertentu untuk mengklasifikasi kondisi jatuh atau aktivitas normal (aman).

### 3.2 Realisasi Alat

Realisasi alat merupakan implementasi dari rancangan sistem yang telah dibuat. Pada tahap ini, seluruh komponen perangkat keras yang telah dirancang dan dirakit, diintegrasikan sehingga membentuk sistem yang fungsional. Realisasi alat



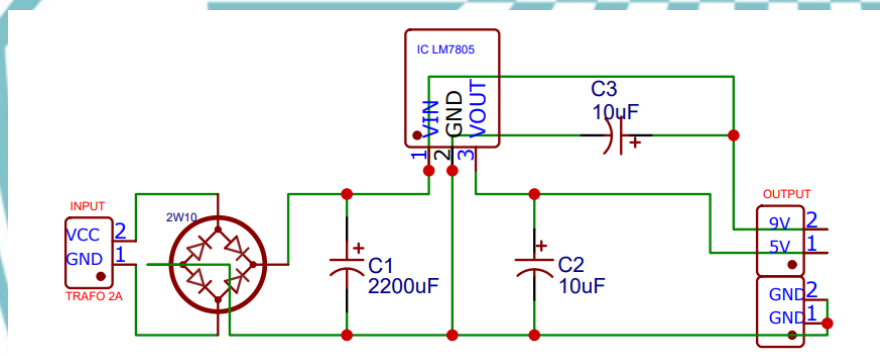
### Hak Cipta :

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

pendeteksi jatuh nirsentuh menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang bertugas untuk memproses dan mengolah data dari sistem.

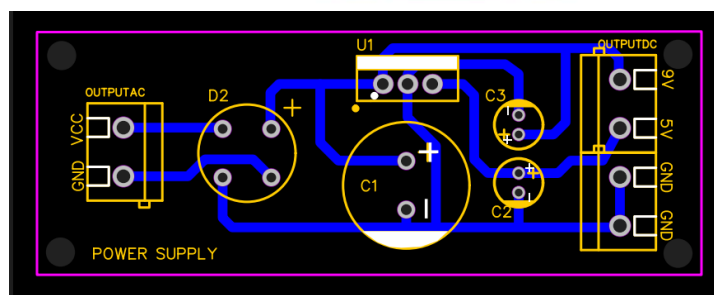
### 3.2.1 Rangkaian Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk mengubah tegangan yang sesuai kebutuhan perangkat elektronik. Tegangan yang dibutuhkan untuk alat pendeteksi jatuh nirsentuh yaitu sebesar 5V. Di mana perancangan catu daya terdiri dari komponen dioda bridge sebagai penyearah gelombang, kapasitor 2200 uF sebagai penyaring *ripple* atau fluktuasi dari sisa gelombang AC, dan IC LM7805 sebagai regulator tegangan dengan keluaran tegangan stabil pada 5V dan tambahan keluaran 9V seperti rangkaian skematik catu daya yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian Skematik Catu Daya

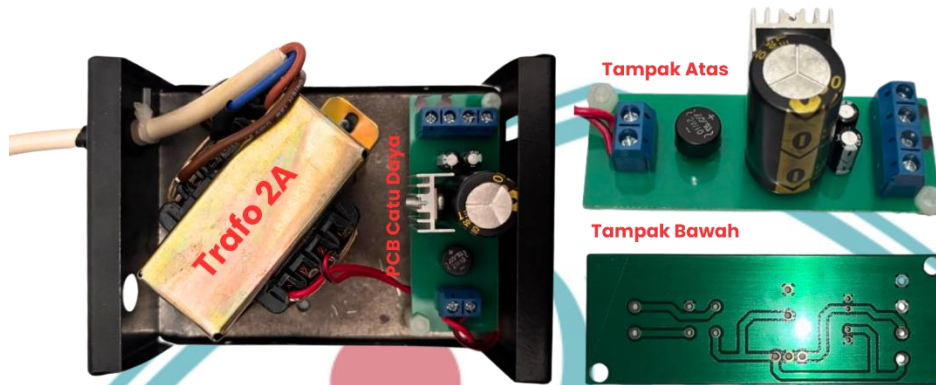
Pada Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian skematik catu daya yang terdapat dua terminal keluaran tegangan yaitu 5V dan 9V, di mana keluaran 5V akan memberikan tegangan ke pin VIN ESP32. Serta GND berfungsi sebagai *ground* pada rangkaian. Dari rangkaian skematik, layout PCB catu daya dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Layout PCB Catu Daya



Setelah dilakukan perancangan rangkaian skematik dan layout PCB, catu daya direalisasikan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.

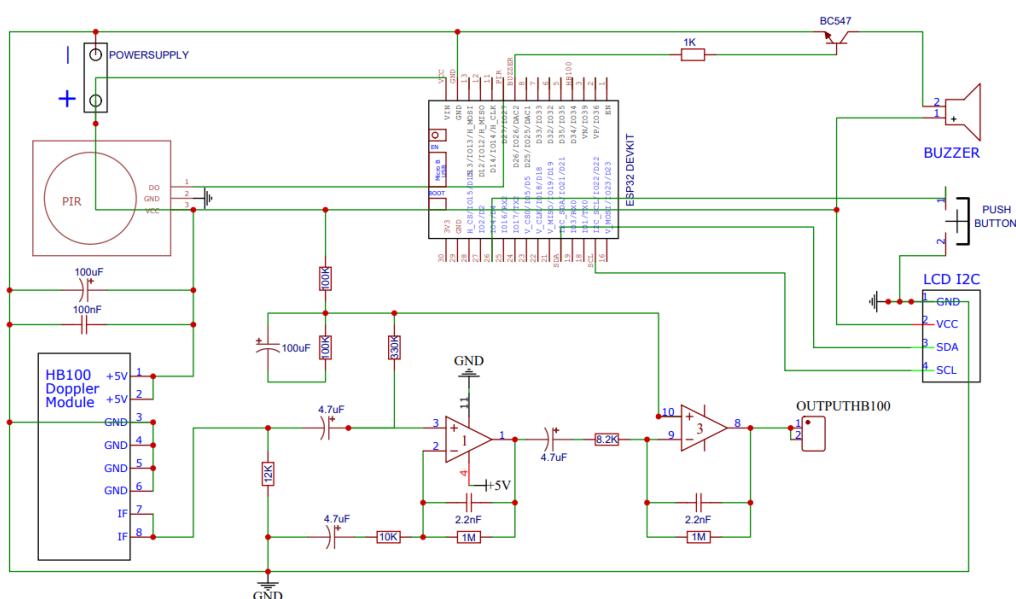


Gambar 3.6 Realisasi Catu Daya

Pada Gambar 3.6 menunjukkan hasil realisasi catu daya yang siap digunakan untuk memberikan tegangan ESP32.

### 3.2.2 Rangkaian Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

Alat pendeteksi jatuh nirsentuh terdiri dari beberapa komponen antara lain sensor radar doppler HB100, rangkaian amplifier, sensor PIR, buzzer, *push button*, LCD I2C, dan mikrokontroler ESP32 seperti rangkaian skematik pada Gambar 3.7.



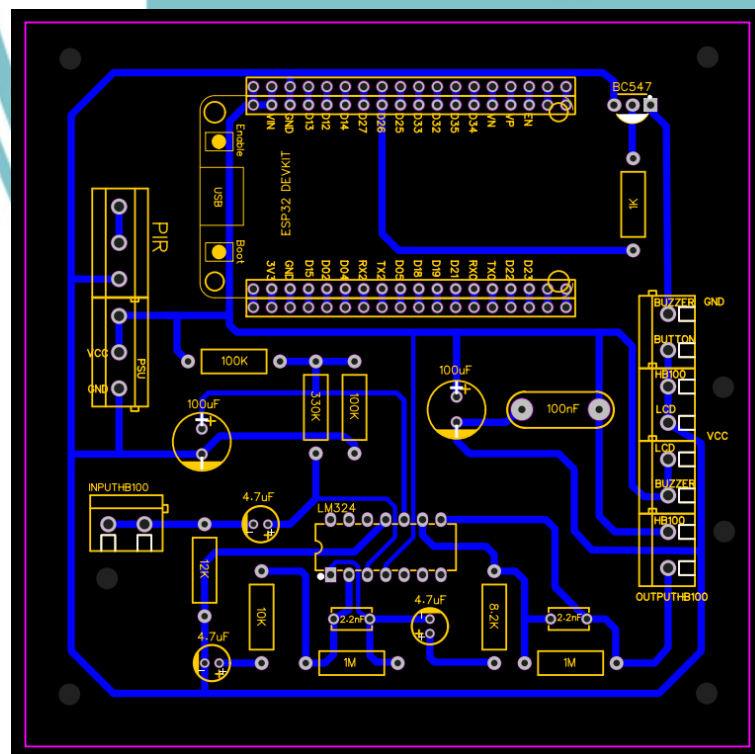
Gambar 3.7 Rangkaian Skematik Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Komponen pada ESP32

| Komponen                                | Pin ESP32 |
|-----------------------------------------|-----------|
| Sensor Radar Doppler HB100 (IF)         | IO34/D34  |
| Sensor <i>Passive Infrared Receiver</i> | IO27/D27  |
| Buzzer                                  | IO26/D26  |
| Push Button                             | IO4/D4    |
| LCD I2C Serial Data (SDA)               | IO21/D21  |
| LCD I2C Serial Clock (SCL)              | IO22/D22  |

Setelah perancangan rangkaian skematik, selanjutnya dibuat rancangan layout PCB utama dari alat pendeteksi jatuh nirsentuh yang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Layout* PCB Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

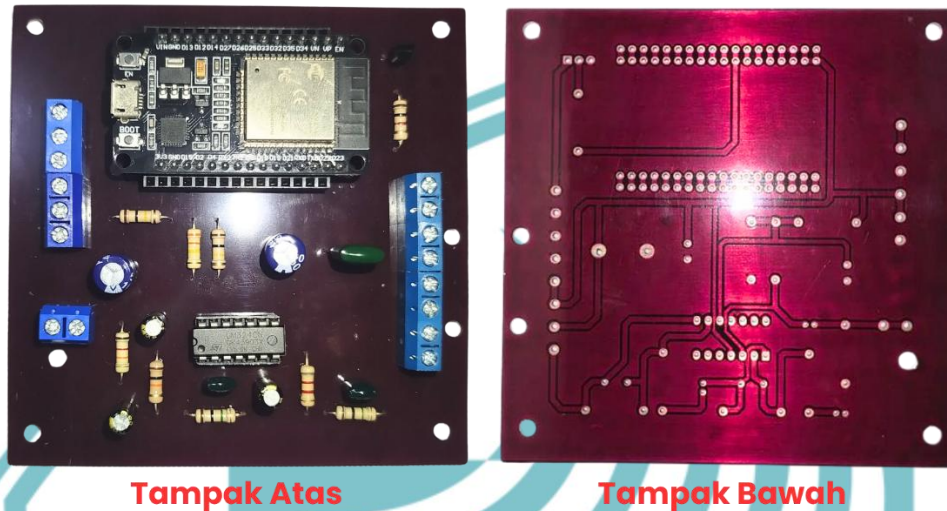




**Hak Cipta :**

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

Pada Gambar 3.8. menunjukkan hasil layout PCB utama alat pendeteksi jatuh nirsentuh. Dari layout tersebut, realisasi PCB utama alat pendeteksi jatuh nirsentuh dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Realisasi *Layout* PCB Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

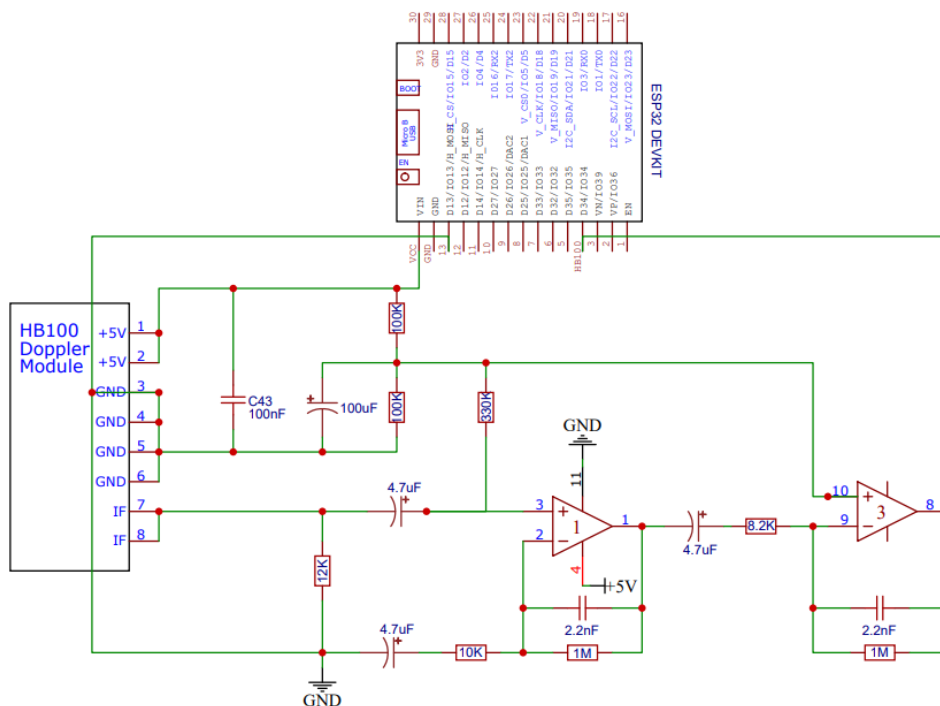
Berdasarkan Gambar 3.9. komponen saling terhubung langsung di dalam PCB dan terdiri beberapa terminal blok sebagai input ataupun output yang akan dihubungkan langsung dengan komponen.

### 3.2.3 Rangkaian Sensor HB100 dengan ESP32

Sensor pendeteksi jatuh nirsentuh ini menggunakan sensor radar doppler HB100 yang berfungsi mendeteksi adanya pergeseran objek dari pantulan gelombang mikro. Sensor radar mendeteksi pergeseran objek dengan frekuensi  $> 22$  Hz yang menandakan kondisi terjatuh dan frekuensi  $\leq 22$  Hz yang menandakan kondisi aman. Seluruh data langsung terkirim ke firebase (*realtime monitoring*), ketika kondisi terjatuh maka akan muncul notifikasi peringatan di dalam aplikasi Android. Pin IF pada sensor radar doppler HB100 terhubung dengan amplifier sebagai penguat output sinyal lalu keluaran amplifier masuk ke pin GPIO34 pada ESP32. Selanjutnya pin 5V terhubung dengan VIN dan GND terhubung dengan ground seperti pada Gambar 3.10. Koneksi pin 5V ke VIN dan GND ke *ground* pada modul HB100 memastikan bahwa radar Doppler menerima tegangan stabil yang diperlukan untuk *oscilasi* kristal pada 10.525 GHz .



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



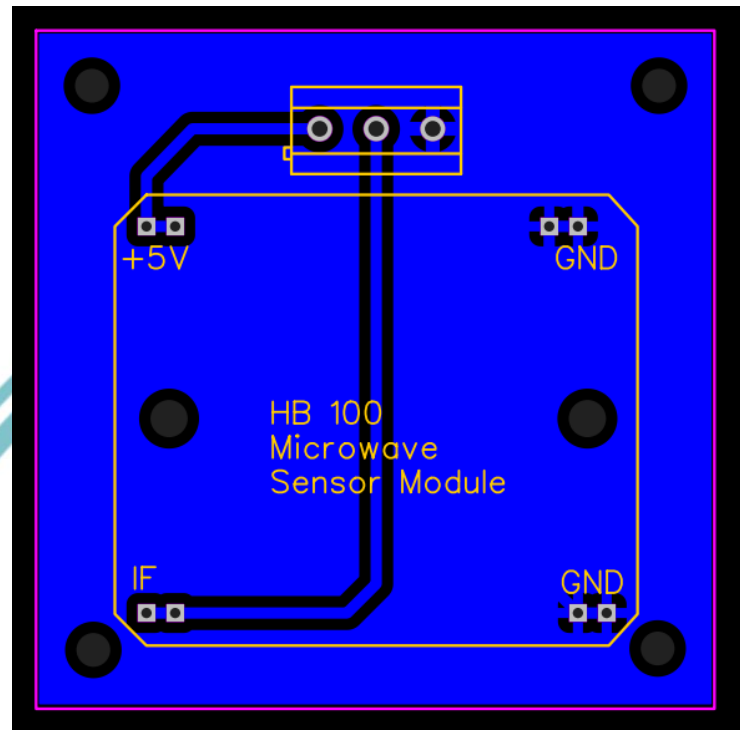
Pada Gambar 3.10. menunjukkan komponen HB100 yang terhubung dengan rangkaian amplifier dan ESP32. Dari pin IF HB100, diproses oleh amplifier yang menggunakan IC LM324 di mana output pada kaki 8 akan terhubung dengan pin GPIO34. IC LM324 dikonfigurasi sebagai *non-inverting amplifier* dengan *gain* yang dapat disesuaikan melalui resistor *feedback*, menghasilkan amplifikasi sinyal IF dari HB100 (range mV) menjadi level tegangan yang optimal untuk diproses ADC ESP32, sementara *bandwidth* lebar dari LM324 (hingga 1 MHz) memastikan sinyal Doppler pada frekuensi kHz hingga puluhan kHz dapat ditransmisikan tanpa atenuasi atau distorsi yang signifikan. Konfigurasi pin dari rangkaian skematik tersebut tercantum di dalam Tabel 3.6.

| <b>HB100</b> | <b>Pin ESP32</b> |
|--------------|------------------|
| Pin +5V      | VIN              |
| Pin GND      | GND              |
| Pin IF       | IO34/D34         |

**Hak Cipta :**

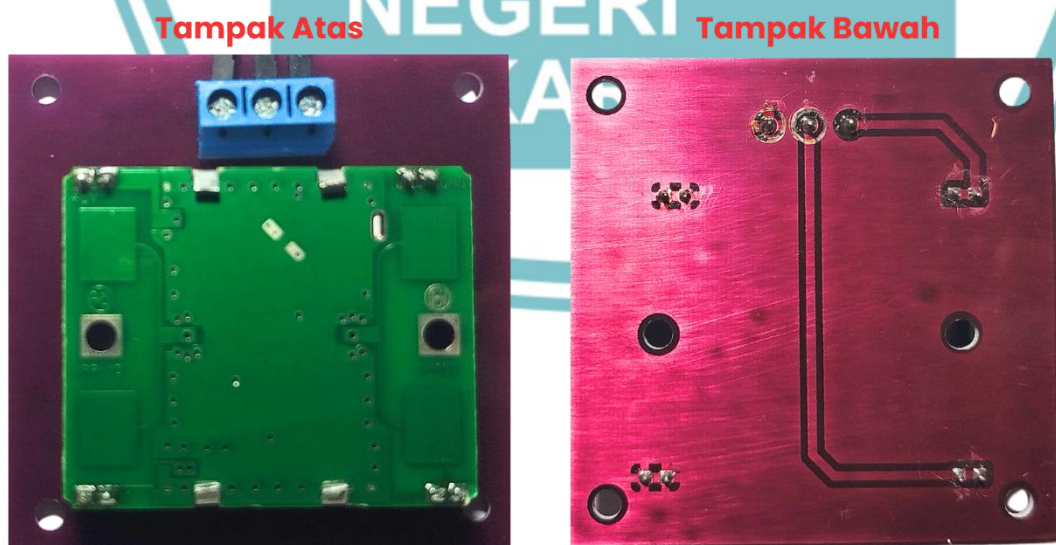
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Dari hasil rangkaian skematik, dibuat layout PCB yang dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Layout PCB HB100

Berdasarkan layout PCB HB100, direalisasikan PCB HB100 yang dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Realisasi PCB Modul Radar Doppler HB100



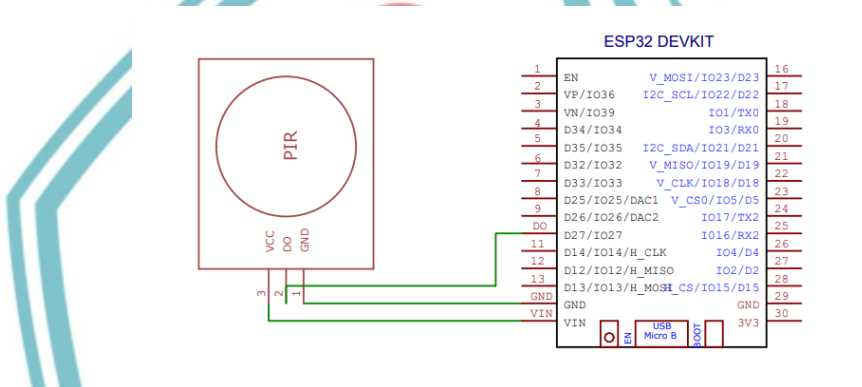
### Hak Cipta :

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

Pada Gambar 3.12 menunjukkan realisasi PCB HB100, di mana pin HB100 telah disatukan melalui jalur PCB dengan keluaran yang dapat dihubungkan melalui 3 pin terminal blok.

### 3.2.4 Rangkaian Sensor PIR dengan ESP32

Sensor pendeteksi jatuh terdapat sensor tambahan untuk memvalidasi keberadaan objek yang bekerja dengan cara mendeteksi perubahan suhu dari pergerakan objek. Rangkaian skematik sensor PIR yang terhubung dengan ESP32 dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Rangkaian Skematik Sensor Pir dan ESP32

Pada Gambar 3.13 menunjukkan rangkaian skematik sensor PIR yang terhubung dengan ESP32 di mana setiap pin dari sensor PIR tercantum pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Konfigurasi Pin Sensor PIR pada ESP32

| Sensor PIR | Pin ESP32 |
|------------|-----------|
| VCC        | VIN       |
| DO         | IO27/D27  |
| GND        | GND       |

Berdasarkan Tabel 3.7. terdapat tiga pin dari sensor PIR di mana output digital dari sensor PIR terhubung dengan ESP32 pada pin IO27. Sedangkan VCC atau sumber tegangan terhubung dengan jalur VIN ESP32.





**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

### 3.2.5 Realisasi Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

Alat pendeteksi jatuh nirsentuh terdiri dari kotak *casing* dan tiang, hasil perancangan 3D ditunjukkan pada Gambar 3.14. Terdapat dua kotak *casing* antara lain berisi sensor radar doppler dan sensor PIR.



Gambar 3.14 Visualisasi Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh 3D

Berdasarkan Gambar 3.14 dapat dilihat hasil realisasi alat pendeteksi jatuh nirsentuh yang ditunjukkan pada Gambar 3.15.



## © 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



Gambar 3.15 Realisasi Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

Pada Gambar 3.15 dapat terlihat realisasi alat pendeteksi jatuh nirsentuh yang dibuat sesuai perancangan awal dengan detail kotak yang digantung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16.



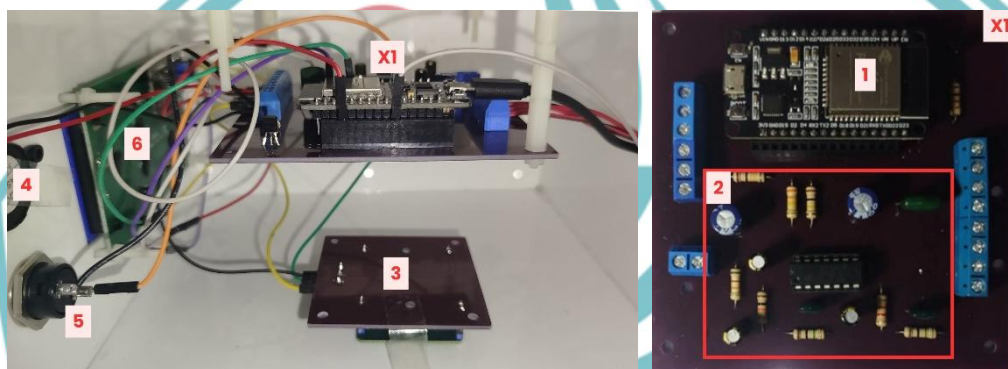
Gambar 3.16 Realisasi Kotak Casing Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh



### 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

Pada Gambar 3.16 terlihat bagian luar dari kotak *casing* yang terdiri dari LCD I2C, *Buzzer*, dan *Push Button*. Penempatan LCD I2C di sisi depan *casing* dirancang untuk memberikan *feedback* visual yang mudah dibaca oleh pengguna mengenai status sistem dan informasi deteksi jatuh, sementara *buzzer* dan *push button* ditempatkan pada bagian depan untuk memungkinkan pemantau dengan cepat mengenali suara *alarm* dan merespon kejadian darurat dengan mematikan *buzzer* secara manual jika diperlukan. Bagian dalam kotak *casing* dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Komponen dalam Kotak Casing Alat

Berdasarkan Gambar 3.17 berisi komponen dari alat pendeteksi jatuh nirsentuh yang diberi label dan dirincikan dalam Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Komponen dalam Kotak

| No | Nama Komponen       |
|----|---------------------|
| 1  | ESP32               |
| 2  | Rangkaian Amplifier |
| 3  | HB100               |
| 4  | Buzzer              |
| 5  | Push Button         |
| 6  | LCD I2C             |

### 3.2.6 Realisasi Antena Mikrostrip

#### 3.2.6.1 Perhitungan Antena Mikrostrip

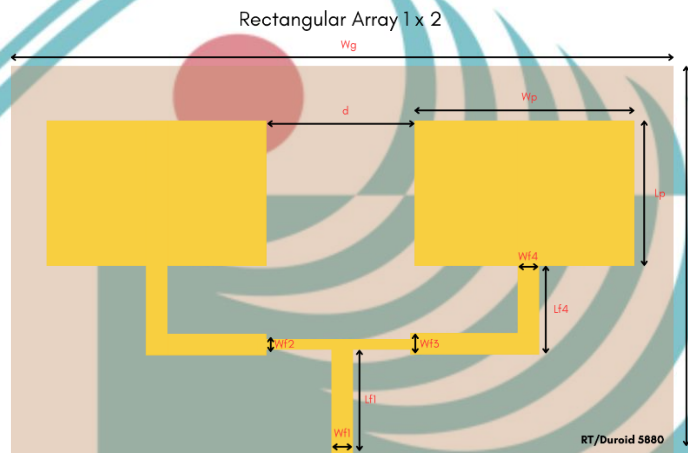




### Hak Cipta :

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

Antena Mikrostrip Array Rectangular 1 x 2 bahan RT-Rogers 5880 dirancang berdasarkan spesifikasi antena yang dibutuhkan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 dengan desain awal perancangan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.18. Untuk mendapatkan spesifikasi antena mikrostrip yang sesuai, dilakukan perhitungan berdasarkan rumus teori menggunakan persamaan 2.1 s.d. 2.12 dengan hasil perhitungan setiap parameter yang dapat dilihat dalam Tabel 3.9 dan Tabel 3.10 Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai acuan dimensi untuk simulasi pada CST Studio Suite 2019.



Gambar 3.18 Desain Rancangan Antena Mikrostrip X-band

Tabel 3.9 Perhitungan Antena Mikrostrip

| Parameter        | Perhitungan                                                                                                                                                            |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\lambda_0$      | $\lambda_0 = \frac{c}{f}$ $\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{10.52 \times 10^9 \text{ Hz}}$ $\lambda_0 = 0.02851 \text{ m}$ $\lambda_0 = 28.517 \text{ mm}$ |
| $W_p$            | $W_p = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$ $W_p = \frac{3 \times 10^8}{2(10.52 \times 10^9) \sqrt{\frac{2.2 + 1}{2}}}$ $W_p = 11.272 \text{ mm}$             |
| $\epsilon_{eff}$ | $\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{h}{W_p} \right)}} \right]$                             |



### 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

$$\epsilon_{eff} = \frac{2.2 + 1}{2} + \frac{2.2 - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{1.575}{11.272} \right)}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 1.6 + 0.6 (0.367)$$

$$\epsilon_{eff} = 1.967$$

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L$$

$L_p$

$$L_p = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824 h \left( \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W_p}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W_p}{h} + 0.8 \right)} \right)$$

$$L_p = \frac{3 \times 10^8}{2(10.52 \times 10^9)\sqrt{1.967}}$$

$$- 0.824 (1.575) \left( \frac{(1.967 + 0.3) \left( \frac{11.272}{1.575} + 0.264 \right)}{(1.967 - 0.258) \left( \frac{11.272}{1.575} + 0.8 \right)} \right)$$

$$L_p = 8.562 \text{ mm}$$

$d$

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f}$$

$$d = \frac{3 \times 10^8}{2(10.52 \times 10^9)}$$

$$d = 14.252 \text{ mm}$$

| Parameter   | Perhitungan                                                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $W_g$       | $W_g = 2 \times W_p$<br>$W_g = 2 \times 11.272 = 22.54 \approx 22 \text{ mm}$                                                         |
| $L_g$       | $L_g = 5 \times L_p$<br>$L_g = 5 \times 8.562 = 42.81 \approx 42 \text{ mm}$                                                          |
| $\lambda d$ | $\lambda d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$<br>$\lambda d = \frac{28.517}{\sqrt{1.967}}$<br>$\lambda d = 20.333 \text{ mm}$ |
| $L_f$       | $L_f = \frac{1}{4} \lambda d$                                                                                                         |



### 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

$$L_f = \frac{1}{4} (20.333) = 5.081 \text{ mm}$$

$$W_{f_1} \quad Z_0 = \frac{377 \cdot h}{W_f \sqrt{\epsilon_r}} \left[ \frac{1}{1 + 1.735 \times \epsilon_r^{-0.724} \left( \frac{W_{f_1}}{h} \right)^{-0.836}} \right]$$

$$50 = \frac{377 (1.575)}{W_{f_1} \sqrt{2.2}} \left[ \frac{1}{1 + 1.735 \times 2.2^{-0.724} \left( \frac{W_{f_1}}{1.575} \right)^{-0.836}} \right]$$

$$W_{f_1} = 6.0795 \text{ mm}$$

$$W_{f_2} \quad 70.71 = \frac{377 (1.575)}{W_{f_2} \sqrt{2.2}} \left[ \frac{1}{1 + 1.735 \times 2.2^{-0.724} \left( \frac{W_{f_2}}{1.575} \right)^{-0.836}} \right]$$

$$W_{f_2} = 3.872 \text{ mm} : 2 = 1.935 \text{ mm}$$

$$W_{f_3} \quad 100 = \frac{377 (1.575)}{W_{f_3} \sqrt{2.2}} \left[ \frac{1}{1 + 1.735 \times 2.2^{-0.724} \left( \frac{W_{f_3}}{1.575} \right)^{-0.836}} \right]$$

$$W_{f_3} = 2.354 \text{ mm}$$

Untuk mengetahui nilai parameter hasil perhitungan antenna mikrostrip frekuensi 10.52 GHz yang lebih jelas dirincikan dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Dimensi Awal Antena Mikrostrip

| Parameter                                               | Nilai     |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Panjang Gelombang ( $\lambda_0$ )                       | 28.517 mm |
| Panjang Gelombang Saluran Transmisi ( $\lambda_d$ )     | 20.333 mm |
| Konstanta Dielektrik Efektif Patch ( $\epsilon_{eff}$ ) | 1.967     |
| Lebar Patch ( $W_p$ )                                   | 11.272 mm |
| Panjang Patch ( $L_p$ )                                 | 8.562 mm  |
| Jarak Elemen ( $d$ )                                    | 14.252 mm |
| Lebar Groundplane ( $W_g$ )                             | 22 mm     |
| Panjang Groundplane ( $L_g$ )                           | 42 mm     |
| Panjang Feedline ( $L_f$ )                              | 5.081 mm  |



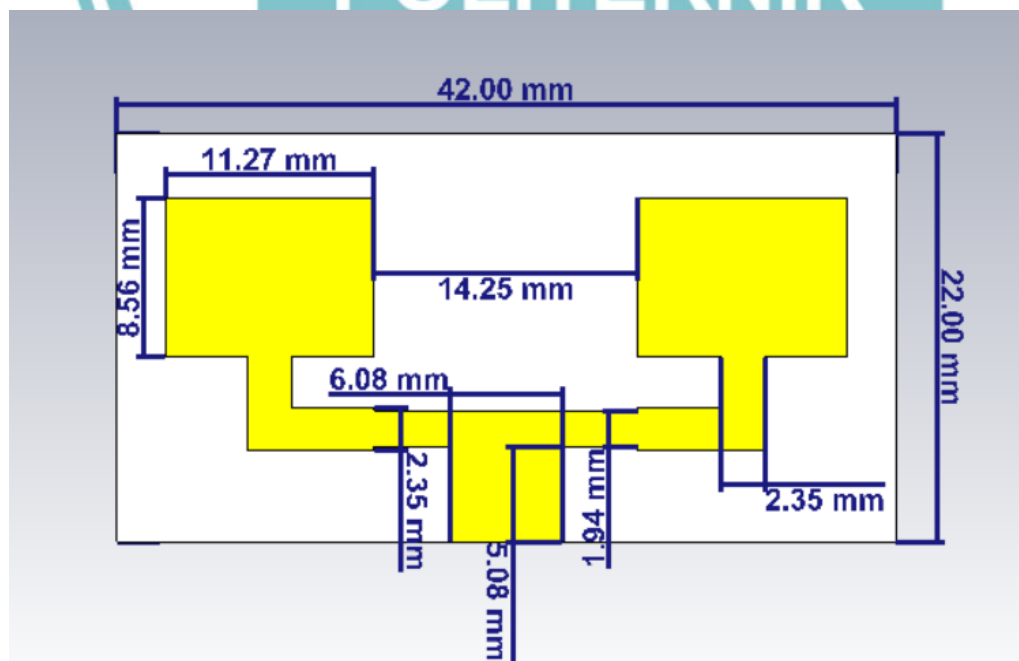
**Hak Cipta :**

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

| Parameter                                     | Nilai     |
|-----------------------------------------------|-----------|
| Lebar Feedline ( $W_f$ ) $Z_o = 50 \Omega$    | 6.0795 mm |
| Lebar Feedline ( $W_f$ ) $Z_o = 100 \Omega$   | 2.354 mm  |
| Lebar Feedline ( $W_f$ ) $Z_o = 70.71 \Omega$ | 1.935 mm  |

### 3.2.6.2 Simulasi Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip disimulasikan dengan software CST Studio Suite 2019, simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai parameter antena mikrostrip sebelum difabrikasi agar hasil yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan implementasi. Pada tahap setup simulasi, material *substrat* RT-Rogers 5880 dengan parameter  $\epsilon_r = 2.2$  dan *loss tangent* yang spesifik diinput ke dalam model CST, sedangkan ground plane diperlakukan sebagai *perfect electric conductor* (PEC) dengan *boundary condition* udara terbuka untuk mereplikasi kondisi radiasi nyata, sehingga hasil simulasi mencerminkan karakteristik antena dalam lingkungan operasional yang sebenarnya. Desain antena mikrostrip simulasi awal beserta dimensi pada perangkat lunak CST dapat dilihat pada Gambar 3.19. Dimensi yang terlihat pada desain CST merupakan tampilan nilai yang dibulatkan dari hasil yang tercantum dalam Tabel 3.10.

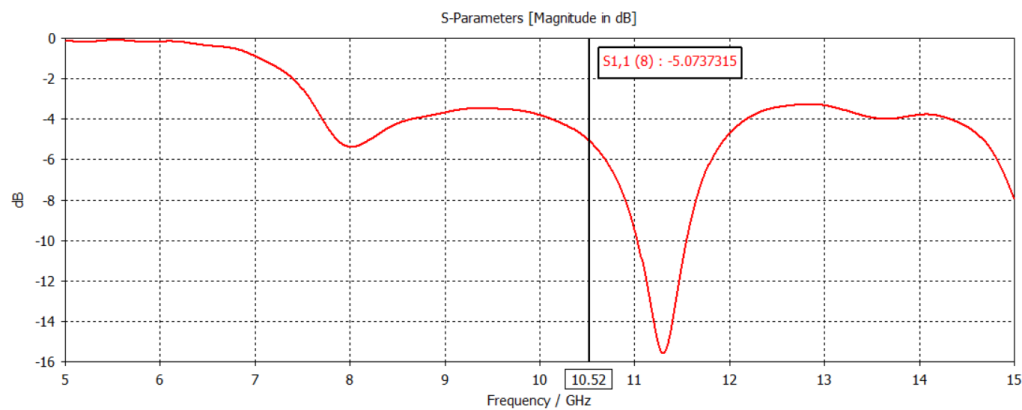


Gambar 3.19 Dimensi Awal Antena Mikrostrip

### Hak Cipta :

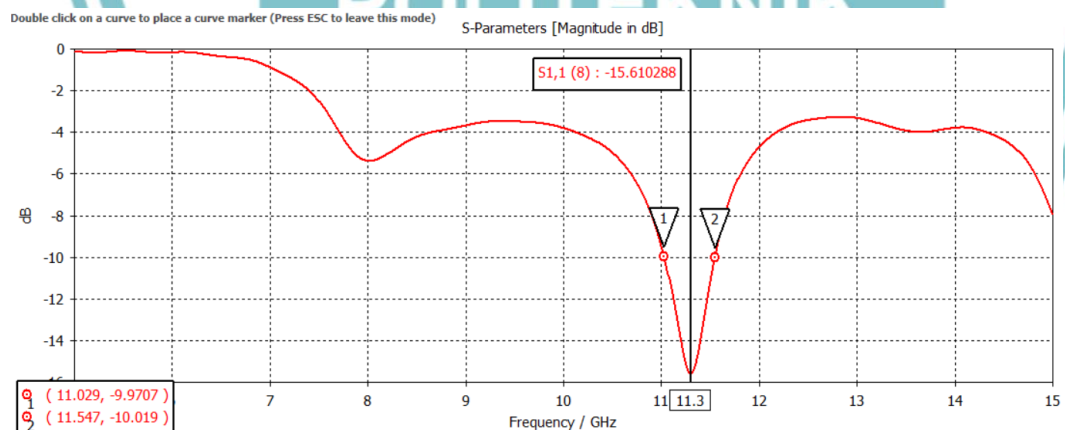
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Hasil simulasi dari CST Studio 2019 didapatkan nilai *return loss* yang dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 *Return Loss* Hasil Simulasi

Pada Gambar 3.20 didapatkan *return loss* -5.073 dB pada frekuensi 10.52 GHz. Tetapi berdasarkan desain hasil perhitungan awal, frekuensi resonansi belum jatuh di nilai 10.52 GHz. *Marker* frekuensi atas dan bawah dari simulasi awal ditunjukkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Frekuensi Atas dan Bawah Hasil Simulasi

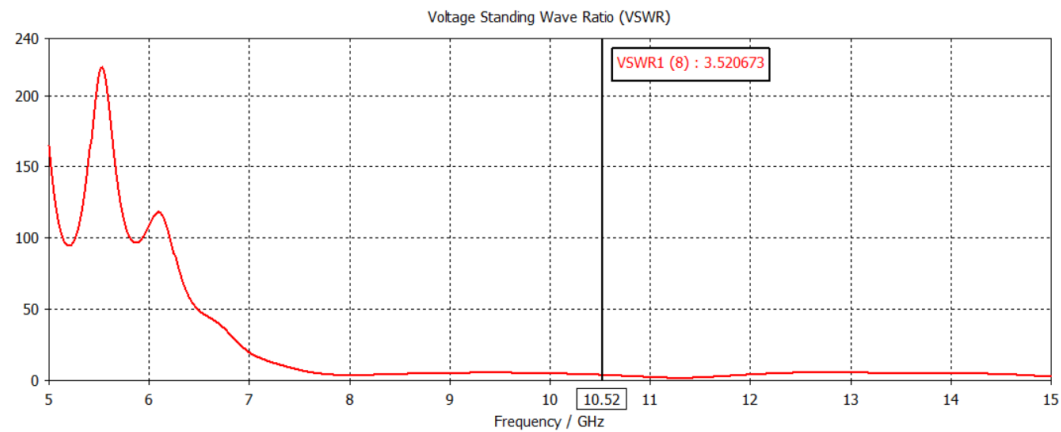
Berdasarkan Gambar 3.21 diketahui frekuensi atas dan bawah pada frekuensi resonansi (frekuensi paling rendah) 11.3 GHz yang dapat digunakan untuk



### Hak Cipta :

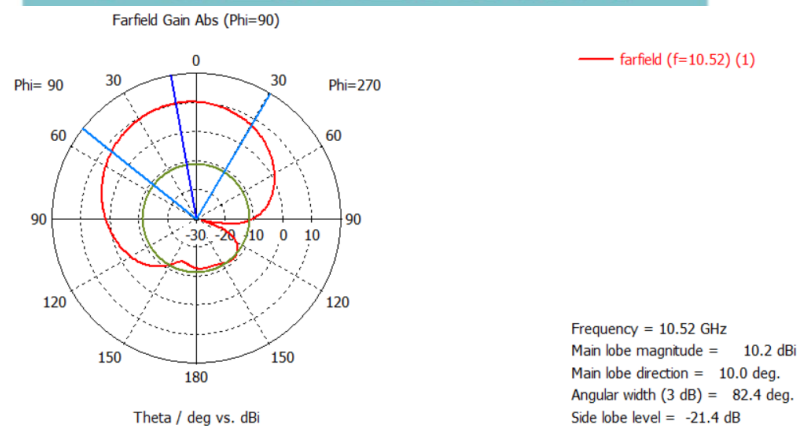
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

menghitung nilai *bandwidth*. Selanjutnya hasil simulasi VSWR ditunjukkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 VSWR Hasil Simulasi

Pada Gambar 3.22 dapat terlihat VSWR yang didapatkan pada frekuensi 10.52 GHz yaitu bernilai 3.520 belum memenuhi standar maksimal nilai parameter antenna dan nilai VSWR 3.520 menunjukkan *mismatch* yang signifikan mengakibatkan *standing wave* pada saluran transmisi. Hasil polaradiasi unidireksional dan *gain* dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Polaradiasi dan Gain Hasil Simulasi

Berdasarkan Gambar 3.23 hasil simulasi awal dengan pada frekuensi 10.52 GHz didapatkan polaradiasi unidireksional dan *gain* bernilai 10.2 dBi.





**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

### 3.2.6.3 Optimalisasi Antena Mikrostrip

Pada simulasi awal, frekuensi resonansi belum berada di angka 10.52 GHz sehingga perlu dilakukan optimalisasi, pada perancangan ini dilakukan sebanyak 40 kali optimalisasi pada dimensi yang ditandai warna kuning hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan. Hasil optimalisasi antena mikrostrip 10.52 GHz ditunjukkan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Optimalisasi Antena Mikrostrip

| No | Dimensi |        |       |       |       |        | Hasil       |      |      |
|----|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------------|------|------|
|    | Lp      | Wf1    | Wf2   | Wf3   | Wf4   | Wp     | Return Loss | VSWR | Gain |
| 0  | 8.562   | 6.0795 | 1.935 | 2.354 | 2.354 | 11.27  | -5.053      | 3.53 | 10.2 |
| 1  | 8.556   | 6.0795 | 1.935 | 2.354 | 2.354 | 11.267 | -5.049      | 3.53 | 10.2 |
| 2  | 8.28    | 6.0795 | 1.6   | 1.6   | 1.6   | 12.267 | -7.276      | 2.52 | 10.3 |
| 3  | 8.28    | 5      | 1.6   | 1.6   | 1.6   | 12.267 | -7.164      | 2.56 | 10.2 |
| 4  | 8.28    | 4      | 1.6   | 1.6   | 1.6   | 12.267 | -6.136      | 2.94 | 10.1 |
| 5  | 8.28    | 3      | 1.6   | 1.6   | 1.6   | 12.267 | -4.685      | 3.79 | 10   |
| 6  | 8.28    | 2      | 1.6   | 1.6   | 1.6   | 12.267 | -3.112      | 5.64 | 9.94 |
| 7  | 8.28    | 2      | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 12.267 | -3.395      | 5.18 | 9.94 |
| 8  | 8.28    | 2      | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 12.267 | -3.715      | 4.74 | 9.94 |
| 9  | 8.28    | 2      | 1.3   | 1.3   | 1.3   | 12.267 | -4.089      | 4.32 | 9.93 |
| 10 | 8.28    | 2      | 1.2   | 1.2   | 1.2   | 12.267 | -4.519      | 3.92 | 9.93 |
| No | Dimensi |        |       |       |       |        | Hasil       |      |      |
|    | Lp      | Wf1    | Wf2   | Wf3   | Wf4   | Wp     | Return Loss | VSWR | Gain |
| 11 | 8.28    | 2      | 1.1   | 1.1   | 1.1   | 12.267 | -4.985      | 3.57 | 9.92 |
| 12 | 8.28    | 2      | 1     | 1     | 1     | 12.267 | -5.552      | 3.23 | 9.91 |
| 13 | 8.28    | 2      | 1.7   | 1.7   | 1.7   | 12.267 | -2.862      | 6.12 | 9.95 |
| 14 | 8.28    | 2      | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 12.267 | -2.641      | 6.62 | 9.95 |
| 15 | 8.28    | 2      | 1.9   | 1.9   | 1.9   | 12.267 | -2.442      | 7.15 | 9.95 |
| 16 | 8.28    | 2      | 2     | 2     | 2     | 12.267 | -2.264      | 7.71 | 9.96 |
| 17 | 8.28    | 2      | 1.9   | 2     | 2     | 12.267 | -2.327      | 7.50 | 9.96 |
| 18 | 8.28    | 2      | 1.8   | 2     | 2     | 12.267 | -2.492      | 7.01 | 9.95 |
| 19 | 8.28    | 2      | 1.7   | 2     | 2     | 12.267 | -2.624      | 6.66 | 9.96 |
| 20 | 8.28    | 2      | 1.6   | 2     | 2     | 12.267 | -2.757      | 6.35 | 9.96 |
| 21 | 8.28    | 2      | 1.5   | 2     | 2     | 12.267 | -2.924      | 5.99 | 9.96 |
| 22 | 8.28    | 2      | 1.4   | 2     | 2     | 12.267 | -3.097      | 5.66 | 9.96 |
| 23 | 8.28    | 2      | 1.3   | 2     | 2     | 12.267 | -3.278      | 5.36 | 9.97 |
| 24 | 8.28    | 2      | 1.2   | 2     | 2     | 12.267 | -3.482      | 5.05 | 9.97 |
| 25 | 8.28    | 2      | 1.1   | 2     | 2     | 12.267 | -3.745      | 4.70 | 9.97 |



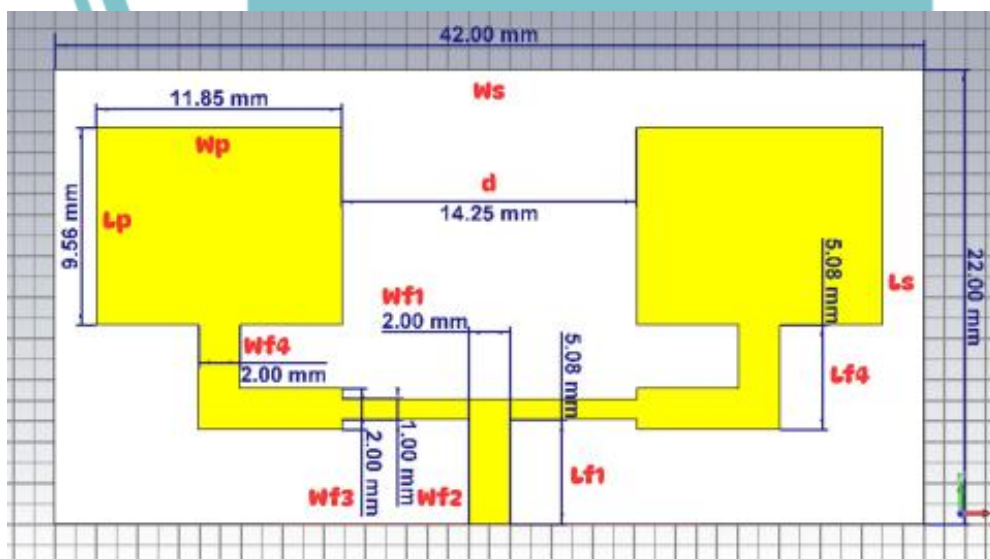
## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 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

|    |       |   |   |   |   |        |         |       |      |
|----|-------|---|---|---|---|--------|---------|-------|------|
| 26 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 12.267 | -4.013  | 4.40  | 9.97 |
| 27 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 12.467 | -4.164  | 4.25  | 9.94 |
| 28 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 12.067 | -3.874  | 4.55  | 9.99 |
| 29 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.867 | -3.738  | 4.717 | 10   |
| 30 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.865 | -3.737  | 4.719 | 10   |
| 31 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.86  | -3.734  | 4.723 | 10   |
| 32 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.855 | -3.731  | 4.727 | 10   |
| 33 | 8.28  | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -3.727  | 4.73  | 10   |
| 34 | 8.556 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -4.697  | 3.78  | 9.83 |
| 35 | 8.756 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -5.855  | 3.07  | 9.61 |
| 36 | 8.956 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -7.674  | 2.40  | 9.36 |
| 37 | 9.156 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -10.703 | 1.82  | 9.19 |
| 38 | 9.356 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -16.391 | 1.35  | 9.08 |
| 39 | 9.456 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -22.33  | 1.16  | 9.03 |
| 40 | 9.556 | 2 | 1 | 2 | 2 | 11.85  | -61.07  | 1.00  | 8.99 |

Untuk mendapatkan frekuensi resonansi 10.52 GHz dengan parameter yang sesuai dengan spesifikasi maka perlu dilakukan optimalisasi, pencapaian optimalisasi final pada iterasi ke-40 menunjukkan bahwa desain antenna telah berada pada nilai optimal di mana parameter-parameter antenna memenuhi semua kriteria spesifikasi sehingga hasil desain akhir pada Gambar 3.24 dapat digunakan untuk proses fabrikasi PCB tanpa memerlukan revisi geometri lebih lanjut. Desain akhir hasil optimalisasi ke - 40 ditunjukkan pada Gambar 3.24.

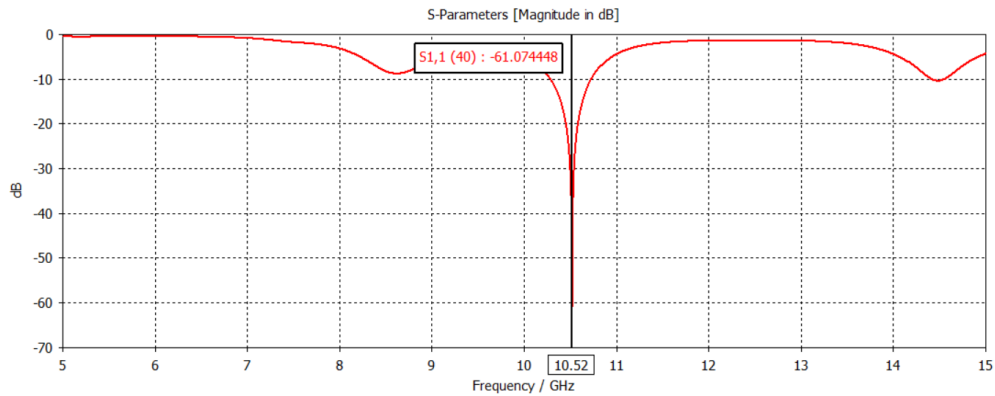


Gambar 3.24 Dimensi Patch Antena Mikrostrip Hasil Optimalisasi

### Hak Cipta :

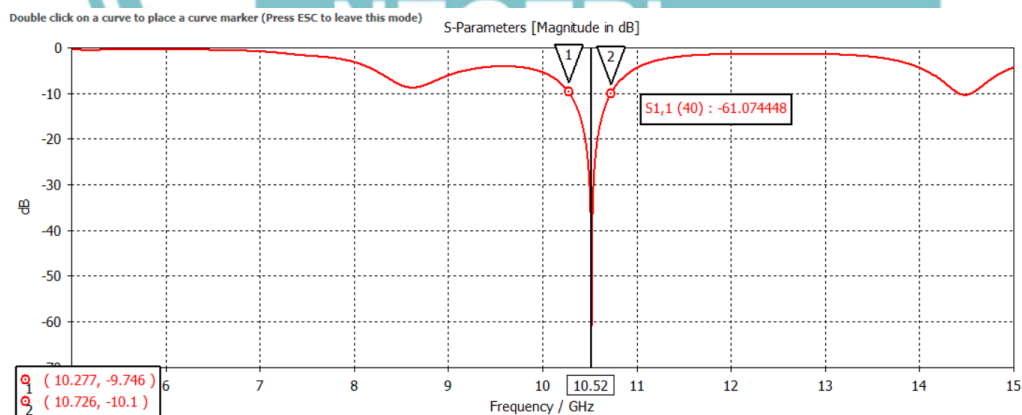
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Berdasarkan Gambar 3.24 dimensi antenna mikrostrip akhir hasil optimalisasi, hasil simulasi *return loss* dapat dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25 *Return Loss* Hasil Optimalisasi

Pada Gambar 3.25 parameter *return loss* yang didapatkan dari frekuensi resonansi yang tepat jatuh pada 10.52 GHz bernilai -61.07 dB menunjukkan *matching* impedansi yang antara antenna dan sumber sinyal 50  $\Omega$ , di mana nilai negatif yang besar berarti bahwa daya yang dipancarkan tersebut telah ditransmisikan ke antenna dengan efisiensi radiasi sangat tinggi (> 99%). Marker frekuensi atas dan bawah dari simulasi akhir ditunjukkan pada Gambar 3.26.



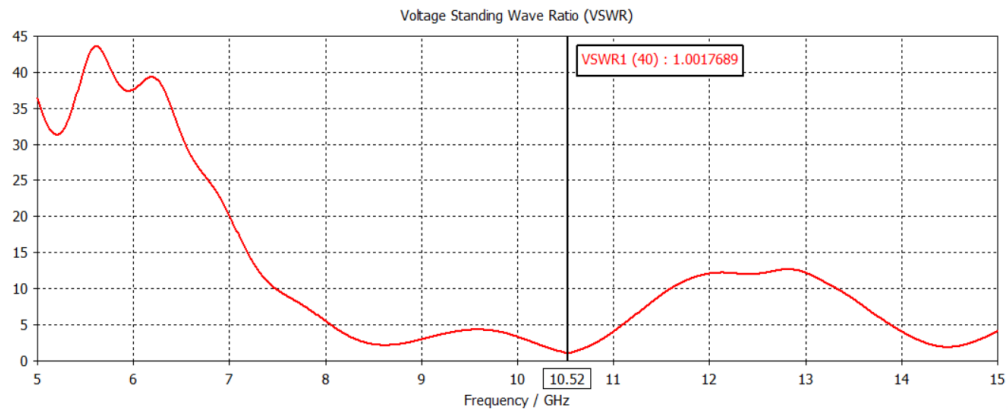
Gambar 3.26 Frekuensi Atas dan Bawah Hasil Optimalisasi

Berdasarkan Gambar 3.26 diketahui frekuensi atas dan bawah pada frekuensi 10.52 GHz yang dapat digunakan untuk menghitung nilai *bandwidth*. Selanjutnya hasil simulasi VSWR ditunjukkan pada Gambar 3.27.



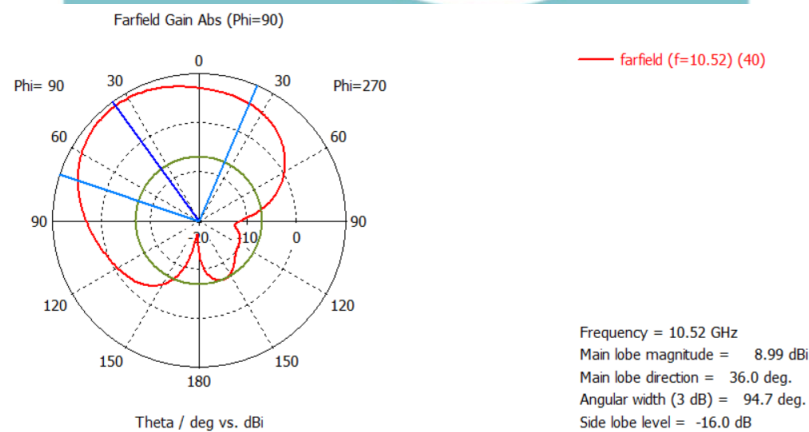
### Hak Cipta :

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



Gambar 3.27 VSWR Hasil Optimalisasi

Pada Gambar 3.27 didapatkan VSWR hasil optimalisasi dengan nilai 1.001 pada frekuensi 10.52 GHz menunjukkan *matching* impedansi yang sempurna antara antenna mikrostrip dan saluran transmisi 50  $\Omega$ , di mana nilai VSWR yang sangat mendekati 1.0 (ideal) sehingga integritas sinyal RF tetap terjaga dalam seluruh jalur transmisi dari port hingga ke antenna.. Hasil polaradiasi dan *gain* dapat dilihat pada Gambar 3.28.



Gambar 3.28 Polaradiasi dan Gain Hasil Optimalisasi

Berdasarkan Gambar 3.28 pada frekuensi 10.52 GHz didapatkan polaradiasi unidireksional dengan nilai *gain* sebesar 8.99 dBi. Hasil simulasi dan optimalisasi parameter antenna mikrostrip tercantum di dalam Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Parameter Hasil Simulasi Awal dan Optimalisasi Antena Mikrostrip



### 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

| Parameter          | Simulasi Awal  | Optimalisasi   |
|--------------------|----------------|----------------|
| Frekuensi (f)      | 10.52 GHz      | 10.52 GHz      |
| <i>Return loss</i> | -5.073 dB      | -61.07 dB      |
| VSWR               | 3.520          | 1.001          |
| Gain               | 10.2 dBi       | 8.99 dBi       |
| Bandwidth          | -              | 449 MHz        |
| Polaradiasi        | Unidireksional | Unidireksional |

Peningkatan signifikan pada parameter return loss dari -5.073 dB (simulasi awal) menjadi -61.07 dB (setelah optimalisasi) menunjukkan bahwa proses iterasi desain telah berhasil mengkonversi antenna dari kondisi tidak *matching* menjadi *matching* dengan efisiensi radiasi meningkat drastis dari ~31% menjadi >99%, membuktikan efektivitas algoritma parameter *sweep* dalam mencapai target frekuensi resonansi. Meskipun nilai gain menurun sedikit dari 10.2 dBi menjadi 8.99 dBi, penurunan gain ini karena peningkatan drastis pada *return loss* dan VSWR memastikan bahwa daya radiasi yang sebenarnya tercapai pada antenna jauh lebih tinggi dibandingkan desain awal yang memiliki *matching* buruk dan kehilangan daya akibat refleksi. Dimensi antenna mikrostrip dari hasil perhitungan awal dan setelah optimalisasi tercantum di dalam Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Perbandingan Dimensi Antena Simulasi Awal dan Setelah Optimalisasi

| Parameter                              | Awal      | Optimalisasi |
|----------------------------------------|-----------|--------------|
| Lebar Patch ( $W_p$ )                  | 11.267 mm | 11.85 mm     |
| Panjang Patch ( $L_p$ )                | 8.556 mm  | 9.556 mm     |
| Jarak Elemen ( $d$ )                   | 14.252 mm | 14.252 mm    |
| Lebar <i>Groundplane</i> ( $W_g$ )     | 22 mm     | 22 mm        |
| Panjang <i>Groundplane</i> ( $L_g$ )   | 42 mm     | 42 mm        |
| Panjang Feedline ( $L_{f1} = L_{f4}$ ) | 5.081 mm  | 5.081 mm     |
| Lebar Feedline ( $W_{f1}$ )            | 6.0795 mm | 2 mm         |
| Lebar Feedline ( $W_{f2}$ )            | 1.935 mm  | 1 mm         |



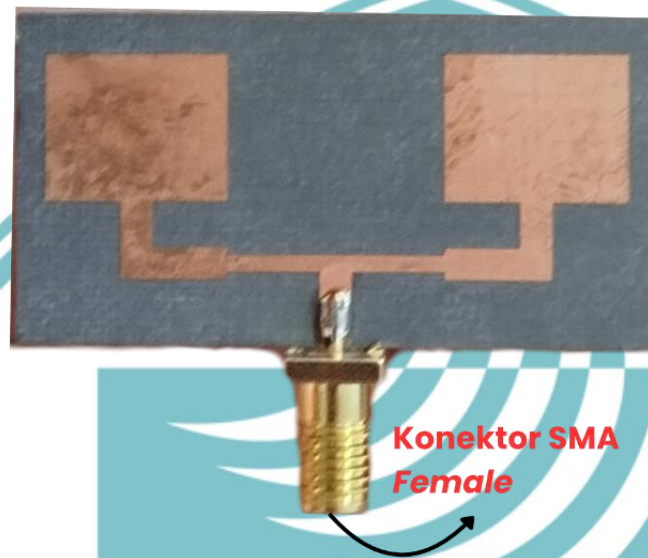


### Hak Cipta :

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

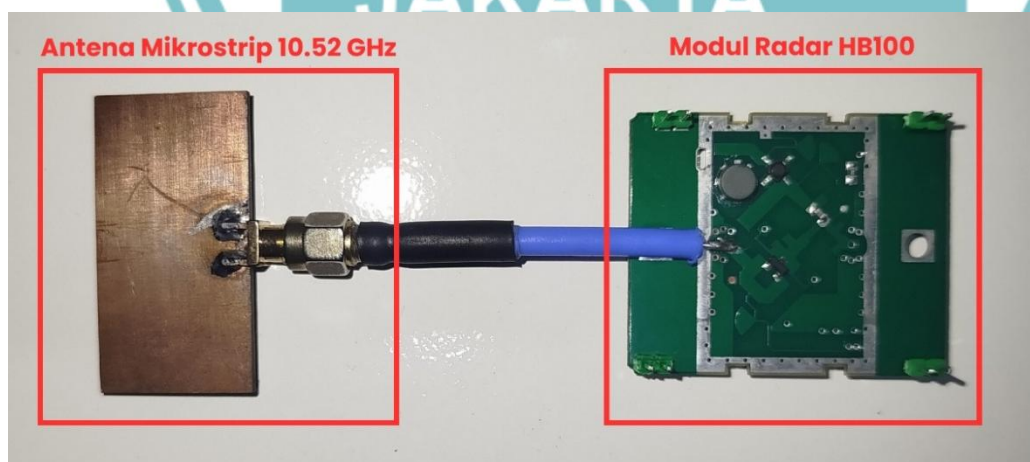
|                          |           |      |
|--------------------------|-----------|------|
| Lebar Feedline ( $Wf3$ ) | 2.3540 mm | 2 mm |
| Lebar Feedline ( $Wf4$ ) | 2.3540 mm | 2 mm |

Antena mikrostrip hasil fabrikasi dengan frekuensi 10.52 GHz menggunakan bahan RT-Rogers 5880 ditunjukkan pada Gambar 3.29.



Gambar 3.29 Realisasi Antena Mikrostrip 10.52 GHz

Antena mikrostrip frekuensi 10.52 GHz menggunakan bahan RT-Rogers 5880 dihubungkan dengan modul radar doppler HB100 menggunakan kabel *coaxial* untuk diimplementasikan pada alat pendeteksi jatuh nirsentuh ditunjukkan pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30 Realisasi Modul Doppler HB100 menggunakan Antena Mikrostrip 10.52 GHz





**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

### 3.2.7 Realisasi Pemrograman Alat Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

Pada alat ini, pembuatan software berfungsi untuk menjalankan fungsi fungsi dari mikrokontroler dan komponen-komponen yang digunakan. Realisasi software meliputi pembuatan pemrograman untuk ESP32 dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE.

#### a. Memanggil Library Pada Arduino IDE

Pemanggilan library berfungsi untuk mengaktifkan library dari komponen yang digunakan agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya masing-masing. Terdapat 6 library yang digunakan pada sketch untuk alat nirsentuh pendeteksi jatuh yaitu;

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

Library ini digunakan untuk komunikasi protokol I2C (Inter-Integrated Circuit) yang diperlukan untuk mengontrol LCD 20x4.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Library untuk mengendalikan LCD dengan antarmuka I2C. Memungkinkan komunikasi dengan LCD menggunakan hanya dua pin (SDA dan SCL) dengan alamat I2C 0x27.

```
#include <WiFi.h>
```

Library yang mengaktifkan fitur WiFi pada ESP32. Memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan WiFi dan melakukan komunikasi melalui internet.

```
#include <Firebase_ESP_Client.h>
```



### 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

Library Firebase untuk ESP32 yang memungkinkan komunikasi dengan Firebase Realtime Database. Library ini menangani autentikasi, pengiriman data, dan penerimaan data dari database cloud.

```
#include <HTTPClient.h>
```

Library untuk membuat HTTP request yang diperlukan untuk komunikasi dengan server OneSignal untuk mengirim push notification.

```
#include <WiFiClientSecure.h>
```

Library untuk membuat koneksi HTTPS yang aman dengan enkripsi SSL/TLS. Diperlukan untuk komunikasi aman dengan OneSignal server.

### b. Inisialisasi Variabel dan Objek

Inisialisasi variabel dan objek merupakan langkah awal dalam mengatur komponen yang digunakan dalam program. Berikut ini merupakan kode untuk melakukan inisialisasi variabel dan objek.

```
// --- 1. KONFIGURASI WIFI & FIREBASE ---
#define WIFI_SSID ""
#define WIFI_PASSWORD ""
#define DATABASE_URL "https://radar-fall-detection-sys-39e74-default-rtdb.firebaseio.com"
// Masukkan Database Secret dari Firebase Console di sini:
#define DATABASE_SECRET
"dW0LRnctm9CM4Re6QUeFdS5luuXDlRyIjaGT8D4f"

// --- 2. KONFIGURASI ONESIGNAL ---
#define ONESIGNAL_APP_ID "2cde9ca9-59a9-4c5f-ae4a-e39c2e8c31e9"
#define ONESIGNAL_REST_KEY
"os_v2_app_ftpjzkkzvfgf7lsk4ooc5dbr5goqm3hctdhuntf4tkriqyqyovq5ktvi2wdmry4cykny33s3rjknrmddrcfhe3dskxmluwgsgjnbqny"

// --- 3. INISIALISASI LCD (Ukuran 20x4) ---
```





### 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

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

```
// --- 4. PIN DEFINITION ---
```

```
const int sensorPin = 34;    // Pin Analog Radar HB100
```

```
const int pirSensorPin = 27; // Pin Digital Sensor PIR
```

```
const int buzzerPin = 26;    // Pin Buzzer
```

```
const int buttonPin = 4;     // Pin Push Button Fisik Reset Alarm
```

```
Lokal
```

Blok kode deklarasi dan inisialisasi ini bertindak sebagai fondasi konfigurasi parameter jaringan komunikasi serta pemetaan instrumen perangkat keras sebelum sistem mengeksekusi instruksi komputasi utama. Secara fungsional, mikrokontroler pertama-tama menetapkan parameter kredensial statis untuk konektivitas internet nirkabel lokal, yang kemudian disandingkan dengan definisi penanda lokasi (URL) pangkalan data dan token rahasia autentikasi Firebase guna memastikan keamanan transmisi data secara *real-time*. Di samping itu, sistem juga mendaftarkan identitas aplikasi (*App ID*) beserta kunci *REST API* layanan OneSignal yang diamankan sebagai agen perantara untuk mengeksekusi pengiriman *push notification* ke aplikasi seluler pengguna saat kondisi darurat terjadi. Pada ranah antarmuka dan arsitektur fisik, kode ini melakukan instansiasi objek layar LCD berbasis komunikasi I2C berdimensi 20x4 karakter pada alamat sistem 0x27, dan diakhiri dengan pengalokasian terminal *General Purpose Input/Output* (GPIO) mikrokontroler secara konstan; meliputi penetapan pin pembacaan analog (*ADC*) untuk radar Doppler (Pin 34), pin pembacaan digital untuk sensor PIR (Pin 27), untuk keluaran aktuator peringatan *buzzer* (Pin 26) dan masukan sakelar *reset* perangkat secara fisik (Pin 4).

### c. Void Setup

Pada bagian ini, program hanya dijalankan satu kali saat ESP32 pertama dihidupkan (*booting*) atau setelah mengalami *reset*. Pada bagian ini





### 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

dilakukan inisialisasi dan konfigurasi awal dari modul dan sensor yang digunakan. Berikut ini merupakan kode program 'void setup()'.

```
void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Setup LCD 20x4
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(" FALL DETECTION ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("=====");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(" INITIATING... ");

    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
    pinMode(pirSensorPin, INPUT);
    pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(buttonPin),
    resetAlarmISR, FALLING);
    analogReadResolution(12);

    // Test Indikator Buzzer Booting
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);

    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
```



#### 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

```

    }

    // --- KONFIGURASI AUTENTIKASI DATABASE SECRET
    ---

    config.database_url = DATABASE_URL;
    config.signer.tokens.legacy_token = DATABASE_SECRET; //
    Menggunakan autentikasi level admin

    Firebase.begin(&config, &auth);
    Firebase.reconnectWiFi(true);

    if (Firebase.ready()) {
        Firebase.RTDB.setString(&fbdo, "/MatikanBuzzer", "0");
        Firebase.RTDB.setString(&fbdo, "/Status", "Aman");
    }

    lcd.clear();

    // Memori dikembalikan ke 16384 agar stabil dan anti-reboot
    xTaskCreatePinnedToCore(TaskKoneksiCode, "TaskKoneksi",
    16384, NULL, 1, &TaskKoneksi, 0);
  }

```

Pada sistem pendeteksi jatuh ini, fase inisialisasi dikelompokkan ke dalam empat prosedur utama: konfigurasi antarmuka visual, pengaturan periferil perangkat keras, konektivitas *Internet of Things* (IoT), dan alokasi memori komputasi paralel.

Pertama dimulai dengan membuka jalur komunikasi serial pada *baud rate* 115200 bps untuk kebutuhan pemantauan proses (*debugging*) melalui komputer. Selanjutnya, sistem menginisialisasi modul *Liquid Crystal Display* (LCD) I2C berukuran 20x4 dengan mengaktifkan lampu





#### 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

latar (*backlight*). Mikrokontroler kemudian mencetak antarmuka grafis awal berupa layar *splash* pembuka yang menampilkan teks "FALL DETECTION" dan status "INITIATING..." untuk memberikan indikasi visual bahwa perangkat lunak sedang berada dalam fase persiapan konfigurasi jaringan.

Pada perangkat keras, mikrokontroler mendefinisikan mode operasi untuk setiap pin yang digunakan. Pin *buzzer* diatur sebagai jalur keluaran (*output*), sedangkan sensor PIR dikonfigurasi sebagai masukan digital. Khusus untuk tombol *reset* fisik, pin diatur menggunakan mode INPUT\_PULLUP untuk memastikan stabilitas logika tegangan dengan memanfaatkan resistor *pull-up* internal. Untuk menjamin respons darurat yang instan tanpa terhambat proses pembacaan *looping*, pin tombol tersebut dikaitkan dengan fungsi interupsi eksternal (*attachInterrupt*) yang merespons perubahan logika tegangan turun (*FALLING edge*). Selain itu, resolusi konversi sinyal analog ke digital (ADC) diatur ke tingkat 12-bit (rentang nilai 0-4095) untuk memaksimalkan tingkat presisi pada pembacaan sensor radar.

Sistem mewajibkan perangkat untuk terhubung ke jaringan internet lokal sebelum dapat beroperasi secara utuh. Mikrokontroler akan tertahan di dalam kalang pengulangan (*while loop*) hingga koneksi Wi-Fi berhasil diotorisasi. Setelah alamat protokol internet (IP) didapatkan, sistem mulai melakukan inisiasi koneksi ke Firebase menggunakan metode autentikasi tingkat administrator melalui parameter DATABASE\_SECRET dan konfigurasi URL basis data. Jika koneksi data secara *real-time* sudah terverifikasi siap (*Firestore.ready*), sistem secara otomatis akan mereset parameter-parameter dengan mengirimkan data "0" untuk perintah MatikanBuzzer dan status "Aman". Hal ini krusial untuk mencegah sistem terpicu oleh *cache* sisa alarm dari sesi operasional sebelumnya.

Melalui fungsi *xTaskCreatePinnedToCore*, mikrokontroler menginstruksikan sistem operasi waktu nyata (FreeRTOS) untuk melempar seluruh beban kerja jaringan (seperti pengiriman data Firebase dan proses HTTP OneSignal) ke dalam tugas independen yang dilakukan pada **Core 0**.





**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

Alokasi memori tumpukan (*stack size*) ditetapkan pada ukuran yang aman, yakni 16.384 *bytes*. Kapasitas memori ekstra ini dialokasikan untuk mencegah terjadinya tumpahan memori (*stack overflow*) yang sering kali menyebabkan mikrokontroler melakukan proses *reboot* otomatis (*watchdog reset*) saat dihadapkan pada transmisi data berat berenkripsi SSL (*Secure Sockets Layer*).

d. Void Loop ()

Sketch program Void loop() akan dieksekusi secara berulang setelah fungsi setup() selesai. Pada bagian ini, beberapa operasi utama dilakukan secara berulang, yaitu fungsi membaca data dari sensor HB100 dan sensor PIR yang mengirim data langsung ke firebase.

```
void loop() {
    int val = analogRead(sensorPin);

    if (val > (threshold + hysteresis)) {
        state = true;
    } else if (val < (threshold - hysteresis)) {
        state = false;
    }

    if (state == true && lastState == false) {
        portENTER_CRITICAL(&mux);
        pulseCount++;
        portEXIT_CRITICAL(&mux);
    }
    lastState = state;
}
```

Blok fungsi void loop() bertindak sebagai komputasi inti tak berujung yang beroperasi untuk memproses sinyal analog dari sensor radar.



## © 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

Mikrokontroler pertama-tama membaca fluktuasi tegangan analog dari sensor, kemudian mengevaluasi nilai tersebut menggunakan algoritma ambang batas berhisteresis (*hysteresis thresholding*) yang berfungsi ganda untuk menyaring derau sinyal (*noise*) dan mengubah bentuk gelombang sinus yang berayun menjadi status digital (Tinggi/Rendah) yang stabil. Setelah gelombang berhasil dikuantisasi, sistem menggunakan logika pendeteksi tepi naik (*rising edge detection*) yang membandingkan status saat ini dengan status sebelumnya untuk mengenali satu transisi gelombang penuh dan mencacahnya sebagai satu pulsa. Variabel pencacah pulsa ini (*pulseCount*) bersifat global dan diakses secara bersamaan oleh inti prosesor lain (*Core 0*) untuk kebutuhan pengiriman data, proses penambahan nilainya secara ketat diisolasi di dalam blok *Critical Section* (`portENTER_CRITICAL`) yang memanfaatkan mekanisme penguncian memori (*hardware spinlock*) untuk mencegah terjadinya tumpang tindih instruksi (*race condition*) data selama mikrokontroler beroperasi.

**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

## BAB IV PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan dan realisasi alat, pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian Alat Nirsentuh Pendeteksi Jatuh Menggunakan Modul Doppler Berbasis Aplikasi Android. Proses ini merupakan tahap terakhir yang dilakukan dalam pembuatan tugas akhir ini. Hal ini dilakukan dengan tujuan dapat mengetahui alur kerja dan kemampuan dari alat yang telah dibuat sehingga data hasil pengujian alat dapat dianalisis. Pengujian dilaksanakan berdasarkan lokasi dan waktu berikut :

Lokasi : Margonda, Depok

Waktu : Juni 2026

Pelaksana : Hayyina Wienastuti

Pembimbing : Shita Fitria Nurjihan, S.T., M.T.

### 4.1 Pengujian Antena Mikrostrip

#### 4.1.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian antena mikrostrip dengan bahan RT-Rogers 5880 *patch Rectangular Array* 1x2 merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui parameter antena hasil simulasi software CST Studio Suite 2019 meliputi *Return Loss*, *VSWR*, *Gain*, dan *Polaradiasi* agar dapat diidentifikasi kesesuaian nilai parameter antena mikrostrip hasil fabrikasi dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk diimplementasikan sebagai antena modul HB100 pada sistem pendeteksi jatuh nirsentuh. Pengujian parameter antena dibutuhkan alat - alat sebagai berikut :

1. *Vector Network Analyzer*
2. PC
3. Kabel Coaxial
4. Antena Mikrostrip 10.52 GHz
5. Antena Horn LB-20180-SF
6. Tiang dan Rotator





**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

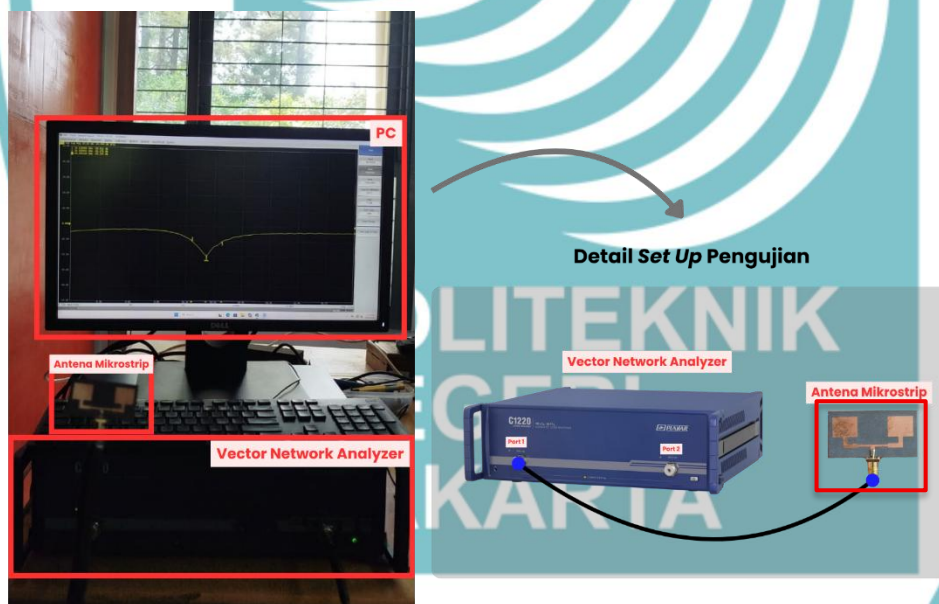
#### 4.1.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian parameter antenna mikrostrip adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui parameter hasil fabrikasi antenna mikrostrip 10.52 GHz.
2. Untuk mengetahui kesesuaian parameter antenna mikrostrip yang akan diimplementasikan pada alat pendeteksi jatuh nirsentuh.
3. Untuk mengidentifikasi hasil pengujian alat ukur VNA terhadap hasil simulasi dengan perangkat lunak CST Studio 2019.

#### 4.1.3 Set Up Alat

Pengujian *port* tunggal untuk mengetahui nilai parameter VSWR, *return loss*, dan impedansi antenna mikrostrip dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Antena mikrostrip yang akan diuji dihubungkan dengan VNA.

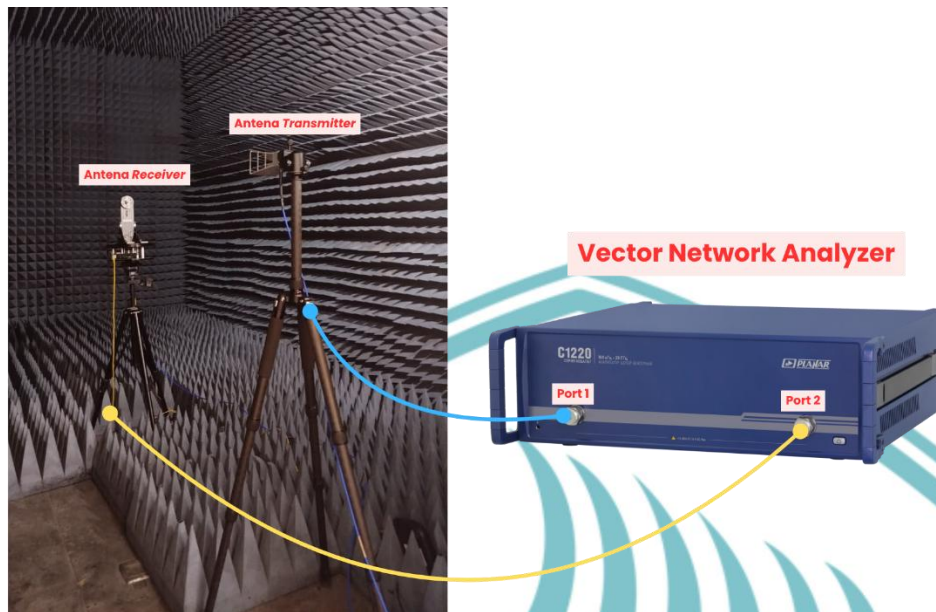


Gambar 4.1 Set Up Pengujian Port Tunggal

Pengujian *dual port* untuk mengetahui parameter *gain* dan pola radiasi antenna mikrostrip dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Terdapat dua antenna yang akan diuji di mana antenna tersebut memiliki fungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Antena *transmitter* dihubungkan dengan VNA *port* 1 dan antenna uji *receiver* dihubungkan dengan VNA *port* 2.

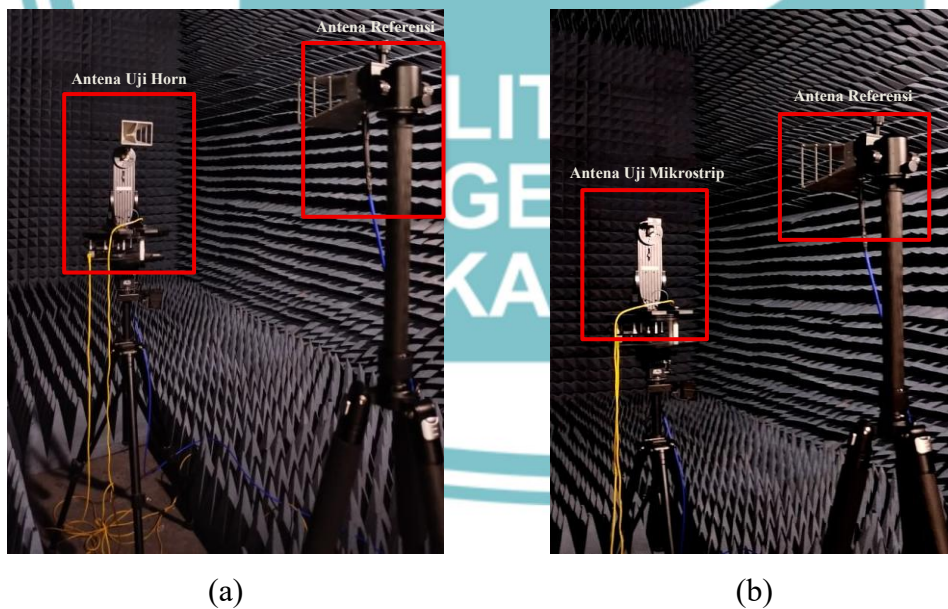
### Hak Cipta :

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



Gambar 4.2 Set Up Pengujian Dual Port

Detail pengujian parameter *gain* antenna mikrostrip dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Antena uji horn dan antena uji mikrostrip diatur sebagai penerima (*receiver*) seperti *set up* yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Pengujian Gain Metode Perbandingan Daya Terima (a) Antena Referensi – Antena Uji Horn (Antena Identik) dan (b) Antena Referensi – Antena Uji Mikrostrip

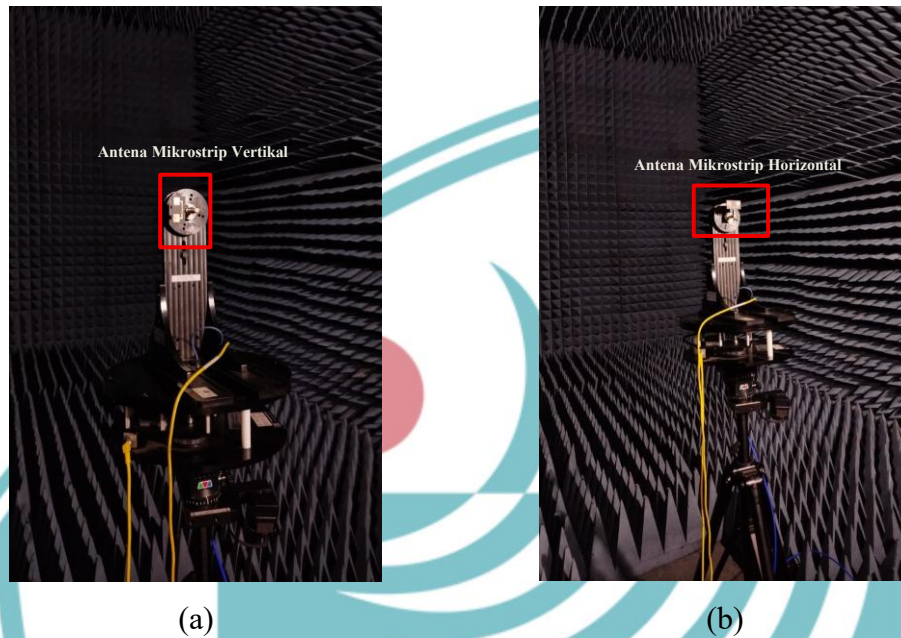




#### Hak Cipta :

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

Detail posisi pengujian polaradiasi antenna mikrostrip dilakukan *set up* antenna mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengujian Polaradiasi pada (a) Posisi Antena Vertikal dan (b) Posisi Antena Horizontal

#### 4.1.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian parameter antenna diawali dengan mengkalibrasi *Vector Network Analyzer* dilanjutkan dengan pengujian setiap parameter sebagai berikut:

##### A. Pengujian Port Tunggal (S-Parameter)

Pengujian port tunggal ini meliputi parameter *Return Loss*, VSWR, dan impedansi yang dilakukan dengan langkah berikut:

1. Melakukan kalibrasi *Vector Network Analyzer*.
2. Menghubungkan Antena Uji Mikrostrip dengan probe Vector Network Analyzer menggunakan kabel *coaxial* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.
3. Melakukan pengujian parameter SWR, kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.6.





#### 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

4. Melakukan pengujian parameter  $S_{11}$  (*Return Loss*), kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.5.
5. Melakukan pengujian impedansi, kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.7.
6. Melakukan pengujian redaman kabel, kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.10.

#### B. Pengujian Gain

Pengujian *gain* dengan metode perbandingan daya terima atau metode 3 antenna dilakukan dengan langkah berikut:

1. Meletakkan dua tiang antenna pengujian di dalam Anechoic Chamber atau ruang tanpa gema.
2. Melakukan *set up* jarak tiang pengujian antar antenna sejauh 1 meter berdasarkan perhitungan persamaan 2.15.
3. Memasang antenna referensi sebagai *transmitter* dan antenna uji sebagai *receiver* pada rotator .
4. Melakukan pengujian pertama untuk mencari nilai daya terima (dBm) antenna referensi dengan cara pengujian antenna identik yaitu Antena Referensi – Antena Uji Horn dengan menghubungkan antenna *receiver* ke port 2 Vector Networ Analyzer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 (a). Di mana daya yang dipancarkan oleh antenna *transmitter* yaitu sebesar 0 dBm.
5. Mencatat daya terima (dBm) antenna referensi yang didapatkan pada Tabel 4.1 dan dapat dilihat pada Gambar 4.9.
6. Melakukan pengujian nilai daya terima antenna mikrostrip dengan cara Antena Referensi – Antena Uji Mikrostrip dengan menghubungkan antenna uji ke port 2 Vector Networ Analyzer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 (b).
7. Mencatat daya terima (dBm) antenna uji mikrostrip yang didapatkan pada Tabel 4.1 dan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



#### 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

8. Melakukan perhitungan *gain* dari perbandingan daya terima antenna referensi dan antenna uji.

#### C. Pengujian Polaradiasi

Pengujian polaradiasi dilakukan untuk mengetahui arah pancaran dari gelombang mikro dengan langkah berikut:

1. Meletakkan dua tiang rotator antenna pengujian di dalam Anechoic Chamber atau ruang tanpa gema.
2. Melakukan *set up* jarak tiang pengujian antar antenna sejauh 1 meter berdasarkan perhitungan persamaan 2.15.
3. Memasang antenna pada rotator dan menghubungkan antenna mikrostrip ke port 2 Vector Network Analyzer.
4. Melakukan pengujian polaradiasi dengan elevasi putar per  $5^\circ$  pada posisi antenna vertikal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 (a), kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.12.
5. Melakukan pengujian polaradiasi dengan elevasi putar per  $5^\circ$  pada posisi antenna horizontal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 (b), kemudian mencatat hasilnya pada Tabel 4.1 dan hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4.11.

#### 4.1.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian beberapa parameter antenna antara lain; *Return Loss*, VSWR, impedansi, *gain*, dan polaradiasi antenna yang diukur menggunakan *Vector Network Analyzer* didapatkan hasil pengujian parameter antenna mikrostrip ditunjukkan pada Tabel 4.1. Data hasil pengujian menggunakan alat ukur dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2019 pada Tabel 4.1. *Return Loss* yang rendah (ideal  $< -10$  dB) menunjukkan bahwa daya yang ditransmisikan efektif dipancarkan oleh antenna dengan minimal refleksi kembali ke port, sedangkan VSWR yang mendekati 1.0 mengindikasikan *matching* impedansi yang baik antara antenna dan sumber sinyal ( $50 \Omega$ ).



### Hak Cipta :

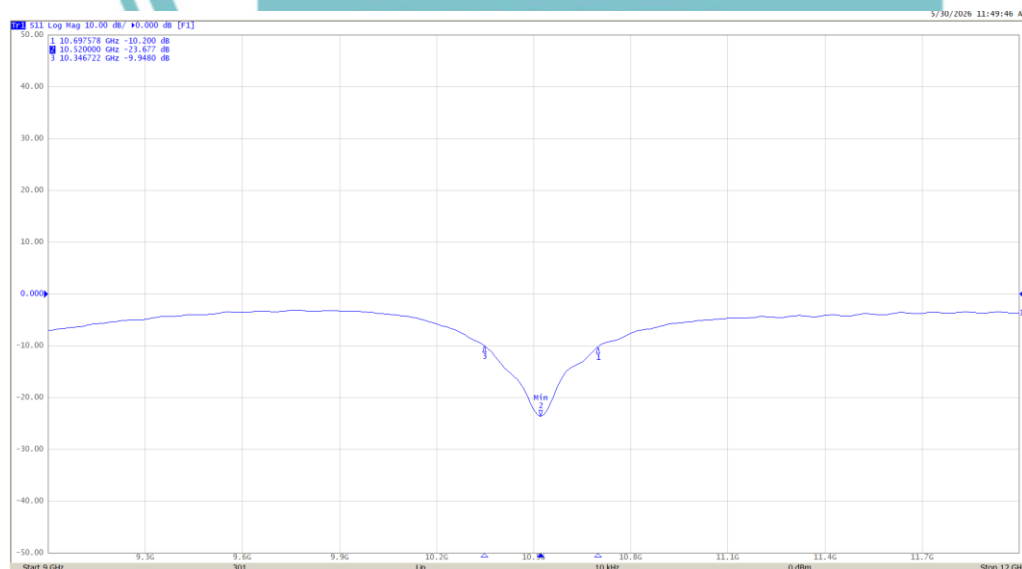
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Tabel 4.1 Data Perbandingan Hasil Pengujian CST Studio Suite dan Hasil Pengujian VNA (Alat Ukur)

| Parameter                                   | Hasil Pengujian CST Studio Suite | Hasil Pengujian VNA |
|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Frekuensi Resonansi ( $f_r$ )               | 10.52 GHz                        | 10.52 GHz           |
| <i>Return loss</i>                          | -61.07 dB                        | -23.677 dB          |
| VSWR                                        | 1.001                            | 1.1401              |
| Impedansi                                   | 50 $\Omega$                      | 45.707 $\Omega$     |
| <i>Bandwidth</i>                            | 449 MHz                          | 350 MHz             |
| Polaradiasi                                 | Unidireksional                   | Unidireksional      |
| <i>Gain</i>                                 | 8.99 dBi                         | 7.035 dBi           |
| Daya Terima Antena Referensi ( $P_{REF}$ )  | -                                | -44.557 dBm         |
| Daya Terima Antena Mikrostrip ( $P_{AUT}$ ) | -                                | -50.122 dBm         |
| Redaman Kabel                               | -                                | -14.893 dBm         |

Ket : (-) = Tidak Ada Hasil

Hasil pengujian *Vector Network Analyzer* parameter *Return Loss* antenna mikrostrip 10.52 GHz mendapatkan nilai -23.677 yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian *Return Loss*

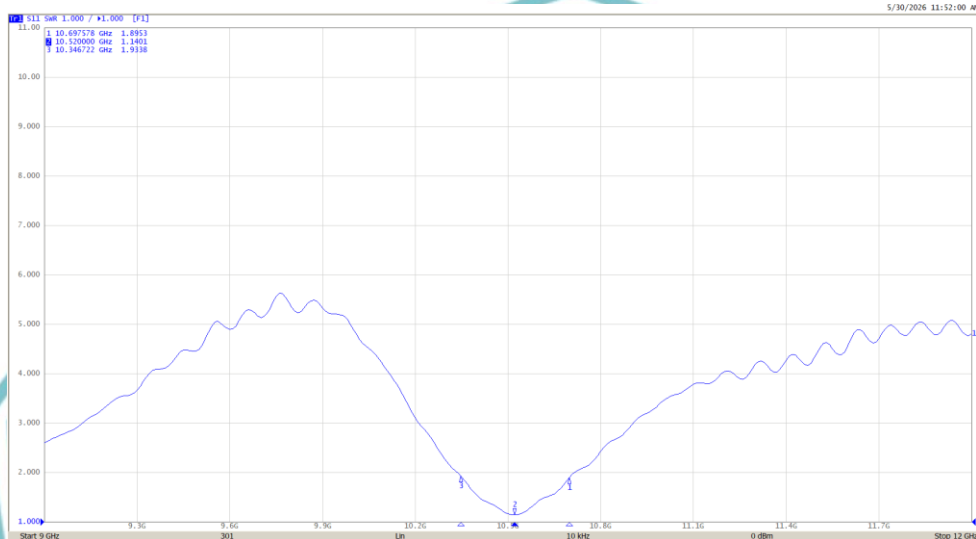




### Hak Cipta :

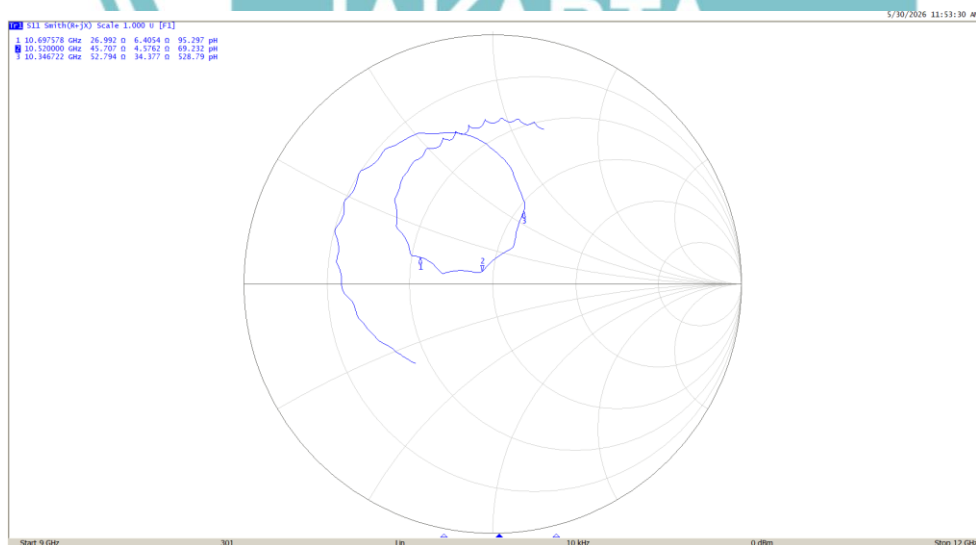
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Hasil pengujian *Vector Network Analyzer* parameter VSWR antenna mikrostrip 10.52 GHz mendapatkan nilai 1.14 yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Nilai tersebut berada pada rentang nilai ideal dan sesuai spesifikasi pada Tabel 3.1 yang dibutuhkan untuk implementasi sistem pendeteksi jatuh nirsentuh.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian VSWR

Hasil pengujian *Vector Network Analyzer* parameter Impedansi antenna mikrostrip 10.52 GHz mendapatkan nilai 45.707  $\Omega$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.7. Nilai yang didapatkan menunjukkan deviasi sebesar kurang lebih 8% dari target impedansi 50  $\Omega$ .



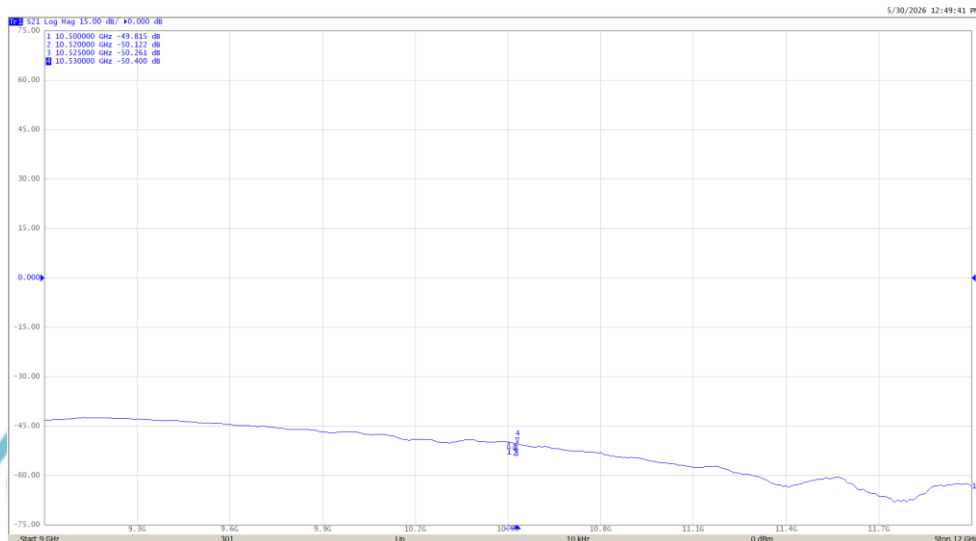
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Impedansi



### Hak Cipta :

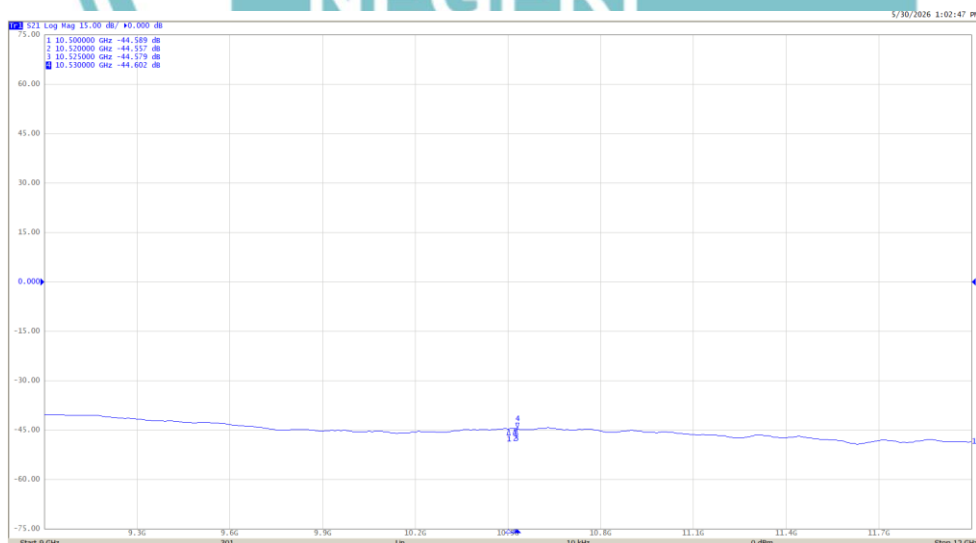
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Hasil pengujian daya terima menggunakan *Vector Network Analyzer* antara antenna referensi dan antenna uji mikrostrip 10.52 GHz mendapatkan nilai -50.122 dB yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Daya Terima Antena Referensi – Antena Uji Mikrostrip

Hasil pengujian daya terima menggunakan *Vector Network Analyzer* antara antenna referensi dan antenna uji horn mendapatkan nilai -44.557 dB yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.



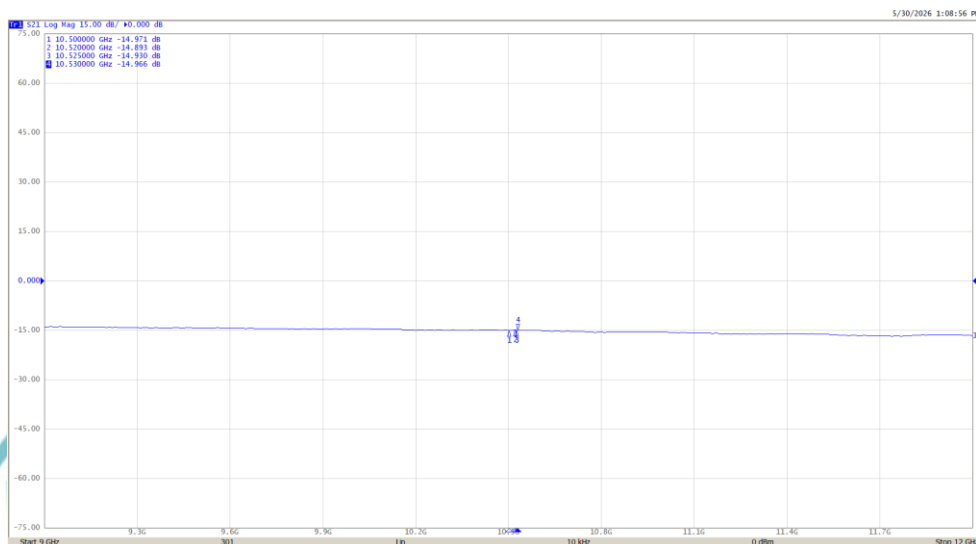
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Daya Terima Antena Referensi – Antena Uji Horn



### Hak Cipta :

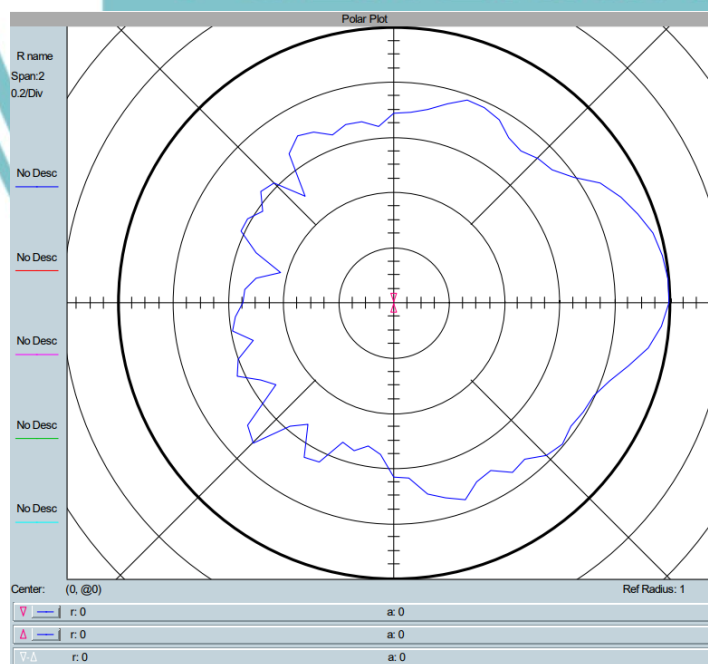
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Pada pengujian parameter antenna dengan alat ukur VNA menggunakan media transmisi kabel koaksial, hasil pengujian redaman kabel mendapatkan nilai -14.893 dB yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Pengujian Redaman Kabel

Hasil pengujian polaradiasi menggunakan *Vector Network Analyzer* pada posisi antenna horizontal didapatkan hasil unidireksional yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil Pengujian Polaradiasi Antena Posisi Horizontal

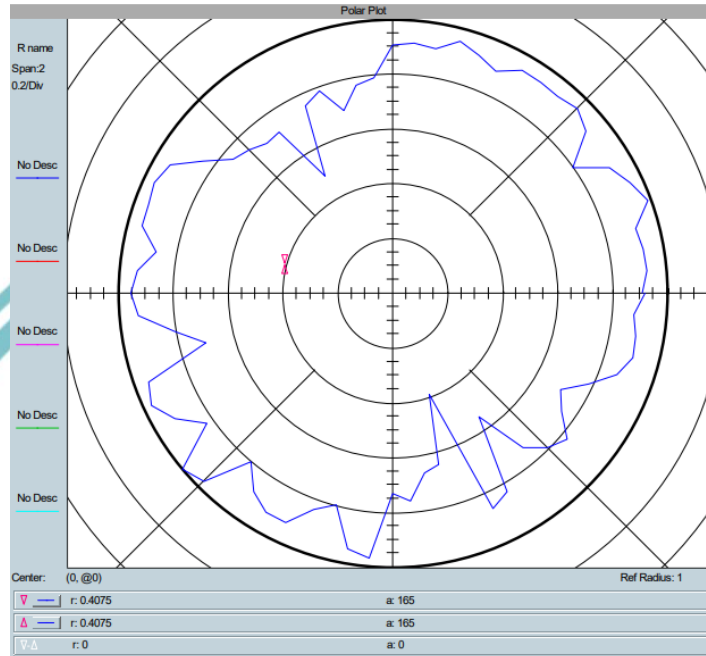




### Hak Cipta :

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

Hasil pengujian polaradiasi menggunakan *Vector Network Analyzer* pada posisi antenna vertikal didapatkan hasil bidireksional (dua arah pancar) yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Polaradiasi Antena Posisi Vertikal

Hasil pengujian pabrikasi antenna RT-Rogers 5880 patch rectangular array 1 x 2 didapatkan frekuensi resonansi sebesar 10.52 GHz menandakan karakteristik bahan RT-Rogers 5880 ideal untuk frekuensi tinggi. Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat perbedaan signifikan pada nilai parameter antara hasil pengujian dan hasil simulasi, tetapi hasil pengujian masih masuk dalam rentang nilai spesifikasi parameter antenna kondisi baik dan pengujian yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan serta polaradiasi yang dihasilkan sesuai dengan polaradiasi antenna modul bawaan yaitu unidireksional. Adanya perbedaan nilai parameter hasil pengujian dapat dipengaruhi dari beberapa hal seperti redaman kabel, konektor antenna tidak berkualitas tinggi, dan simulasi yang tidak menggunakan konektor SMA asli. Daya terima tidak diketahui hasilnya pada CST karena hasil gain langsung dapat diketahui, sedangkan pada pengujian menggunakan metode 3 antenna berdasarkan nilai daya terima.

Nilai impedansi 45.707  $\Omega$  menunjukkan deviasi sebesar 4.293  $\Omega$  (8.6%) dari target impedansi karakteristik 50  $\Omega$ , yang masih berada dalam toleransi fabrikasi



**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

yang dapat dikompensasi melalui fine-tuning feedline matching network untuk mencapai kondisi matching yang optimal.

Pengujian port tunggal dilakukan untuk parameter *return loss*, VSWR, dan impedansi. *Gain* dilakukan dengan metode perbandingan antara *gain* antena referensi dan antena uji dengan nilai 7.035 dBi yang didapatkan dari rumus persamaan 2.14.

$$G_{AUT(dBi)} = (P_{AUT(dBi)} - P_{REF(dBi)}) + G_{REF(dBi)}$$

$$G_{AUT(dBi)} = (-50.122 - (-44.557)) + 12.6$$

$$G_{AUT(dBi)} = 7.035 \text{ dBi}$$

## 4.2 Pengujian Catu daya

### 4.2.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian rangkaian catu daya merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik catu daya yang dibuat agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Alat pendeteksi jatuh nirsentuh memerlukan catu daya yang stabil karena tegangan dan arus langsung memengaruhi performa sensor radar doppler dalam mendeteksi frekuensi pergeseran objek. Pengujian pada rangkaian catu daya dibutuhkan alat-alat sebagai berikut :

1. Rangkaian Catu Daya
2. Multimeter Digital
3. Kabel *Jumper*

### 4.2.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian catu daya adalah sebagai berikut:

1. Untuk memastikan stabilitas tegangan keluaran catu daya untuk menyuplai alat pendeteksi jatuh nirsentuh.
2. Untuk memastikan arus listrik catu daya cukup untuk menyuplai komponen yang aktif secara bersamaan.
3. Untuk memastikan level *noise* tinggi dari catu daya berada pada batas minimum agar tidak mengganggu sensitivitas pembacaan sinyal analog.



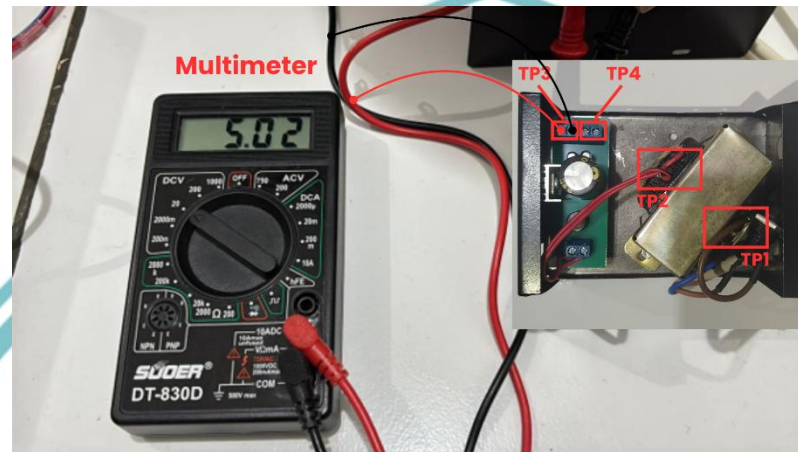


#### Hak Cipta :

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

#### 4.2.3 Set Up Alat

Pengujian rangkaian catu daya dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13. Rangkaian catu daya yang telah dihubungkan ke saklar listrik diuji setiap titiknya menggunakan multimeter.



Gambar 4.13 Titik Pengujian Catu Daya

Pada Gambar 4.13 menunjukkan *set up* rangkaian catu daya, di mana dalam melakukan pengujian catu daya terdapat 4 titik pengukuran (TP) yaitu:

1. TP1 pada masukan transformator
2. TP2 pada keluaran transformator
3. TP3 pada keluaran catu daya 5V
4. TP4 pada keluaran catu daya 9V

#### 4.2.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada rangkaian catu daya adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan catu daya ke sumber tegangan AC 220 Volt seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.
2. Menghubungkan multimeter dengan kabel *banana to banana* untuk pengujian rangkaian catu daya.
3. Menghubungkan kabel *banana to banana* ke TP yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.





**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

4. Mengatur selektor pada multimeter sesuai titik yang akan diukur, pertama melakukan pengukuran Titik 1 (TP1) dan Titik 2 (TP2) dengan selektor multimeter pada 750 ACV, lalu mencatat hasil pengujian pada Tabel 4.2.
5. Selanjutnya, melakukan pengukuran titik keluaran catu daya 5V (TP3) dan 9V (TP4) dengan selektor multimeter pada 20 DCV, lalu mencatat hasil pengujian pada Tabel 4.2.

#### 4.2.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian rangkaian catu daya pada setiap TP yang diukur menggunakan multimeter digital didapatkan hasil nilai data tegangan masukan dan keluaran yang ditunjukkan pada pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Catu Daya

| TP1 (VAC) | TP2 (VAC) | TP3 (VDC) | TP4 (VDC) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 233 V     | 8.7 V     | 5.02 V    | 10.66 V   |

Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan data hasil pengujian catu daya dengan menggunakan transformator 2 amper, di mana pada TP1 yang dikoneksikan dengan sumber daya didapatkan hasil pengukuran sebesar 233 VAC tidak berada tepat dinilai 220VAC tetapi masih dalam nilai ambang batas toleransi hal tersebut wajar terjadi karena dapat dipengaruhi beberapa hal seperti total beban daya yang sedang menggunakan listrik lebih rendah. Pada TP2 yaitu output trafo mendapat hasil pengukuran 8.7 VAC yang masih masuk dalam ambang batas output trafo 9 VAC. Tegangan tersebut menjadi DC karena disearahkan oleh komponen dioda bridge yang kemudian dihubungkan dengan kapasitor dan LM7805 sebagai pembatas tegangan. Pada TP3 yaitu output 5V terukur 5.02 V besaran tegangan ini sesuai dengan yang dibutuhkan rangkaian alat pendeteksi jatuh dan tambahan output 9V pada TP4 didapatkan hasil pengukuran 10.66 V sedikit melenceng dari 9 V karena output ini didapatkan langsung dari jalur input LM7805 setelah kapasitor yang mana hal tersebut dipengaruhi oleh tegangan puncak dari kapasitor yang menyimpan muatan.



**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

### 4.3 Pengujian Modul Radar Doppler HB100

#### 4.3.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian modul radar doppler HB100 dilakukan untuk mengetahui rata – rata nilai frekuensi pergeseran objek ketika kondisi terjatuh. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan modul HB100 asli. Untuk melakukan pengujian pada rangkaian modul HB100 dibutuhkan alat-alat sebagai berikut :

1. Modul HB100
2. Catu daya
3. Mikrokontroler ESP32

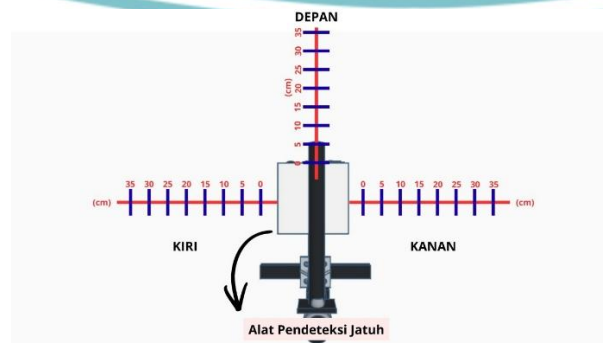
#### 4.3.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian modul radar doppler HB100 adalah sebagai berikut:

1. Untuk menguji sensitivitas dan akurasi pergeseran objek berdasarkan perubahan frekuensi doppler modul HB100 asli.
2. Untuk memastikan kinerja rangkaian amplifier yang memperkuat tegangan analog dari modul HB100 menjadi rentang *voltase* yang aman dan dapat dibaca oleh mikrokontroler.
3. Untuk mengidentifikasi nilai frekuensi suatu kondisi seperti gerakan jatuh ataupun gerakan aktivitas normal dan menentukan nilai ambang batas untuk kondisi jatuh.

#### 4.3.3 Set Up Alat

Untuk melakukan pengujian modul radar doppler HB100 dilakukan *set up* jarak pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 dengan *set up* pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



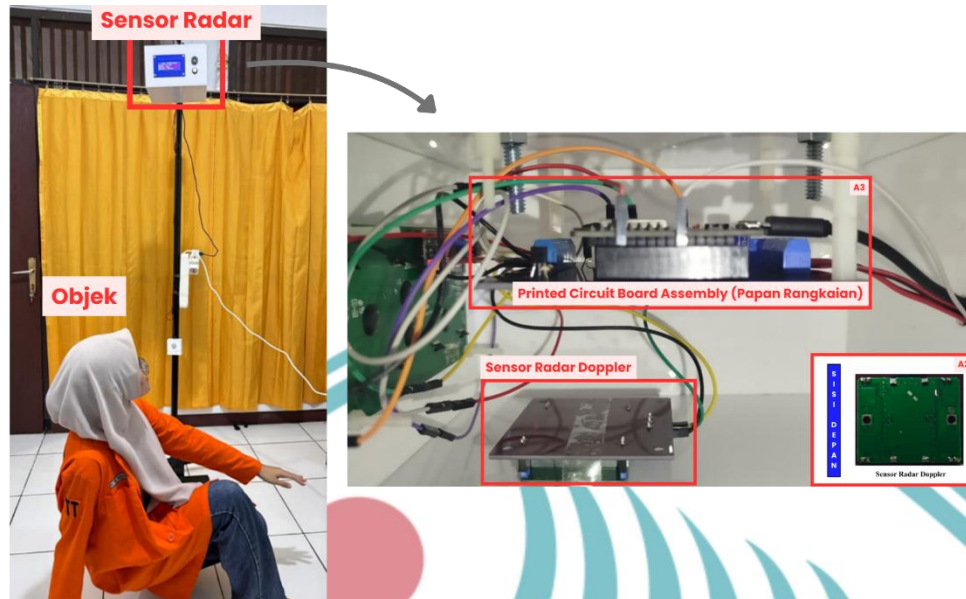
Gambar 4.14 Visualisasi *Set Up* Jarak Pengujian





### 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



Gambar 4.15 Set Up Pengujian Modul HB100

Set up posisi pengujian dilakukan dengan beberapa jarak tertentu dengan visualisasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.14.

#### 4.1.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada rangkaian modul radar doppler HB100 adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan rangkaian modul radar doppler HB100 dengan mikrokontroler ESP32 dan catu daya seperti Gambar 4.15.
2. Menguji kondisi jatuh pada beberapa posisi seperti pada Gambar 4.15. dengan serta beberapa jarak sesuai pada Gambar 4.14. Lalu mencatat hasil yang didapatkan.
3. Menguji kondisi jatuh objek pada posisi di depan dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.14. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.3.
4. Menguji kondisi jatuh objek pada posisi di kanan dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.14. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.4.
5. Menguji kondisi jatuh objek pada posisi di kiri dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.14. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.5.





**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

#### 4.1.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian modul HB100 yang dilakukan dengan menggunakan modul HB100 antenna asli didapatkan hasil data frekuensi percobaan saat kondisi terjatuh dan masuk dalam kategori jatuh saat nilai frekuensi lebih dari 22 Hz dengan ambang batas acuan didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.1. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.5. Penggunaan modul HB100 dengan antenna asli dalam pengujian untuk memastikan performa radar. Hasil data frekuensi dari pengujian menunjukkan pola yang jelas dan berulang, di mana setiap skenario jatuh menghasilkan lonjakan frekuensi Doppler yang melampaui ambang batas, sementara aktivitas normal menghasilkan sinyal dengan frekuensi yang stabil di bawah ambang batas.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Modul HB100 dengan Posisi Objek di Depan

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 36 Hz         | 31 Hz | 43 Hz | J, J, J    |
| 5 cm        | 32 Hz         | 27 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 10 cm       | 27 Hz         | 25 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 15 cm       | 27 Hz         | 29 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 20 cm       | 25 Hz         | 23 Hz | 23 Hz | J, J, J    |
| 25 cm       | 26 Hz         | 32 Hz | 24 Hz | J, J, J    |
| 30 cm       | 16 Hz         | 15 Hz | 18 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh

Berdasarkan Tabel 4.3 dilakukan 21 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di depan, modul HB100 dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler dengan jarak maksimal 25 cm. Pada pengujian jarak objek 0 cm s.d. 25 cm, berdasarkan data pengujian ke 1, 2, dan 3 saat kondisi jatuh benar terdeteksi adanya perubahan frekuensi dan masuk dalam kategori jatuh ketika frekuensi  $>22$  Hz. Sedangkan pada jarak lebih dari 25 cm, dilakukan pengujian kondisi jatuh, tidak terbaca pergeseran frekuensinya. Hal ini disebabkan posisi jatuh objek berada di luar jangkauan.



**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

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Modul HB100 dengan Objek di Kanan

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 31 Hz         | 28 Hz | 24 Hz | J, J, J    |
| 5 cm        | 39 Hz         | 39 Hz | 26 Hz | J, J, J    |
| 10 cm       | 21 Hz         | 15 Hz | 18 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh

Berdasarkan Tabel 4.4 dilakukan 9 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di kanan, modul HB100 dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler dengan jarak maksimal 5 cm. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 5 cm, pergeseran objek saat kondisi jatuh tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan posisi jatuh objek berada di luar jangkauan.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Modul HB100 dengan Posisi Objek di Kiri

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 25 Hz         | 26 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 5 cm        | 39 Hz         | 24 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 10 cm       | 18 Hz         | 17 Hz | 22 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh

Berdasarkan Tabel 4.5 dilakukan 9 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di kiri, modul HB100 dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler dengan jarak maksimal 5 cm. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 5 cm, pergeseran objek saat kondisi jatuh tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan posisi jatuh objek berada di luar jangkauan.

Berdasarkan data hasil pengujian dengan konfigurasi modul HB100 asli didapatkan hasil pengujian pada Tabel 4.3., Tabel 4.4., dan Tabel 4.5. Secara





**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

keseluruhan, modul radar HB100 memiliki cakupan yang sempit baik dari bagian posisi depan, samping kanan, dan samping kiri yang diuji dengan jarak kelipatan 5 cm. Keterangan pengujian antara lain Jatuh (J) dan Aman (A), di mana kondisi jatuh terdeteksi ketika frekuensi  $> 22$  Hz dan terdeteksi aman ketika nilai frekuensi  $\leq 22$  Hz. Modul HB100 dengan antena bawaan memiliki jarak deteksi maksimal pada posisi depan 25 cm, posisi kanan 5 cm, dan posisi kiri 5 cm.

#### 4.4 Pengujian Modul Radar Doppler HB100 dengan Antena Mikrostrip

##### 4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian modul radar doppler HB100 dilakukan untuk mengetahui rata – rata nilai frekuensi pergeseran objek ketika kondisi terjatuh. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan modul HB100 yang menggunakan antena mikrostrip pada bagian Transmitter (Tx). Pengukuran frekuensi pergeseran dilakukan dengan menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dan diterima, di mana perubahan frekuensi sinyal pantulan berbanding lurus dengan kecepatan radial objek sesuai dengan prinsip efek Doppler. Untuk melakukan pengujian pada rangkaian modul HB100 dibutuhkan alat-alat sebagai berikut :

1. Modul HB100 dengan Antena Mikrostrip X-band (10.52 GHz)
2. Mikrokontroler ESP32
3. Catu daya
4. Pigtail Koaksial SMA Female

##### 4.4.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian modul radar doppler HB100 dengan antena mikrostrip adalah sebagai berikut:

1. Untuk menguji sensitivitas dan akurasi pergeseran objek berdasarkan perubahan frekuensi doppler menggunakan antena mikrostrip 10.52 GHz.
2. Untuk mengidentifikasi nilai frekuensi suatu kondisi seperti gerakan jatuh ataupun gerakan aktivitas normal dan mengetahui perbedaan dengan modul HB100 asli.
3. Untuk menguji keandalan modul HB100 yang menggunakan antena mikrostrip pada sisi Tx modul HB100.



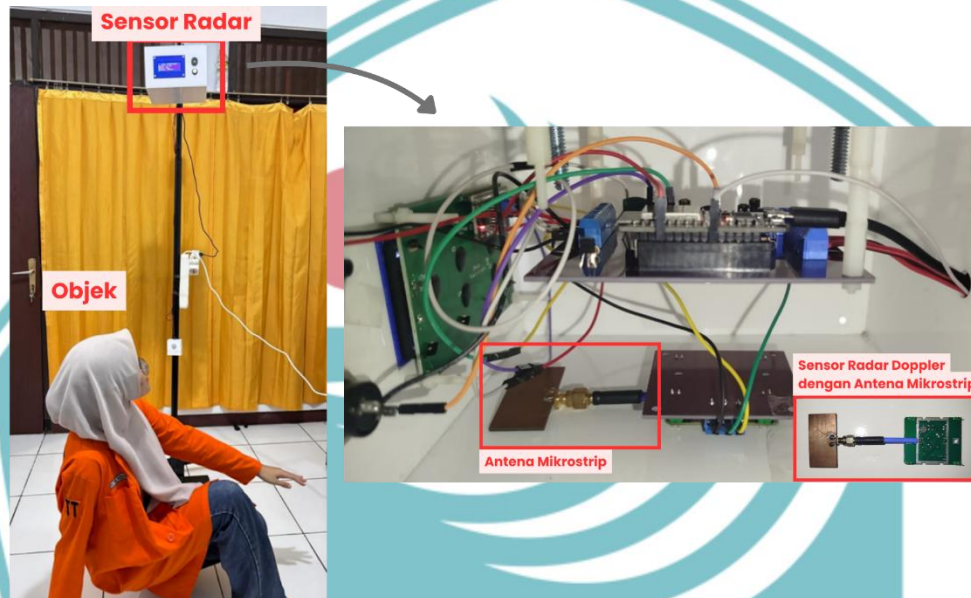


**Hak Cipta :**

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

#### 4.4.3 Set Up Alat

Pengujian modul radar doppler HB100 dengan menggunakan antena mikrostrip 10.52 GHz dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa jarak pengujian seperti visualisasi pada Gambar 4.14.



Gambar 4.16 Set Up Rangkaian Modul HB100 dengan Antena Mikrostrip Tx

#### 4.4.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada rangkaian modul radar doppler HB100 dengan antena mikrostrip adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan rangkaian modul radar doppler HB100 antena mikrostrip dengan mikrokontroler ESP32 dan catu daya seperti Gambar 4.16.
2. Menguji kondisi jatuh pada posisi di depan dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.16. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.6.
3. Menguji kondisi jatuh pada posisi di kanan dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.16. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.7.
4. Menguji kondisi jatuh pada posisi di kiri dengan jarak yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.16. Lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.8.



**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

#### 4.4.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian modul HB100 menggunakan antena mikrostrip 10.52 GHz dengan beberapa posisi objek didapatkan hasil pada Tabel 4.6., Tabel 4.7., dan Tabel 4.8. Pengujian dengan beberapa variasi posisi objek bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan radar dalam mendeteksi gerakan jatuh dari berbagai sudut azimuth dan elevation, di mana korban jatuh dapat terjadi dari berbagai arah relatif terhadap lokasi instalasi sensor radar. Hasil pengujian modul HB100 menggunakan antena mikrostrip Tx dengan posisi objek di depan didapatkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Modul HB100 Menggunakan Antena Mikrostrip Tx dengan Posisi Objek di Depan

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 27 Hz         | 28 Hz | 29 Hz | J, J, J    |
| 5 cm        | 26 Hz         | 23 Hz | 29 Hz | J, J, J    |
| 10 cm       | 25 Hz         | 25 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 15 cm       | 24 Hz         | 24 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 20 cm       | 27 Hz         | 31 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 25 cm       | 24 Hz         | 24 Hz | 26 Hz | J, J, J    |
| 30 cm       | 26 Hz         | 24 Hz | 29 Hz | J, J, J    |
| 35 cm       | 23 Hz         | 25 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 40 cm       | 17 Hz         | 19 Hz | 18 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh

Berdasarkan Tabel 4.6 dilakukan 27 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di depan, modul HB100 dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler dengan jarak maksimal 35 cm. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 35 cm, pergeseran objek saat kondisi jatuh tidak terdeteksi karena berada diluar jangkauan radar. Hasil pengujian modul HB100 antena mikrostrip Tx dengan posisi objek di kanan didapatkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.7.





**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

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Modul HB100 Menggunakan Antena Mikrostrip Tx dengan Posisi Objek di Kanan

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 29 Hz         | 30 Hz | 33 Hz | J, J, J    |
| 5 cm        | 31 Hz         | 32 Hz | 33 Hz | J, J, J    |
| 10 cm       | 24 Hz         | 27 Hz | 26 Hz | J, J, J    |
| 15 cm       | 24 Hz         | 27 Hz | 25 Hz | J, J, J    |
| 20 cm       | 17 Hz         | 19 Hz | 21 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh

Berdasarkan Tabel 4.7 dilakukan 15 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di kanan, modul HB100 dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler dengan jarak maksimal 15 cm. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 15 cm, pergeseran objek saat kondisi jatuh tidak terdeteksi. Keterbatasan jangkauan dari sistem radar Doppler HB100 mengindikasikan bahwa penurunan daya sinyal yang diterima Rx berbanding terbalik dengan jarak. Hasil pengujian modul HB100 menggunakan antena mikrostrip Tx dengan posisi objek di kiri didapatkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Modul HB100 Menggunakan Antena Mikrostrip Tx dengan Posisi Objek di Kiri

| Jarak Objek | Pengujian Ke- |       |       | Keterangan |
|-------------|---------------|-------|-------|------------|
|             | 1             | 2     | 3     |            |
| 0 cm        | 21 Hz         | 17 Hz | 21 Hz | A, A, A    |
| 5 cm        | 16 Hz         | 16 Hz | 21 Hz | A, A, A    |
| 10 cm       | 18 Hz         | 17 Hz | 20 Hz | A, A, A    |
| 15 cm       | 21 Hz         | 17 Hz | 20 Hz | A, A, A    |
| 20 cm       | 17 Hz         | 17 Hz | 19 Hz | A, A, A    |

Keterangan : A = Aman dan J = Jatuh





### 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

Berdasarkan Tabel 4.8 dilakukan 15 kali percobaan kondisi jatuh pada posisi objek di kiri, modul HB100 tidak dapat mendeteksi pergeseran frekuensi doppler karena bagian kiri tidak berada dalam jangkauan polaradiasi modul HB100.

## 4.5 Pengujian Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR)

### 4.5.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor mendeteksi pergerakan objek. Untuk melakukan pengujian pada sensor PIR dibutuhkan alat - alat sebagai berikut :

1. Sensor PIR
2. Mikrokontroler ESP32
3. Catu Daya

### 4.5.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian rangkaian sensor PIR adalah sebagai berikut:

1. Untuk memastikan sensor PIR dapat merespon radiasi panas tubuh objek yang menandakan terdapat manusia di dalam area jangkauan radar.
2. Untuk menentukan batas maksimum jarak deteksi dan sudut pandang agar penempatannya optimal.

### 4.5.3 Set Up Alat

Pengujian rangkaian sensor PIR dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17 dengan beberapa jarak pengujian.



Gambar 4.17 Set Up Pengujian Sensor PIR



**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

#### 4.5.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada rangkaian sensor PIR adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan pin sensor PIR ke Ground, Pin D27 ESP32, dan catu daya..
2. Meletakkan sensor PIR pada bagian bawah tiang kira kira  $\frac{1}{4}$  tinggi tiang seperti pada Gambar 4.17.
3. Melakukan pengujian dengan jarak uji yang berbeda antara lain 1 meter, 2 meter, 3 meter, dan 4 meter.
4. Mencatat hasil pengujian yang didapatkan pada Tabel 4.9.

#### 4.5.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian sensor PIR yang dilakukan dengan beberapa jarak tertentu didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sensor PIR

| Jarak   | Gerakan Objek    |
|---------|------------------|
| 1 meter | Terdeteksi       |
| 2 meter | Terdeteksi       |
| 3 meter | Terdeteksi       |
| 4 meter | Terdeteksi       |
| 5 meter | Tidak Terdeteksi |

Berdasarkan hasil pengujian sensor PIR yang terdapat dalam Tabel 4.9. sensor PIR berhasil mendeteksi adanya objek berdasarkan pergerakan objek dengan kemampuan jarak deteksi hingga 4 meter. Ketika melebihi batas maksimal jangkauan sensor, seperti pada jarak 5 meter, sensor tidak sensitif mendeteksi adanya objek. Ketidakmampuan sensor PIR mendeteksi objek pada jarak 5 meter menunjukkan bahwa intensitas radiasi inframerah yang diterima sensor telah menurun signifikan, di mana sensitivitas thermal sensor mencapai batas minimum *noise floor* dan tidak dapat lagi membedakan sinyal objek dari *background thermal noise*.





**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

## 4.6 Pengujian Implementasi Sistem Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

### 4.6.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian keseluruhan ini dilakukan dengan menghubungkan semua komponen dari alat pendeteksi jatuh nirsentuh meliputi modul HB100, amplifier, sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR), Buzzer, LCD I2C, dan *Push Button*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja setiap komponen. Pada pengujian sistem terintegrasi, interaksi antara sensor radar Doppler HB100 dan sensor PIR dapat dievaluasi untuk memastikan bahwa sensor *fusion logic* di ESP32 dapat mengkombinasikan *output* dari kedua sensor dengan benar, menciptakan keputusan deteksi jatuh yang lebih akurat dan menurunkan *false positive rate* dibandingkan menggunakan sensor tunggal. Untuk melakukan pengujian pada rangkaian modul radar doppler HB100 dibutuhkan alat-alat sebagai berikut :

1. Mikrokontroler ESP32
2. Sensor radar HB100
3. Sensor PIR
4. Buzzer
5. *Push Button*
6. LCD I2C
7. Catu Daya

### 4.6.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian implementasi sistem adalah sebagai berikut:

1. Untuk menguji alur kerja alat secara utuh mulai dari pembacaan sensor pada bagian *input*, pemrosesan logika algoritma pada proses hingga *output*.
2. Untuk menguji keandalan alat pendeteksi jatuh nirsentuh dalam mendeteksi objek menggunakan antena mikrostrip pada sisi Tx modul HB100.
3. Untuk menghitung persentase keberhasilan alat dalam mendeteksi skenario jatuh yang sebenarnya.

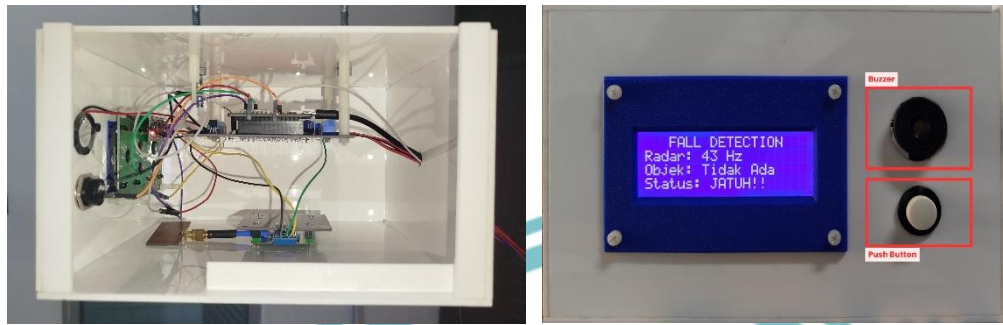
### 4.5.3 Set Up Alat

Pengujian implementasi sistem dilakukan *set up* alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.



### 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



(a)

(b)

Gambar 4.18 Implementasi Alat (a) Tampak Dalam dan (b) Tampak Luar



Gambar 4.19 Set Up Pengujian Implementasi Sistem

#### 4.6.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian keseluruhan komponen adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan rangkaian keseluruhan komponen yang terdiri dari modul doppler HB100 dengan antena mikrostrip 10.52 GHz, *amplifier*, sensor PIR, LCD I2C, *push button*, dan buzzer pada catu daya 5V seperti Gambar 4.18.



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

2. Menguji beberapa posisi antara lain di depan, di samping kanan, dan di samping kiri dengan jarak tertentu.
3. Menganalisis kinerja *buzzer* dan fungsi *push button*.
4. Menganalisis kinerja alat pendeteksi jatuh nirsentuh lalu mencatat hasil yang didapatkan pada Tabel 4.11.

#### 4.6.5 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian implementasi sistem berdasarkan hasil pengujian modul HB100 asli dan modul HB100 dengan antenna mikrostrip Tx didapatkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Pengujian Modul HB100 dan Modul HB100

| Antena Mikrostrip Tx |                |       |                                         |
|----------------------|----------------|-------|-----------------------------------------|
| Posisi Objek         | Jarak Maksimal |       |                                         |
|                      | Modul HB100    |       | Modul HB100 dengan Antena Mikrostrip Tx |
|                      | Modul HB100    |       |                                         |
|                      | Modul HB100    |       |                                         |
| Di Depan             | 25 cm          | 35 cm |                                         |
| Di Kanan             | 5 cm           | 15 cm |                                         |
| Di Kiri              | 5 cm           | 0 cm  |                                         |

Alat pendeteksi jatuh yang menggunakan modul HB100 asli dan modul HB100 yang menggunakan antenna mikrostrip memiliki hasil yang cukup signifikan berdasarkan jarak jangkauannya. Jangkauan objek ketika kondisi jatuh, lebih andal ketika menggunakan antenna mikrostrip dibuktikan berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.10. Hasil tersebut memvalidasi bahwa desain dan perhitungan antenna telah dilakukan dengan tepat dan hasil fabrikasi antenna mikrostrip 10.52 GHz memiliki kinerja yang lebih baik daripada antenna bawaan modul HB100 sehingga antenna mikrostrip 10.52 GHz dapat direkomendasikan sebagai alternatif untuk meningkatkan jangkauan . Hasil pengujian keseluruhan sistem didapatkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.11.





Tabel 4.11 Hasil Pengujian Implementasi Sistem Pendeteksi Jatuh Nirsentuh

| Jarak Pengujian | HB100 | PIR | Buzzer | Push Button | LCD   |
|-----------------|-------|-----|--------|-------------|-------|
| 0 cm            | 27 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 5 cm            | 26 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 10 cm           | 25 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 15 cm           | 24 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 20 cm           | 27 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 25 cm           | 24 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 30 cm           | 26 Hz | Ada | Mati   | Berfungsi   | Jatuh |
| 35 cm           | 23 Hz | Ada | Aktif  | Berfungsi   | Jatuh |
| 40 cm           | 17 Hz | Ada | Mati   | Berfungsi   | Aman  |

Berdasarkan hasil pengujian implementasi sistem pada Tabel 4.11 meliputi komponen HB100, Sensor PIR, Buzzer, Push Button, dan LCD dapat berfungsi dengan baik sesuai sistem yang telah diprogram. Pada alat ini ditetapkan nilai ambang batas untuk kategori jatuh ketika frekuensi radar  $> 22$  Hz sesuai dengan klasifikasi nilai pada Tabel 3.4. yang didapatkan dari hasil rumus perhitungan frekuensi doppler persamaan 2.1 dan disesuaikan dengan pengujian sensor radar pada aktivitas normal seperti berjalan. Hasil yang tercantum pada Tabel 4.11, saat frekuensi  $> 22$  Hz maka kondisi tersebut dikategorikan sebagai kondisi terjatuh sehingga buzzer akan aktif, ketika buzzer aktif dan push button ditekan yang memberikan logic 0 sehingga membuat buzzer mati. Pembacaan nilai sensor juga tampil pada LCD dan kondisi atau status dapat dilihat pada tampilan LCD. Sedangkan pada kondisi lain, ketika objek terdeteksi tetapi frekuensi  $\leq 22$  maka kondisi tersebut dikategorikan sebagai kondisi aman sehingga buzzer tidak akan menyala. Sensor PIR berfungsi untuk memantau keberadaan objek dan mampu menjangkau objek sesuai jangkauan radar. Jangkauan deteksi sensor PIR 4 meter lebih panjang dibandingkan dengan jangkauan radar Doppler HB100, sehingga sensor PIR dapat digunakan untuk deteksi kehadiran awal dalam area yang lebih luas, sedangkan radar Doppler HB100 untuk mendeteksi gerakan jatuh dengan presisi tinggi pada area yang lebih terbatas namun lebih akurat.

#### 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

Pengujian implementasi sistem keseluruhan yang menggunakan modul HB100 dengan antenna mikrostrip 10.52 GHz pada sisi Tx lebih unggul untuk posisi depan bernilai 35 cm, posisi kanan 15 cm, tetapi keduanya baik yang menggunakan modul asli maupun modul dengan antenna mikrostrip memiliki keterbatasan pada posisi kiri pergeseran frekuensi objek tidak terdeteksi. Meskipun antenna mikrostrip menggunakan karakteristik bahan berkualitas tinggi, ada beberapa hal yang mempengaruhi jangkauan pendeteksian antara lain seperti pancaran antenna, penguatan amplifier kurang maksimal, redaman dari konektor maupun kabel *coaxial*, serta penyolderan antenna eksternal ke modul HB100 dapat menyebabkan impedansi tidak *matching*.



### 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