

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada metode penelitian terdapat beberapa pendekatan yang berguna untuk memastikan pengembangan alat *kit* instrumentasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan serta mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Berikut adalah tahapan dan metode penelitian yang diimplementasikan dalam pengembangan alat ini.

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari ilmu yang relevan dalam mendukung perancangan kit instrumentasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Tahapan ini mencakup pemahaman teori terkait konsep IoT, sistem instrumentasi, serta mikrokontroler ESP32. Selain itu, diberikan pemahaman terhadap spesifikasi dari beberapa sensor dan aktuator yang digunakan. Lalu untuk antarmuka digunakan platform Blynk. Melalui studi literatur ini, didapatkan pemahaman yang mendukung dalam dirancangnya pembuatan kit instrumentasi ini. Selain itu, kit ini dirancang dengan peningkatan dari hasil penelitian terdahulu yang relevan.

2. Perancangan alat

Perancangan *kit* meliputi desain 2D dan 3D berupa bentuk fisik alat, pembuatan *kit* dan evaluasi kembali. Perancangan alat didukung oleh *software-software* seperti Autodesk Inventor, CorelDraw X7 dan Arduino IDE. Desain fisik dirancang untuk meningkatkan kualitas kit pada aspek tata letak, kemudahan penggunaan, dan portabel.

3. Pengujian alat

Pada tahapan pengujian alat *kit*, dilakukan penilaian berdasarkan data yang dikumpulkan. Aspek-aspek yang dinilai pada uji performa ini adalah fungsionalitas, daya tahan, dan desain dari *kit* instrumentasi. Penilaian desain lebih difokuskan pada aspek validasi oleh survei, tanpa melibatkan pengukuran efektivitas pemahaman materi oleh mahasiswa secara langsung.

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat menjelaskan spesifikasi teknis dari setiap komponen yang digunakan dalam perancangan alat. Hal ini bertujuan untuk mendukung fungsi sistem secara menyeluruh.

Tabel 3. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP32

Spesifikasi	Deskripsi
Mikrokontroler	ESP32-WROOM-32
Jumlah <i>Pin</i>	38 <i>pin</i> total
Prosesor	Dual-core Xtensa® 32-bit LX6, hingga 240 MHz
Memori <i>Flash</i>	4 MB (pada modul NodeMCU umum)
SRAM	520 KB
WiFi	802.11 b/g/n (hingga 150 Mbps), mendukung mode AP, STA, dan AP+STA
<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth</i> v4.2 BR/EDR dan BLE
GPIO	Hingga 34 GPIO, dengan fungsi <i>multiplexing</i>
Tegangan Kerja	3.0V–3.3V
Tegangan <i>Input</i> (V_{in})	5V melalui <i>port</i> USB atau <i>pin</i> VIN
Tegangan Logika I/O	3.3V
Antarmuka Komunikasi	UART, SPI, I2C, I2S, CAN, PWM, ADC, DAC
ADC	12-bit, hingga 18 kanal
DAC	2 kanal, 8-bit
PWM	Hingga 16 kanal
Konsumsi Daya	Aktif: $\pm 160\text{mA}$, <i>Sleep Mode</i> : $\pm 10\mu\text{A}$
Dimensi Modul	48mm x 25.5mm
Port USB	<i>Micro</i> USB (untuk pemrograman dan catu daya)
Fitur Tambahan	<i>Watchdog Timer</i> , RTC internal, sensor <i>hall</i> , sensor suhu internal
Regulator <i>Onboard</i>	AMS1117 (menurunkan dari 5V USB ke 3.3V untuk ESP32)

Berdasarkan tabel 3.1, NodeMCU ESP32 38-*pin* memiliki spesifikasi yang mendukung untuk digunakan pada aplikasi sistem instrumentasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini memiliki kecepatan prosesor hingga 240MHz dan kapasitas memori *flash* sebesar 4 MB, yang cukup untuk menjalankan program-program simulasi yang dihubungkan ke proses komunikasi data secara nirkabel. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan *Bluetooth* bawaan, sehingga dapat berfungsi sebagai pengirim data secara *real-time* tanpa modul tambahan.

Tabel 3. 2 Spesifikasi DHT22

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	3.3V – 6V
Jenis <i>Output</i>	Digital (1- <i>wire</i>)
Rentang Suhu	-40°C s.d. 80°C
Akurasi Suhu	±0.5°C
Rentang Kelembaban	0% – 100% RH
Akurasi Kelembaban	±2% RH
Interval Pembacaan	2 detik
Jumlah <i>Pin</i>	3 <i>pin</i> (VCC, Data, GND)

Bisa dilihat pada tabel 3.2, sensor DHT22 adalah sensor yang digunakan dalam mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini bisa membaca suhu dari -40 hingga 80°C dengan akurasi ±0.5°C, serta kelembaban dari 0% hingga 100% RH dengan akurasi ±2% RH. Sensor ini menggunakan sinyal digital satu kawat sehingga mudah untuk dihubungkan ke mikrokontroler seperti ESP32.

Tabel 3. 3 Spesifikasi DS18B20

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	3.0V – 5.5V
Jenis <i>Output</i>	Digital (1- <i>Wire</i>)
Rentang Suhu	-55°C hingga +125°C
Akurasi	±0.5°C
Jumlah <i>Pin</i>	3 <i>pin</i> (VCC, Data, GND)

Berdasarkan dari tabel 3.3, sensor DS18B20 berfungsi untuk mengukur suhu dengan komunikasi digital satu kawat (*one-wire*). Sensor ini memiliki akurasi tinggi dan mampu membaca suhu dalam rentang -55 hingga 125°C . DS18B20 mudah dihubungkan dengan ESP32 dan cocok digunakan untuk pengukuran suhu di lingkungan yang membutuhkan ketahanan lebih tinggi.

Tabel 3. 4 Spesifikasi HC-SR04

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	5V
Jenis <i>Output</i>	Digital (<i>pulse</i>)
Jarak Ukur	2cm – 400cm
Akurasi	$\pm 3\text{mm}$
Sudut Deteksi	$\pm 15^{\circ}$
Waktu Respons	$< 15\text{ms}$
Jumlah <i>Pin</i>	4 <i>pin</i> (VCC, Trig, Echo, GND)

Sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak tanpa menyentuh objek secara langsung. Sensor ini bisa mendeteksi jarak dari rentang 2 cm hingga 400 cm dengan akurasi yang cukup baik. Sensor ini juga mudah untuk dihubungkan ke ESP32 dikarenakan menggunakan sinyal digital.

Tabel 3. 5 Spesifikasi BMP280

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	1.8V – 3.6V
Antarmuka Komunikasi	I2C dan SPI
Rentang Tekanan	300 – 1100hPa
Akurasi Tekanan	$\pm 1\text{hPa}$
Jumlah <i>Pin</i>	4 <i>pin</i> (VCC, GND, SCL, SDA)

Berdasarkan tabel 3.5, sensor BMP280 berfungsi untuk mengukur tekanan udara dan suhu. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan dalam sistem *monitoring* lingkungan. BMP280 juga sudah mendukung komunikasi I2C, sehingga mudah diintegrasikan ke ESP32.

Tabel 3. 6 Spesifikasi PIR AM312

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	3.3V – 5V
Jenis <i>Output</i>	Digital (HIGH saat deteksi gerakan)
Jarak Deteksi	Maksimal 3 meter
Sudut Deteksi	$\pm 100^\circ$
Waktu <i>Delay</i>	Tetap, sekitar 2 detik
Arus Siaga	$< 50\mu\text{A}$
Jumlah <i>Pin</i>	3 <i>pin</i> (VCC, OUT, GND)

Berdasarkan tabel 3.6, sensor PIR AM312 berfungsi untuk mendeteksi gerakan berdasarkan perubahan radiasi inframerah dari objek sekitarnya. Sensor ini memiliki jarak deteksi sekitar 3 sampai 5 meter. Lalu sensor ini menggunakan sinyal digital sehingga mudah untuk dihubungkan ke ESP32.

Tabel 3. 7 Spesifikasi GY-521

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	3.3V – 5V (regulator <i>onboard</i>)
Sensor	MPU-6050
Rentang Akselerometer	$\pm 2\text{g}, \pm 4\text{g}, \pm 8\text{g}, \pm 16\text{g}$
Rentang <i>Gyroscope</i>	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000$ °/s
Frekuensi Sampling	Hingga 1kHz
Jumlah <i>Pin</i>	4 <i>pin</i> utama (VCC, GND, SDA, SCL)

Berdasarkan tabel 3.7, modul GY-521 ini menggunakan sensor MPU6050 berfungsi untuk mengukur percepatan (*accelerometer*) dan kecepatan sudut (*gyroscope*) dalam tiga sumbu. Sensor ini mendukung komunikasi I2C sehingga bisa dihubungkan dengan mudah ke ESP32.

Tabel 3. 8 Spesifikasi OLED *Display*

Spesifikasi	Keterangan
Tipe Layar	OLED 0.96 inci, monokrom
Resolusi	128 x 64 piksel

Spesifikasi	Keterangan
Antarmuka	I2C (SCL, SDA)
Tegangan Operasi	3.3V – 5V
<i>Driver IC</i>	SSD1306
Warna Tampilan	Putih atau biru
Konsumsi Daya	Rendah (± 20 mA saat aktif)
Jumlah <i>Pin</i>	4 <i>pin</i> (VCC, GND, SCL, SDA)

Berdasarkan tabel 3.8, layar OLED 0.96 inci berfungsi sebagai media *interface* antara pengguna dan alat. Layar OLED menggunakan komunikasi I2C sehingga dapat langsung dihubungkan ke ESP32 dengan dua *pin* saja. OLED memiliki resolusi 128x62 piksel, dengan begitu dapat lebih banyak menampilkan informasi berupa teks maupun grafik dengan jelas.

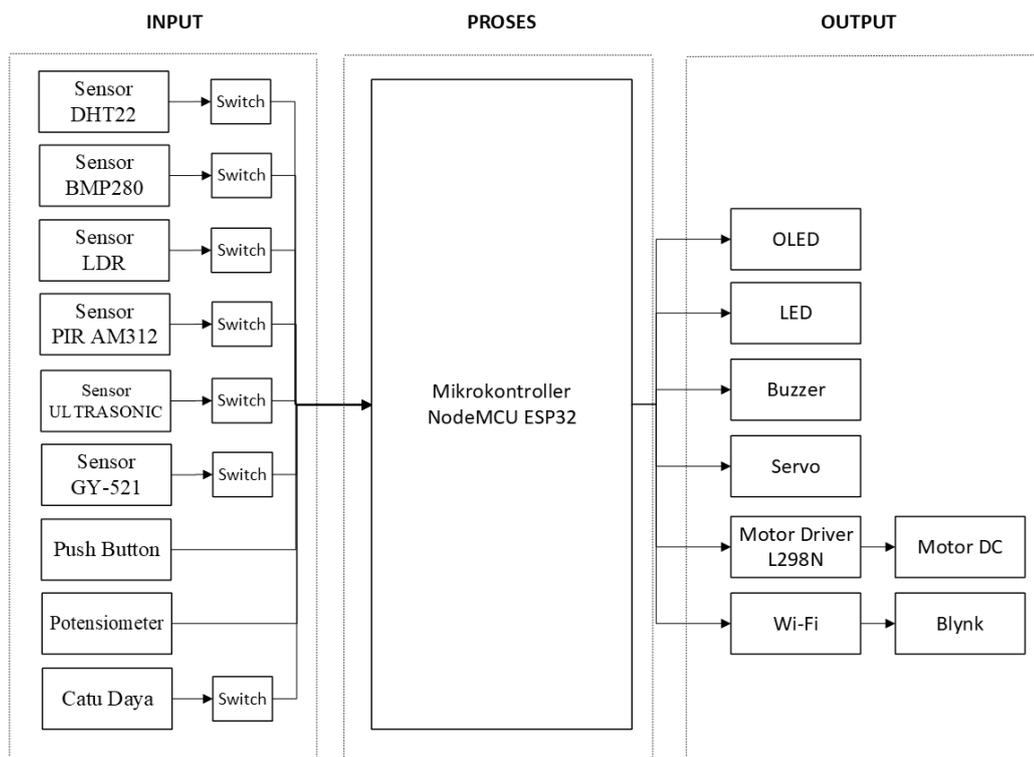
Tabel 3. 9 Spesifikasi Relay

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	5V DC
Arus Aktif	Sekitar 70mA saat aktif
Arus Siaga	Sekitar 2mA
Jenis <i>Trigger</i>	Dapat dikonfigurasi sebagai aktif HIGH atau LOW melalui <i>jumper</i>
Kapasitas Beban <i>Relay</i>	Hingga 10A pada 250V AC atau 30V DC
Indikator LED	Menyala saat <i>relay</i> aktif
Jumlah <i>Pin</i>	3 <i>pin input</i> (VCC, GND, IN) dan 3 terminal <i>output</i> (NO, COM, NC)

Berdasarkan tabel 3.9, modul *relay* dengan *optocoupler* digunakan untuk mengendalikan perangkat yang memiliki tegangan tinggi dengan menggunakan sinyal dari mikrokontroler. Adanya *optocoupler* berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian kontrol dan beban, di mana akan meningkatkan keamanan pada sirkuit.

3.3 Perancangan Sistem

Pada penelitian ini terdapat perancangan sistem yang berisikan visualisasi terhadap pembuatan alat yang dikembangkan serta realisasinya. Perancangan dimulai dari mendesain alat, merancang alat, dan mengevaluasinya. Berikut adalah diagram blok yang menggambarkan sistem dari *kit* instrumentasi sensor dan transduser bisa dilihat pada Gambar 3.1.

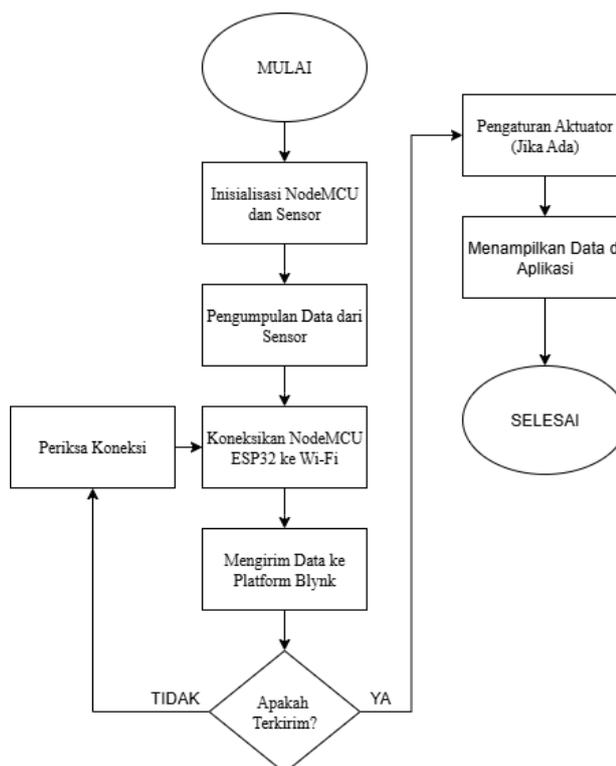


Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3.1 terdapat diagram blok sistem terhadap alat *kit* instrumentasi sensor dan transduser berbasis IoT. Diagram blok ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu *input*, *proses*, dan *output*. Pada bagian *input* terdiri dari beberapa komponen masukan seperti *sensor*, *input* analog, dan *catu daya*. Lalu terdapat juga saklar yang digunakan agar membatasi penggunaan daya terhadap keseluruhan komponen. Pada bagian *proses* merupakan mikrokontroler ESP32 yang digunakan untuk memproses, mengolah, dan mengendalikan data. Lalu pada bagian *output* terdiri dari aktuator seperti OLED dan LED, serta platform blynk yang merupakan platform IoT yang digunakan pada penelitian ini.

3.3.1 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini meliputi modul-modul yang disimulasikan. Setiap modul pembelajaran memiliki penyusunan perangkat lunaknya sendiri agar dapat membuat sistem bekerja dengan sesuai. Berikut adalah perancangan perangkat lunak sistem pada Gambar 3.2.

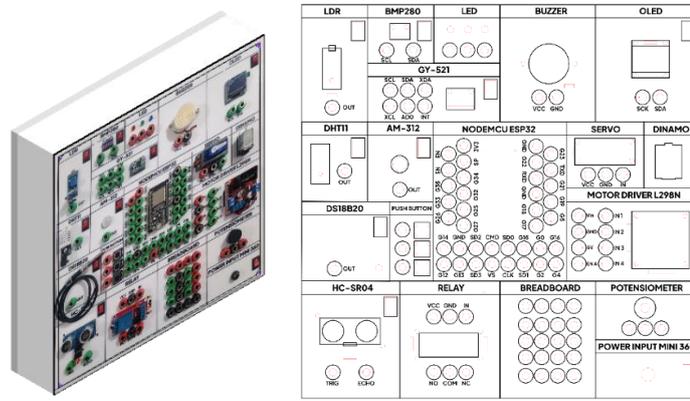


Gambar 3. 2 Diagram Alir Perangkat Lunak Alat

Pada Gambar 3.2 terdapat diagram alir perangkat lunak yang menggambarkan sistem kit bekerja. Namun, diagram ini hanya merupakan gambaran umum dari sistem kit, sedangkan secara spesifik sistem kerja alat tergantung pada modul yang disimulasikan. Sistem ini bekerja dengan menginisiasi ESP32 dan sensor yang ingin digunakan terlebih dahulu. Lalu dari sensor tersebut akan menangkap fenomena fisik yang diubah menjadi bentuk sinyal lalu diproses oleh ESP32. Data tersebut kemudian dikirimkan ke platform blynk untuk ditampilkan. Terdapat juga kondisi bila data tidak terkirim maka diulang dari koneksi ESP32 ke Wi-Fi. Lalu bila berhasil, data tersebut akan dikaitkan dengan respons *actuator* dan transduser (jika ada). Lalu data tersebut akan tampil di platform blynk sebagai *user interface* pengguna.

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras

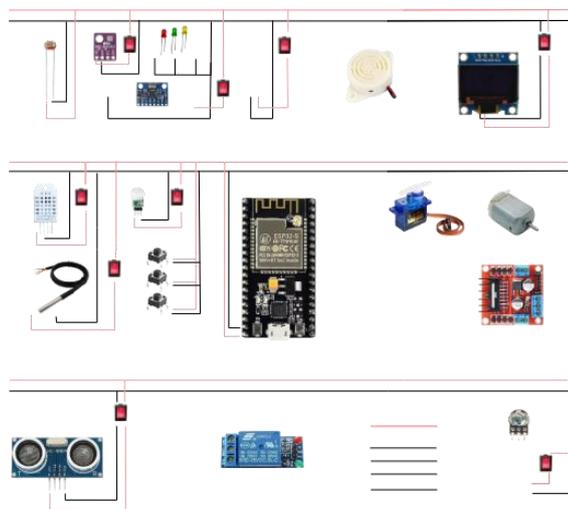
Adapun perancangan perangkat keras pada penelitian Rancang Bangun *Kit* Instrumentasi Sensor dan Transduser Berbasis IoT bisa dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Desain 3D Alat

Pada Gambar 3.3 terdapat desain 3D alat dan tampilan muka dari alat *kit* instrumentasi. Desain yang dibuat pada alat ini berbentuk persegi 31×31 cm, dengan lebar tepian 1 cm, dan panjang belakang 2 cm. Desain ini dibuat dengan mempertimbangkan tata letak komponen dan estetika agar pengguna dapat mengoperasikan alat dengan nyaman, serta tampilan yang profesional. Material yang digunakan dirancang untuk ketahanan dan stabilitas. Faktor *portability* dan kemudahan perawatan juga diperhatikan dalam alat ini untuk mudah dipindahkan dan dirawat jika diperlukan.

Adapun rangkaian alat yang menggambarkan koneksi antara komponen bisa dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Skematik Alat

Pada Gambar 3.4 terdapat rangkaian alat yang menggambarkan alur koneksi pada alat *kit* instrumentasi. Pada alat ini, koneksi antara komponen tidak ada, hal ini dikarenakan koneksi komponen bergantung pada modul simulasi yang akan dilakukan. Namun, setiap komponen diberikan pasokan daya agar perakitan komponen oleh mahasiswa nanti hanya berfokus pada *input* atau *output* pada komponennya. Saklar digunakan untuk membatasi hanya pada penggunaan komponen yang disimulasikan saja. Hal ini agar arus tidak terbagi dan membuat komponen menjadi tidak berfungsi dengan baik. Komponen *relay* menggunakan pasokan dayanya sendiri, begitu juga dengan *breadboard* buatan yang tidak mendapatkan pasokan daya yang sama dari komponen yang lainnya.

3.4 Skema pengujian

Pada penelitian ini terdapat beberapa jenis data yang diambil dan dikelompokkan menjadi 3 bagian. Yaitu pengujian terhadap fungsionalitas setiap komponen, daya tahan alat yang digunakan dalam jangka waktu tertentu, dan desain alat. Data ini yang akan dianalisis pada akhirnya untuk menentukan alat ini layak dalam digunakan untuk kegiatan praktikum atau tidak.

3.4.1 Pengujian segi fungsionalitas

Pada pengujian fungsionalitas, dilakukan uji coba terhadap nilai keakurasian alat, komunikasi data antara sensor, dan transduser. Berikut adalah kumpulan dari skema pengujian fungsionalitas alat.

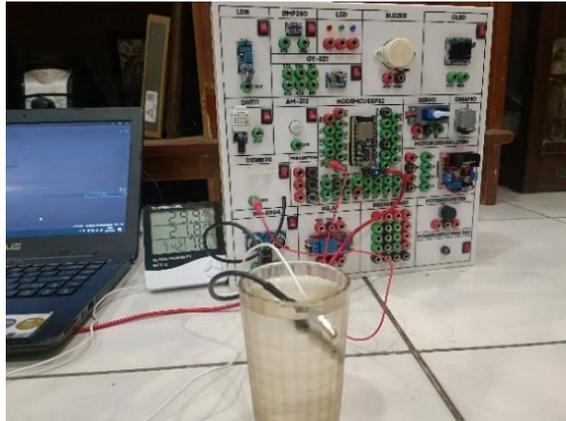
1. DHT22 (suhu & kelembapan)



Gambar 3. 5 Pengujian Sensor DHT22

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan, dan dikonfigurasi untuk terhubung ke ESP32 melalui *pin* data GPIO 26. Data dibaca menggunakan pustaka DHT dan dikirim ke *platform* Blynk secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan *termohigrometer* dalam lingkungan yang sama.

2. DS18B20 (sensor suhu)



Gambar 3. 6 Pengujian Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu secara digital dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini dikonfigurasi untuk terhubung ke ESP32 melalui *pin* data GPIO 26 menggunakan pustaka *DallasTemperature* dan *OneWire*. Media yang diukur adalah air dingin yang secara bertahap suhunya akan menyesuaikan lingkungan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan *termohigrometer* dalam media yang sama.

3. AM312 (PIR *motion* atau sensor gerak)



Gambar 3. 7 Pengujian Sensor PIR AM312

Sensor AM312 (PIR *motion*) digunakan untuk mendeteksi pergerakan manusia berdasarkan perubahan sinyal inframerah di sekitarnya. Sensor ini dikonfigurasi untuk ke ESP32 melalui *pin* digital GPIO 14 dan tambahan untuk LED di *pin* GPIO 2. Saat sensor mendeteksi pergerakan, akan menghasilkan sinyal HIGH yang dikirimkan ke mikrokontroler dan memberikan reaksi terhadap LED. Pengujian dilakukan dengan melihat respons sensor dalam mendeteksi pergerakan manusia dalam jarak 6 s.d. 1 meter.

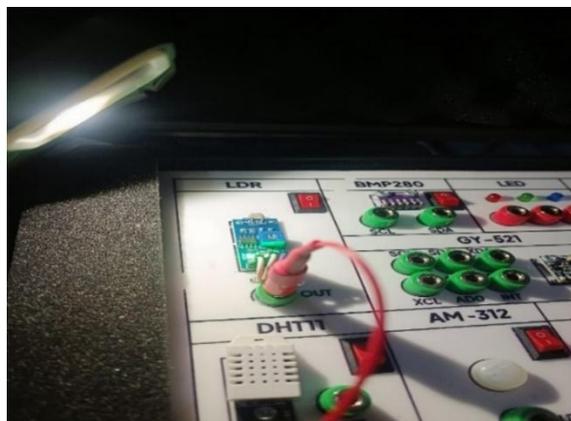
4. BMP280 (tekanan udara & ketinggian)



Gambar 3. 8 Pengujian Sensor BMP280

Sensor BMP280 digunakan untuk mengukur tekanan udara dan ketinggian. Sensor ini dikonfigurasi ke *pin* SDA ke GPIO 21 dan SCL ke GPIO 22 pada ESP32. Data hasil pembacaan tekanan dan estimasi ketinggian dihitung menggunakan pustaka Adafruit BMP280. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai tekanan udara yang terbaca dengan sensor barometer bawaan *smartphone* dalam lokasi dan waktu yang sama.

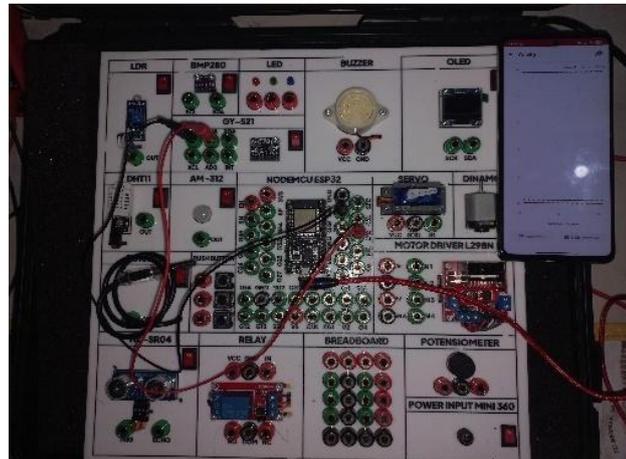
5. LDR (*Light Dependent Resistor* atau sensor intensitas cahaya)



Gambar 3. 9 Pengujian Sensor LDR

Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya berdasarkan nilai resistansi yang berubah sesuai jumlah cahaya yang diterima. Sensor ini dikonfigurasi ke *pin* analog GPIO 34. Pengujian dilakukan dengan melihat respons perubahan resistansi dari LDR terhadap paparan cahaya secara langsung.

6. GY-521 (sensor akselerometer dan *gyroscope*)



Gambar 3. 10 Pengujian Sensor GY-521

Sensor GY-521 berguna untuk mengukur percepatan (*accelerometer*) dan rotasi sudut (*gyroscope*) dalam tiga sumbu. Sensor GY-521 sendiri secara umum banyak diaplikasikan pada sistem navigasi, deteksi gerakan, stabilisasi *drone*, sistem kontrol robotik, hingga pelacakan orientasi perangkat elektronik. Sensor ini dikonfigurasi *pin* SDA ke GPIO 21 dan SCL ke GPIO 22. Pengujian dilakukan dengan membandingkan ketiga nilai sumbu percepatan dan rotasi yang terbaca dengan sensor bawaan *smartphone* dalam lokasi dan waktu yang sama.

7. HC-SR04 (sensor jarak)



Gambar 3. 11 Pengujian Sensor HC-SR04

Sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan memanfaatkan pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ini dikonfigurasi dengan *pin Trigger* ke GPIO 5 dan *pin Echo* ke GPIO18. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek pada jarak tertentu dari sensor dan membandingkan hasil pembacaan dengan penggaris atau meteran.

Selain itu, adapun metode yang digunakan dalam menguji fungsionalitas transduser dan komponen tambahan lainnya sebagai berikut.

1. LED, OLED = diuji dengan menampilkan *output* sesuai yang diinginkan.
2. *Continuous servo SG90* = diuji dengan melihat respons kecepatan sudut *servo* berdasarkan perintah yang diberikan.
3. *Motor driver l298n* & Motor DC = diuji dengan respons kecepatan motor berdasarkan perintah yang diberikan.
4. *Potentiometer & push button* = diuji dengan respons terhadap *input* manual.
5. *Relay* = diuji dengan *switching* ON/OFF sebanyak 50 kali.

3.4.2 Pengujian segi desain

Pada pengujian desain, dilakukan evaluasi terhadap aspek ergonomi, tata letak komponen, dan kemudahan penggunaan kit. Survei dilakukan dengan menargetkan dua kelompok responden utama yang relevan dengan penggunaan kit ini di lingkungan akademis, yaitu Asisten Laboratorium dan Mahasiswa. Skor rata-rata hasil survei dari kedua kelompok responden disajikan dalam bentuk persentase (skala 0-100%), yang mengindikasikan tingkat penerimaan atau kelayakan terhadap setiap aspek yang dievaluasi.

1. Aksesibilitas antarmuka = kemudahan membaca data dari OLED, indikator LED, dan konektivitas IoT.
2. Tata letak komponen = dievaluasi berdasarkan kemudahan dalam akses dan kemudahan pemasangan/penggantian komponen.
3. Portabel = diuji fleksibilitas pemindahan perangkat.
4. Kemudahan penggunaan = diuji dengan simulasi secara langsung oleh mahasiswa.

3.4.3 Pengujian daya tahan

Pada pengujian daya tahan, dilakukan evaluasi terhadap ketahanan kit dalam penggunaan jangka waktu tertentu serta kemampuannya menghadapi berbagai kondisi lingkungan.

1. Ketahanan komponen = diuji dengan penggunaan berulang dalam durasi tertentu.
2. Ketahanan koneksi IoT = diuji dengan pemantauan stabilitas komunikasi data dalam waktu lama.

3.5 Komponen Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa komponen yang digunakan untuk menunjang proses perancangan dan pengembangan *kit* praktikum berbasis IoT.

1. Komputer dan *smartphone*, digunakan untuk mendukung proses perancangan sistem, studi literatur, pengembangan perangkat lunak, serta penyusunan laporan penelitian.
2. Perangkat lunak, terdiri dari Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler dan Autodesk Inventor untuk mendesain bentuk alat.
3. Mikrokontroler NodeMCU ESP32, digunakan sebagai pusat kendali, pengolah data, mengendalikan aktuator, serta mengirimkan dan menerima data dari platform Blynk.
4. Sensor, Sensor-sensor yang digunakan meliputi sensor kelembapan DHT22, sensor suhu DS18B20, sensor jarak ultrasonik HC-SR04, sensor barometrik BMP280, sensor gerak PIR AM312, sensor *gyroscope* GY-521, dan sensor cahaya LDR.
5. Potensiometer, berfungsi untuk mengatur nilai resistansi secara manual sesuai dengan kebutuhan dalam pengujian atau kalibrasi sistem.
6. *Relay*, digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat eksternal yang terhubung ke sistem, seperti aktuator.
7. OLED 128x64, berfungsi sebagai antarmuka visual yang menampilkan informasi sistem, atau data lainnya kepada pengguna secara *real-time*.
8. Adaptor 5V 3A, menyediakan sumber daya yang stabil untuk mikrokontroler dan komponen lain dalam sistem.