

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DAYA DAN GANGGUAN BEBAN MENGGUNAKAN *ANDROID*

Yesaya Swabra¹, Tiara Sylvia², Eriansyah Saputra Hasibuan³
Politeknik Penerbangan Medan, Medan

e-mail: ¹yesayaswabra26@gmail.com, ²tiarasyilvia@gmail.com
³eriansyah.saputra21@gmail.com

Abstract: *This study aims to design and develop a power monitoring and load protection system based on Android as a practical solution for monitoring electricity consumption. The system employs a PZEM-004T sensor integrated with an Arduino Nano/ESP32 microcontroller to measure electrical parameters such as voltage, current, and power. The measurement data are transmitted wirelessly via the Bluetooth HC-05 module to an Android application developed using Android Studio, allowing users to monitor load conditions in real time. In addition to the monitoring function, the system is equipped with a relay as an automatic protection mechanism that disconnects the load when disturbances such as overcurrent are detected. A visual indicator on the application displays the system status, showing green for normal conditions and red when a fault occurs. Testing results show that the sensor readings are close to the accuracy of a standard multimeter, with a fast and effective response in protection performance. Therefore, this system can serve as an efficient, responsive, and user-friendly solution for power monitoring and load protection, while also reducing reliance on manual inspection.*

Keywords: *Power Monitoring, Load Protection, PZEM-004T, Arduino, Android*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring daya serta proteksi beban berbasis Android sebagai solusi praktis dalam pemantauan konsumsi listrik. Sistem menggunakan sensor PZEM-004T yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Nano/ESP32 untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya. Data hasil pengukuran dikirimkan secara nirkabel melalui modul Bluetooth HC-05 ke aplikasi Android yang dirancang menggunakan Android Studio, sehingga pengguna dapat memantau kondisi beban secara real-time. Selain fungsi monitoring, sistem dilengkapi dengan relay sebagai proteksi otomatis yang memutuskan aliran listrik saat terdeteksi gangguan, seperti arus berlebih. Indikator visual pada aplikasi menampilkan status sistem dengan warna hijau untuk kondisi normal dan merah ketika terjadi gangguan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor mendekati akurasi multimeter standar, dengan respon proteksi yang cepat dan efektif. Dengan demikian, sistem ini dapat dijadikan sebagai solusi efisien, responsif, dan mudah digunakan untuk monitoring serta proteksi daya listrik, sekaligus mengurangi ketergantungan pada inspeksi manual.

Kata kunci: Monitoring Daya, Proteksi Beban, PZEM-004T, Arduino, Android

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber utama yang menopang hampir seluruh aktivitas manusia di sektor rumah tangga, industri, hingga fasilitas publik. Seiring perkembangan teknologi dan

meningkatnya taraf hidup, kebutuhan listrik terus mengalami peningkatan setiap tahunnya.

Konsumsi energi listrik tumbuh sejalan dengan perkembangan ekonomi masyarakat. Namun, tanpa sistem pemantauan yang baik, penggunaan listrik

cenderung tidak terkendali sehingga menimbulkan pemborosan energi dan mempercepat berkurangnya sumber energi tak terbarukan

Saat ini, sistem monitoring daya umumnya masih dilakukan secara manual melalui inspeksi langsung pada panel listrik, yang memerlukan waktu, tenaga, serta rawan kendala, terutama saat terjadi gangguan beban. Menurut Capehart dkk. (1997), monitoring energi merupakan proses pengumpulan dan analisis informasi dari sistem energi untuk memastikan operasional berjalan optimal sekaligus mendeteksi permasalahan lebih dini. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring daya yang real-time, akurat, serta mudah diakses melalui perangkat digital untuk mencegah pemborosan arus listrik (Irwan Dinata, 2015)

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penelitian ini merancang sistem monitoring daya dan deteksi gangguan berbasis Android menggunakan sensor PZEM-004T yang terintegrasi dengan Arduino Nano/ESP32. Data dikirimkan secara nirkabel melalui Bluetooth HC-05 ke aplikasi Android yang menampilkan informasi secara real-time. Sistem ini juga dilengkapi relay sebagai proteksi otomatis saat terjadi overcurrent serta indikator visual berupa notifikasi pada aplikasi. Dengan demikian, penelitian ini menghadirkan solusi monitoring daya yang tidak hanya akurat dan praktis, tetapi juga adaptif serta mampu meningkatkan aspek keamanan dan efisiensi energi listrik.

METODE

Metode penelitian digunakan untuk memperoleh informasi dan data yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Penelitian ini menggunakan metode *Experiment Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan atau menyempurnakan produk melalui langkah-langkah sistematis mulai dari perancangan,

pembuatan *prototype*, hingga pengujian (Okpatrioka, 2023)

Menurut (Sugiyono, 2020) terdapat empat tingkatan penelitian R&D. Tahapan yang ditempuh diawali dengan studi literatur sebagai dasar teori, dilanjutkan dengan desain perencanaan sistem, kemudian perancangan alat dan instalasi dalam bentuk *prototype*. Selanjutnya dilakukan simulasi dan pengujian aplikasi untuk mengevaluasi kinerja sistem. Jika hasil belum sesuai maka dilakukan perbaikan, sedangkan jika sesuai dilanjutkan ke tahap penyusunan laporan.

Melalui metode ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan *Rancangan prototype Sistem Monitoring Daya Dan Gangguan Beban Menggunakan Android* yang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan kondisi saat itu / *real time*.

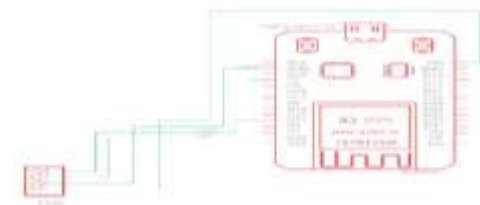
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Perangkat Keras

Perangkat keras merupakan bagian utama dalam perancangan sistem monitoring daya dan deteksi gangguan beban berbasis Android. Seluruh komponen dirangkai agar mampu bekerja secara terintegrasi mulai dari proses pengukuran, pengolahan data, hingga proteksi beban. Adapun perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mikrokontroler ESP 32 dan LCD

LCD atau Liquid Crystal Display, alat ini berfungsi sebagai alat untuk menampilkan nilai arus dan tegangan dari sensor secara langsung. Modul LCD ini terhubung melalui protokol I2C dengan dua pin komunikasi, yaitu SDA dan SCL.



Gambar 1 Koneksi LCD dengan ESP32

2. *Stepdown* LM 2596

Modul LM2596 merupakan step-down DC-DC converter yang digunakan untuk menurunkan tegangan input menjadi 5 V DC yang stabil sesuai kebutuhan komponen. Dalam penelitian ini, LM2596 berfungsi sebagai catu daya untuk mikrokontroler, sensor, relay, Bluetooth, dan LCD, sehingga seluruh rangkaian dapat beroperasi dengan aman dan efisien (Putra et al., 2019).

3. *Power Supply* 12V

Power Supply merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) atau menurunkan tegangan listrik yang besar menjadi lebih kecil. Sebagai komponen penting dalam peralatan elektronik, adaptor bekerja dengan mengubah tegangan AC 220 Volt menjadi tegangan yang lebih rendah, antara 3 volt hingga 12 volt, sesuai dengan kebutuhan alat elektronik yang digunakan (Pebri Prihatmoko, 2022)

4. PZEM 004-T

Sensor PZEM-004T merupakan modul yang mampu mengukur tegangan, arus, daya aktif, serta konsumsi energi listrik (Wh). Modul ini bekerja melalui kabel komunikasi serial dan terminal masukan tegangan–arus, serta dilengkapi papan pin TTL untuk mendukung komunikasi data. PZEM-004T dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk mengirimkan data secara real-time, sehingga cocok digunakan dalam sistem monitoring, deteksi ketidakseimbangan beban, serta optimasi energi pada aplikasi rumah tangga, industri, maupun perangkat IoT (Nirwan & MS, 2020).

Pembuatan Perangkat Lunak

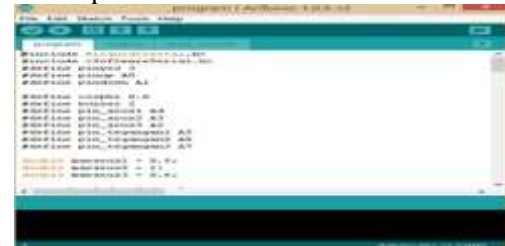
Perangkat lunak dalam penelitian ini berperan sebagai pengendali logika kerja sistem, pengolah data, serta antarmuka bagi pengguna untuk melakukan monitoring. Terdapat dua perangkat utama yang digunakan, yaitu Arduino IDE untuk pemrograman

mikrokontroler dan Android Studio untuk pengembangan aplikasi Android.

Instalasi Arduino IDE

Pada proses ini, digunakan Arduino IDE sebagai perangkat lunak yang berperan dalam menghubungkan mikrokontroler NodeMCU ESP32, sehingga modul dapat beroperasi sesuai dengan program yang telah diunggah melalui Arduino IDE. Instalasi software atau perangkat lunak ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++, yang terpasang pada mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak yang disertakan dengan Arduino IDE memungkinkan pengguna melakukan pemrograman (Panchal et al., 2020).

Setelah program disusun, kode dapat diunggah melalui kabel USB *Type-C* agar ESP32 mengontrol rangkaian sesuai perintah.



Gambar 2 Program Arduino IDE

Pada sisi mikrokontroler, program dikembangkan menggunakan bahasa C/C++ melalui Arduino IDE. Program ini memiliki peran utama untuk membaca data dari sensor PZEM-004T, yang mencakup parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya nyata. Data hasil pengukuran tersebut kemudian diolah menjadi informasi digital yang lebih terstruktur agar dapat ditampilkan secara real-time. Selanjutnya, mikrokontroler bertugas mengirimkan data melalui komunikasi serial ke modul Bluetooth HC-05 agar dapat diteruskan ke smartphone pengguna.

Selain sebagai pengolah data, program juga dilengkapi dengan algoritma deteksi gangguan. Jika terjadi kondisi abnormal, seperti arus berlebih (overcurrent), mikrokontroler segera

mengaktifkan relay untuk memutus aliran listrik menuju beban. Mekanisme ini merupakan bagian dari fitur proteksi otomatis yang menjamin keamanan perangkat listrik dan keselamatan pengguna. Selain itu, program juga mengatur tampilan data pada LCD 16x2 sehingga teknisi dapat memantau nilai tegangan, arus, dan daya langsung pada perangkat tanpa harus membuka aplikasi Android

Instalasi Android Studio 1

Android Studio digunakan untuk mengembangkan aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna. Aplikasi ini terhubung dengan modul Bluetooth HC-05 sehingga data dari mikrokontroler dapat ditampilkan secara real-time pada smartphone.



Gambar 3 Tampilan Android Studio

Android Studio digunakan dalam penelitian ini untuk mengembangkan aplikasi Android yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna. Aplikasi ini menjadi penghubung antara sistem perangkat keras dengan pengguna, di mana data dari mikrokontroler dikirim melalui modul Bluetooth HC-05 dan ditampilkan secara real-time pada layar smartphone. Dengan adanya aplikasi ini, pemantauan kondisi beban dapat dilakukan dengan lebih praktis dan efisien tanpa perlu melakukan pemeriksaan manual pada panel listrik.

Aplikasi Android yang dirancang memiliki sejumlah fitur utama yang mendukung monitoring daya sekaligus proteksi beban. Fitur koneksi Bluetooth memungkinkan smartphone terhubung dengan modul HC-05 sehingga data dari mikrokontroler dapat diterima secara stabil. Selanjutnya, fitur tampilan real-

time menampilkan parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya dalam bentuk angka digital yang mudah dipahami pengguna. Untuk memperjelas status kondisi sistem, ditambahkan indikator visual berupa warna hijau yang menandakan keadaan normal, serta warna merah yang menandakan adanya gangguan beban.

Selain itu, aplikasi juga dilengkapi dengan peringatan gangguan berupa notifikasi visual ketika terjadi arus berlebih. Fitur ini memberikan peringatan dini kepada pengguna sehingga dapat mengambil tindakan segera. Integrasi aplikasi dengan sistem proteksi semakin diperkuat dengan adanya tampilan status relay yang menunjukkan apakah beban sedang terhubung atau telah diputus secara otomatis. Dengan desain yang sederhana namun informatif, aplikasi ini memberikan kemudahan monitoring sekaligus meningkatkan aspek keselamatan penggunaan beban listrik.

Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang digunakan pada sistem monitoring daya dan deteksi gangguan beban dapat bekerja sesuai fungsinya. Tahapan pengujian dimulai dari catu daya, sensor, modul komunikasi, relay, hingga tampilan data.

Tahap pertama dilakukan pada catu daya LM2596 yang berfungsi sebagai penyedia tegangan bagi seluruh rangkaian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul ini mampu menurunkan tegangan dari sumber PLN 220 V AC yang telah melalui penyearah, menjadi output stabil pada kisaran 4,9–5,0 V DC. Tegangan ini berada dalam batas toleransi yang aman untuk mensuplai mikrokontroler, sensor, relay, modul Bluetooth, dan LCD.

Pengujian kemudian dilanjutkan pada sensor PZEM-004T untuk mengukur akurasi hasil pembacaan arus, tegangan, dan daya. Nilai keluaran sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter standar pada

beberapa jenis beban, seperti lampu, kipas, dan setrika. Hasil menunjukkan bahwa perbedaan antara sensor dan alat ukur standar relatif kecil dengan persentase error yang rendah, sehingga sensor dapat digunakan sebagai perangkat monitoring yang andal.

Berikutnya dilakukan pengujian pada modul Bluetooth HC-05 yang menjadi media komunikasi data antara mikrokontroler dan aplikasi Android. Modul diuji pada jarak operasional 1–10 meter. Hasil menunjukkan transmisi data berlangsung stabil tanpa gangguan berarti, sehingga monitoring dapat dilakukan secara real-time dengan baik.

Pengujian relay dilakukan dengan memberikan beban yang melebihi arus nominal untuk mensimulasikan terjadinya

overcurrent. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay mampu memutuskan aliran listrik ke beban secara otomatis, sementara aplikasi Android menampilkan indikator berwarna merah sebagai tanda adanya gangguan. Kondisi ini membuktikan bahwa sistem proteksi bekerja sesuai dengan perancangan.

Terakhir, pengujian dilakukan pada LCD 16x2 sebagai penampil data lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD dapat menampilkan nilai tegangan, arus, dan daya secara jelas dan stabil meskipun pada kondisi lingkungan pencahayaan berbeda. Berikut tabel pengujian perangkat keras komponen:

Tabel 1 Pengujian Perangkat Keras

KOMPONEN	Pembacaan Alat Ukur V	
	Multimeter	Spesifikasi In: 220 V out: 5V
Power Suply	5 V	5 V
ESP 32	5 V	5 V
PZEM 004-T	5 V	5 V
Step Down LM 2596	5 V	5 V

Secara keseluruhan, hasil pengujian perangkat keras menunjukkan bahwa setiap komponen telah berfungsi dengan baik dan saling mendukung. Hal ini membuktikan bahwa rancangan perangkat keras dalam penelitian ini layak untuk diintegrasikan dengan perangkat lunak, sehingga dapat menghasilkan sistem monitoring daya dan proteksi beban yang akurat, responsif, dan mudah digunakan.

PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK

Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk memastikan program pada mikrokontroler serta aplikasi Android dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengujian difokuskan pada dua bagian utama, yaitu program yang ditanamkan pada mikrokontroler menggunakan Arduino IDE dan aplikasi Android yang dikembangkan melalui Android Studio.

Pada sisi mikrokontroler, pengujian dimulai dengan memastikan bahwa program dapat membaca data dari sensor PZEM-004T secara konsisten. Data tegangan, arus, dan daya dikirim melalui komunikasi serial, kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD 16x2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan data aktual dari sensor, sehingga algoritma pembacaan dan pengolahan data bekerja dengan baik. Selain itu, pengujian juga dilakukan terhadap fungsi kontrol relay. Program berhasil mendeteksi adanya kondisi arus lebih dan secara otomatis memberikan perintah ke relay untuk memutus aliran listrik. Respon sistem tercatat cepat dan sinkron dengan logika proteksi yang telah diprogram.

Sementara itu, pengujian pada aplikasi Android dilakukan dengan

menghubungkan smartphone ke modul Bluetooth HC-05. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi dapat menerima data secara real-time dengan tampilan yang stabil pada antarmuka pengguna. Parameter listrik yang ditampilkan berupa tegangan, arus, dan daya sesuai dengan hasil yang diperoleh dari mikrokontroler. Selain itu, aplikasi juga berhasil menampilkan indikator visual sesuai kondisi sistem, yaitu hijau ketika normal dan merah saat terjadi gangguan beban. Notifikasi visual muncul tepat waktu ketika sistem mendeteksi adanya arus berlebih, menunjukkan integrasi aplikasi dengan mekanisme proteksi berjalan sesuai perancangan.



Gambar 4 Tampilan Dashboard

Secara keseluruhan, hasil pengujian perangkat lunak menunjukkan bahwa baik program mikrokontroler maupun aplikasi Android dapat berfungsi dengan optimal. Program pada mikrokontroler berhasil mengolah dan mengirimkan data ke aplikasi Android, sementara aplikasi mampu menampilkan data real-time dan memberikan peringatan visual saat terjadi gangguan.

PENGUJIAN KESELURUHAN

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem monitoring daya dan proteksi beban benar-benar mampu bekerja sesuai perancangan dalam kondisi operasional sebenarnya.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sistem ke beberapa jenis beban, antara lain lampu LED, kipas angin, dan setrika listrik. Beban-beban tersebut dipilih karena memiliki karakteristik konsumsi daya yang berbeda, sehingga dapat merepresentasikan variasi penggunaan listrik dalam skala rumah tangga.

Pada saat beban diaktifkan, sensor PZEM-004T membaca nilai tegangan, arus, dan daya yang dikonsumsi. Data hasil pembacaan kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Nano/ESP32, ditampilkan pada LCD 16x2, serta dikirimkan secara real-time melalui Bluetooth HC-05 ke aplikasi Android.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai yang ditampilkan aplikasi Android hampir identik dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter standar. Sebagai contoh, pada pengujian dengan beban kipas angin, aplikasi menampilkan tegangan sebesar 230,3 V, arus 0,21 A, dan daya 48,4 W, yang hanya berbeda sangat kecil dengan hasil pengukuran manual. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dalam melakukan monitoring daya listrik

Tabel 2 Pengujian Keseluruhan Rangkaian

JENIS BEBAN	PARAMETER	TAMPILAN		KEADAAN
		MULTIMETER	APLIKASI	NORMAL
Setrika	V	230.30 V	230.30 V	230.30 V
	P	0.00 W	0.00 W	0.00 W
	I	0.04 A	0.04 A	0.04 A
Lampu LED	V	230.10 V	230.10 V	230.10 V
	P	32.20 W	32.30 W	32.20 W
	I	0.28 A	0.28 A	0.28 A
Kipas	V	230.3 V	230.3 V	230.3 V
	P	48.4 W	48.4 W	48.4 W
	I	0.21 A	0.21 A	0.21 A

Selain fungsi monitoring, pengujian juga dilakukan terhadap mekanisme proteksi beban. Ketika dilakukan simulasi arus lebih pada beban, mikrokontroler segera mendeteksi adanya anomali dan memerintahkan relay untuk memutus aliran listrik. Pada saat yang sama, aplikasi Android menampilkan indikator berwarna merah sebagai tanda adanya gangguan, sementara kondisi normal ditandai dengan indikator hijau. Respon sistem terhadap kondisi abnormal berlangsung cepat dan sinkron, menegaskan bahwa fitur proteksi telah berfungsi dengan baik sesuai tujuan penelitian.

Secara keseluruhan, pengujian dengan beban nyata menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu menampilkan informasi penggunaan daya listrik secara akurat, tetapi juga memberikan perlindungan terhadap peralatan listrik dengan mendeteksi dan merespon gangguan secara real-time.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring daya dan proteksi beban berbasis Android yang dikembangkan pada penelitian ini mampu bekerja sesuai dengan tujuan. Sensor PZEM-004T terbukti dapat mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya dengan tingkat akurasi yang mendekati hasil pengukuran menggunakan multimeter standar. Data hasil pengukuran berhasil diproses oleh mikrokontroler Arduino Nano/ESP32 dan ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2, sekaligus dikirimkan secara real-time ke aplikasi Android menggunakan modul Bluetooth HC-05.

Selain fungsi monitoring, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur proteksi beban melalui penggunaan relay yang dapat memutus aliran listrik secara otomatis ketika terdeteksi adanya arus berlebih. Fitur ini bekerja dengan baik,

ditandai dengan adanya respon cepat dari relay serta perubahan indikator visual pada aplikasi Android dari hijau (normal) menjadi merah (gangguan). Dengan demikian, sistem tidak hanya memberikan kemudahan dalam pemantauan konsumsi daya, tetapi juga meningkatkan aspek keselamatan dalam penggunaan listrik.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah sistem monitoring daya listrik yang praktis, efisien, akurat, dan responsif, serta dapat diaplikasikan pada skala rumah tangga maupun lingkungan pendidikan sebagai media pembelajaran. Namun, sistem ini masih memiliki keterbatasan pada jangkauan komunikasi Bluetooth yang hanya ± 10 meter. Untuk pengembangan lebih lanjut, integrasi dengan platform Internet of Things (IoT) dapat dilakukan agar sistem dapat dipantau secara jarak jauh dengan cakupan yang lebih luas

DAFTAR PUSTAKA

- Irwan Dinata, W. S. (2015). Implementasi Wireless Sensor Network Untuk monitoring Parameter energi Listrik Sebagai peningkatan Layanan bagi Penyedia Energi listrik.
- Okpatrioka. (2023). Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan [Innovative Research And Development (R&D) In Education]. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa Dan Budaya*,
- Panchal, A., Jadhav, D., & Aspalli, S. P. (2020). *Iot Home Automation Using Esp8266 With Voice Commands Of Hindi Language*. 08, 814–819.
- Pebri Prihatmoko. (2022). Rancang Bangun Kran Air Tanpa Sentuh Berbasis Sensor Infra Merah. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Komputer (Jitek)*
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D*.