

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KONSENTRASI GAS METANA
BERBASIS MIKROKONTROLER IoT**

Proposal Penelitian



Oleh:

QORY NATUR ROHIMAH

2019/19034077

Dosen Pembimbing:

Prof.Pakhrur Razi, S.Pd.,M.Si.,Ph.D

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

Judul: Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Gas Metana Berbasis Mikrokontroler IoT

Bidang Kajian: Elektronika dan Instrumentasi

A. Latar Belakang

Krisis energi merupakan kondisi kekurangan atau kelangkaan dari penyediaan pasokan energi(Khan et al., 2017) atau meningkatnya harga sumber daya energi (Chien et al., 2021; Zhao et al., 2022). Penyebab dari krisis energi adalah bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan aktifitas manusia serta konsumsi yang berlebihan terhadap sumber daya energi(Gorus & Aydin, 2019). Krisis energi menjadi salah satu masalah yang berkaitan dengan berkurangnya minyak bumi atau gas alam (Poudyal et al., 2019)

Indonesia merupakan negara yang masih memanfaatkan energi minyak bumi dan gas alam sebagai sumber energi utama di berbagai aktifitas kehidupan sehari-hari seperti pemanfaatan bensin, *Liquid Petroleum Gases* (LPG). Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2019, cadangan minyak bumi Indonesia hanya tersedia untuk 9,5 tahun dan gas bumi untuk 19,9 tahun dengan asumsi tidak ada penemuan baru cadangan minyak dan gas bumi. Selain itu, ditinjau dari pencapaian produksi rata-rata minyak dan gas bumi dalam dua tahun terakhir menunjukkan terjadinya penurunan akibat adanya penurunan performance reservoir secara alami (natural decline) dan tidak ditemukannya cadangan besar yang dapat menggantikan cadangan yang terus diproduksi. Artinya, terdapat penurunan dari segi kuantitas minyak bumi dan dalam jangka waktu tertentu dapat habis (Kementrian ESDM,2019). Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk mananggulangi kelangkaan dari minyak tanah atau gas alam salah satunya biogas.

Biogas adalah gas terbarukan yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen. Biogas terutama terdiri dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Kualitas biogas dilihat dari konsentrasi gas metana (CH_4), dan biogas yang baik memiliki konsentrasi gas metana (CH_4) berkisar antara 50-70%(Ghosh et al., 2019). Konsentrasi yang tinggi ini memungkinkan biogas menghasilkan energi yang lebih tinggi ketika digunakan sebagai bahan bakar. Kosentrasi gas metana (CH_4) yang tidak diukur secara tepat

dapat menyebabkan efek negatif diantaranya efek rumah kaca dan ledakan (Aditya Paratama, 2017). Konsentrasi gas metana (CH_4) lebih dari 5% di udara dapat menyebabkan ledakan seperti yang terjadi tambang Sawah Lunto tahun 2022 (Kompasiana, 2022). Oleh karena itu diperlukan alat untuk mengukur konsentrasi gas metana.

Pada saat ini telah ditemukan alat ukur gas metana (CH_4) seperti multi gas detector yang tidak dapat menampung gas didalamnya dan digaster penampung yang diteliti oleh Hasto Soebagia (2021). Kelemahan dari penelitian Hasto Soebagia yaitu alat yang dibuat sudah menampilkan hasil pada Smartphone namun tidak dapat diakses oleh multydevice atau banyak orang. Ketika menambahkan atau mengosongkan bahan baku dari biogas alat tidak memiliki alarm sebagai penanda alat sudah terisi penuh atau sudah kosong oleh bahan baku biogas. Pada penelitian Hasto Soebagia tersebut alat juga tidak otomatis dapat membuka kran keluaran dari sisa bahan baku dari biogas ketika konsentrasi gas sudah mencapai 70%.

Sehingga penulis menghadirkan solusi dengan sistem *Internet of things* (IoT). Sistem *Internet of things* (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari monektifitas internet yang tersambung secara berlanjut. Kelebihan dari *Internet of things* (IoT) pada penelitian ini yaitu hasil dari pengukuran dapat diakses secara *multy device* atau banyak pengguna. Serta dapat mengontrol alat ukur yang akan dibuat oleh penulis. Alat ukur pada penelitian ini dilengkapi drngan komponen berupa arduino UNO sebagai mikrokontroler, MQ-4 sebagai sensor pengukur metana, ESP 8266 sebagai modul penghubung alat ke WIFI agar terkoneksi ke aplikasi. Aplikasi yang digunakan untuk menampilkan hasil dari pengukuran adalah Blynk. Blynk merupan platform baru yang memungkinkan untuk membangun interface untuk mengendalikan atau memantau proyek hardwere dari android secara cepat dan realtime dan dari jatak jauh dengan syarat terkoneksi dengan internet.

Berdasarkan dari latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Gas Metana Berbasis Mikrokontroler IoT” yang dapat mengukur konsentrasi gas metana pada biogas secara real time.

B. Identifikasi Masalah

Adapun permasalahan penelitian yang peneliti ajukan dapat diidentifikasi antara lain sebagai berikut:

1. Alat pengukur gas metana (CH_4) yang ada memiliki keterbatasan, seperti ketidakmampuan menampung gas dan kurangnya fitur keamanan seperti alarm dan otomatisasi.
2. Telah adanya pengembangan dari alat ukur gas metana tidak dapat diakses oleh banyak pengguna.
3. Alat ukur konsentrasi gas metana (CH_4) yang ada tidak otomatis membuka kran keluaran gas saat konsentrasi mencapai batas tertentu.

C. Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan penulis dan luasnya permasalahan yang dapat dikaji pada penelitian ini, maka batasan masalah yang akan dibahas ditetapkan sebagai berikut:

1. Alat ini hanya mengukur gas metana pada gas
2. Sensor yang digunakan sensor MQ-4.
3. Menggunakan sensor VL53L0X sebagai pengatur ketinggian isi kotoran sapi didalam digester biogas.
4. Menggunakan buzzer sebagai alarm penentu terisi penuh atau kosong digester.
5. Menggunakan motor servo sebagai penggerak kran keluaran otomatis dari digester.
6. Pembuatan digaster biogas menggunakan tabung tangki tertutup kedap berbahan PVC.
7. Perancangan dibuat dengan aplikasi *Blynk*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. bagaimana rancangan prototipe system pengukuran gas metana menggunakan sensor MQ- 4 berbasis mikrokontroler IoT?

2. bagaimana *performance* sistem pengukuran gas metana menggunakan sensor MQ- 4 berbasis mikrokontroler IoT?
3. Bagaimana implementasi alat ukur konsentrasi gas metana (CH₄) berbasis mikrokontroler IoT dapat memperbaiki keterbatasan alat yang sudah ada terutama dalam hal eksabilitas, alarm, dan otomatisasi pengeluaran gas berlebih?

E. Tujuan Penelitian

1. Merancang prototipe system pengukuran gas metana menggunakan sensor MQ- 4 berbasis mikrokontroler IoT
2. Mendeskripsikan *performance* prototipe system pengukuran gas metana menggunakan sensor MQ- 4 berbasis mikrokontroler IoT
3. Melakukan implementasi alat ukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler IoT, dan Memperbaiki keterbatasan alat yang sudah ada, terutama dalam hal eksabilitas, alarm, dan otomatisasi pengeluaran gas berlebih.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada:

1. Bidang kajian elektronika dan instrumentasi ataupun jurusan fisika, sebagai acuan perkembangan ilmu dan teknologi sehingga melahirkan ide-ide baru yang lebih inovatis terutama dibidang elektronika.
2. Peneliti lain, sebagai referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan rancang bangun alat ukur gas.
3. Bagi masyarakat, sebagai alat yang dapat digunakan dalam pengembangan biogas.

G. Kajian Pustaka

1. Gas metana (CH₄)

Metana (CH₄) adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH₄ (Asrul et al., 2018). Metana murni tidak berbau, tetapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Sebagai komponen utama gas alam, metana adalah sumber bahan bakar utama. Sehingga untuk membuat biogas dengan kualitas baik tentu diukur konsentrasi gas metana pada biogas.

Hasil penelitian oleh Wellinger dan Lindenberg (2000) mengungkapkan bahwa komposisi biogas yang dihasilkan dipengaruhi secara signifikan oleh jenis bahan baku yang digunakan. Meskipun demikian, unsur-unsur utama dalam komposisi biogas terdiri dari gas metana (CH₄) dengan kadar konsentrasi 50%-70% dan gas karbon dioksida (CO₂), serta terdapat sedikit jumlah kandungan hidrogen sulfida (H₂S). Selain itu, komponen-komponen lainnya juga dapat ditemukan dalam konsentrasi rendah (trace element), seperti senyawa sulfur organik, gas hidrogen (H₂), senyawa hidrokarbon terhalogenasi (Halogenated hydrocarbons), gas nitrogen (N₂), gas karbon monoksida (CO), dan gas oksigen (O₂) (Abdullah Saleh, 2015).

2. Arduino UNO

Platform Arduino telah meraih reputasi yang positif di kalangan individu yang bekerja di bidang elektronik, baik para profesional maupun penggemar. Berbeda dengan kebanyakan papan sirkuit lain yang sebelumnya memerlukan perangkat keras ekstra untuk mengunggah kode baru ke dalam papan, Arduino mengadopsi pendekatan yang lebih sederhana (Mhd Ridho Wiratama¹, 2022). Dimana hanya perlu menggunakan kabel USB untuk mengunggah kode, dan perangkat lunak Arduino menggunakan bahasa pemrograman yang disederhanakan berdasarkan C++. Keunggulan ini membuatnya menjadi platform yang lebih mudah untuk dipelajari dalam pemrograman, dan menciptakan lingkungan yang lebih ramah pengguna. Dalam proses ini, fungsi-fungsi mikrokontroler juga dimudahkan dan

diintegrasikan ke dalam sebuah paket yang lebih terjangkau. Bentuk fisik dari Arduino itu sendiri dapat dilihat dari gambar 1:



Gambar 1 Arduino UNO

Dapat dilihat pada gambar bahwa Arduino UNO didukung oleh 2 prosesor Atmega328 yang beroperasi pada 16 MHz, papan Arduino Uno banyak digunakan. Memori 32 KB, EEPROM 1 KB, dan RAM 2 KB tidak menjadikannya papan dengan penyimpanan yang besar namun banyak pengguna menyukainya, serta memanfaatkan kekurangannya yang hanya memiliki 14 I/O digital, 6 input analog, dan rel daya 5 v dan 3,3 V (Rusjayanti et al., 2022). Arduino UNO benar-benar memiliki pengaturan header pin yang secara cepat telah menjadi standar dalam industri pengembangan papan. Header pin ini mempermudah kompatibilitas Arduino Uno dengan mayoritas perisai pengembangan yang tersedia di pasar. Perisai ini, seperti dijelaskan selanjutnya, dihubungkan ke papan melalui pin header untuk meningkatkan kemampuan dan meluaskan fungsionalitas papan Arduino. Setiap unit Arduino Uno juga dilengkapi dengan soket listrik. Soket listrik ini memiliki peran penting karena memungkinkan Arduino Uno mendapatkan daya dari sumber listrik luar seperti stop kontak. Selain itu, terdapat juga alternatif cara penghubungan yang dikenal sebagai VIN. Opsi VIN ini memberikan kemungkinan untuk menghubungkan UNO dengan sumber daya baterai.

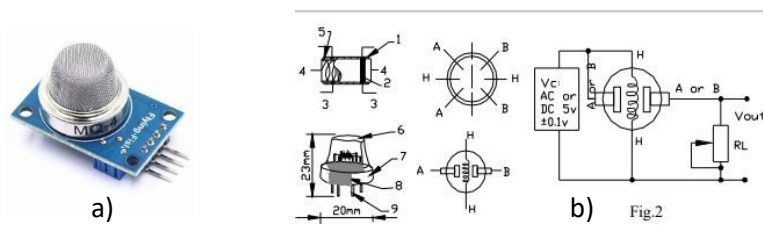
Dengan ukuran fisik sebesar 69 mm panjang dan 54 mm lebar, Arduino UNO memiliki dimensi yang kecil sehingga dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam berbagai proyek. Terdapat empat lubang sekrup yang hadir, yang memungkinkan para desainer, penggemar, dan insinyur untuk mengamankan papan ini dengan aman pada tempatnya (Kondaveeti et al., 2021).

Pada penelitian rancang bangun alat ukur kosnetrasi gas metana (CH_4) berbasis mikrokontroler IoT penulis menggunakan arduino UNO sebagai mikrokontroler

yaitu kendali utama dari rangkaian. Alat yang akan dibuat akan dihubungkan menggunakan kabel dari komponen lain ke adruino UNO.

3. Sensor MQ-4

Sensor MQ-4 merupakan sensor yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap gas metana (CH_4). Sehingga sensor ini cocok digunakan untuk mengukur kandungan CH_4 pada biogas ataupun gas. Sensor MQ-4 akan diintegrasikan dengan arduino uno dengan suplai daya sebesar 5V. Sensor MQ-4 ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas CH_4 dan dapat mendeteksi konsentrasi gas alam dalam udara dalam rentang 200 ppm hingga 10.000 ppm (Part Per Million). Sensor menghasilkan resistansi analog yang dapat dengan mudah diubah menjadi tegangan dengan menambahkan resistor biasa. Dengan mengonversi resistansi ini menjadi tegangan, kita dapat membaca hasil pengukuran sensor melalui pin ADC (A.nalog to Digital Converter) pada mikrokontroler(Asrul et al., 2018).



Gambar 2 a) Sensor MQ-4, dan b) struktur sensor MQ-4

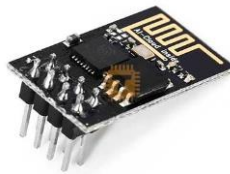
Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-4 ditunjukkan pada Gambar 2 (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh tabung keramik mikro AL_2O_3 , lapisan sensitif Timah Dioksida (SnO_2), elektroda pengukur dan pemanas dipasang ke dalam kerak terbuat dari plastik dan jaring stainless steel. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. MQ-4 yang diselubungi memiliki 6 pin, 4 di antaranya digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanasan.

Pada rangkaian alat ukur konsentrasi gas metana, sensor MQ-4 digunakan sebagai pengukur konsentrasi gas metana (CH_4) pada biogas. Sensor MQ-4 akan diletakkan pada tutup dari digaster biogas dan ketika gas mengenai sensor MQ-4 maka sensor akan membaca konsentrasi gas metana (CH_4).

4. ESP8266

ESP8266 adalah sebuah modul WiFi yang berperan sebagai tambahan pada mikrokontroler seperti Arduino. ESP8266 memungkinkan mikrokontroler untuk terhubung langsung ke jaringan WiFi dan membentuk koneksi TCP/IP kemudian data dikirim ESP8266 ke *server* Blynk. Selain itu, ESP8266 juga merupakan sebuah Sistem on a Chip (SoC), sehingga bisa berfungsi sendiri tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan (Muhammad Iqbal et al, 2019)

ESP8266 memerlukan daya sekitar 3.3V dan memiliki tiga mode WiFi yang dapat dioperasikan, yaitu Mode Stasiun (Station), Mode Titik Akses (Access Point), dan Keduanya (Both). Selain itu, ESP8266 dilengkapi dengan prosesor, memori, dan pin GPIO yang jumlahnya bervariasi tergantung pada jenis ESP8266 yang digunakan. Pada penelitian ini ESP8266 digunakan sebagai modul WIFI dengan android nantinya.

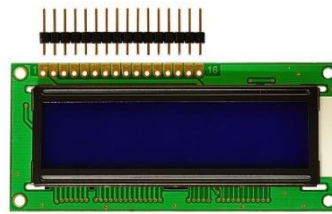


Gambar 3 ESP8266

5. *Liquid Crystal display (LCD)*

LCD berfungsi sebagai perangkat untuk menampilkan nilai suatu besaran atau angka, sehingga informasi tersebut dapat dilihat dan dimengerti melalui layar kristal yang terintegrasi. Dalam aplikasinya pada logger suhu, LCD dipakai dalam format 128x64 karakter, yang berarti memiliki dua baris dan mampu menampilkan hingga 16 karakter pada setiap baris. LCD 128x64 ini memiliki total 16 pin, dengan masing-masing pin memiliki simbol dan fungsi yang khusus. Operasional dari LCD 128x64 ini biasanya membutuhkan pasokan daya +5V, meskipun juga memiliki kemampuan untuk beroperasi dengan pasokan daya +3V. Pada penelitian rancang bangun alat ukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler LCD akan berfungsi sebagai penampil hasil pengukuran oleh sensor MQ-4. Gambar 4

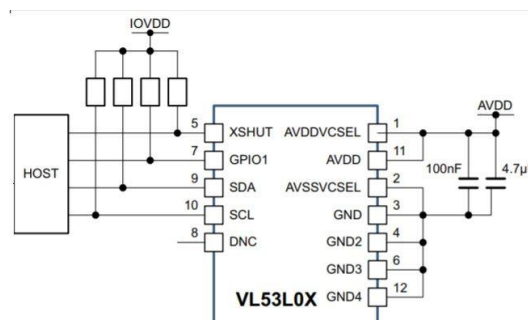
merupakan LCD 128 x 64 yang akan digunakan pada rangkaian alat ukur.



Gambar 4 LCD 128 x 64

6. Sensor VL53L0X

VL53L0X adalah sebuah sensor berbasis laser yang digunakan untuk mengukur jarak dengan tingkat ketelitian yang tinggi (Longo et al., 2021). Sensor ini mampu memberikan pengukuran jarak absolut hingga 2 meter. Prinsip kerjanya melibatkan penyinaran laser pada objek yang berada dekat, kemudian mencerminkan kembali ke detektor. Selanjutnya, modul ini melakukan perhitungan berdasarkan waktu tempuh sinar laser dari saat ditembakkan hingga diterima oleh detektor (Tuerah et al., 2021). Karena memiliki nilai akurasi yang tinggi sensor VL53L0X sering digunakan untuk proyek proyek terutama jika menggunakan Arduino. Gambar 5 merupakan skematik aplikasi dari sensor VL53L0X. Pada rangkaian alat ukur konsentrasi gas metana (CH₄) sensor VL53L0X akan diletakkan di bagian penutup tabung digaster kemudian sensor akan mengukur jarak pengisian dari sludge atau ahan baku dari biogas.



Gambar 5 Diagram skematik aplikasi sensor VL53L0X

7. Motor Servo

Motor servo adalah perangkat putar yang dirancang untuk mengendalikan sistem dengan umpan balik tertutup, memungkinkan pengaturan dan pemeliharaan

posisi sudut poros *output*(Mhd Ridho Wiratama, 2022). Motor servo memiliki berbagai kapasitas daya, digunakan dalam berbagai aplikasi, dan terbagi menjadi motor servo DC dan AC.

Motor servo DC cocok untuk aplikasi kecil, sedangkan motor servo AC cocok untuk mesin industri dengan beban berat dan arus tinggi. Motor servo AC terdiri dari tipe 2 fase untuk daya rendah dan 3 fase untuk daya tinggi. Semua motor servo dibangun dengan tingkat presisi dan akurasi tinggi untuk pengendalian yang sangat terkontrol. Gambar 6 merupakan bentuk dari motor servo(Agung Rizki Wiguna, 2020)



Gambar 6 Motor Servo

Motor servo menggunakan sistem kontrol tertutup dengan umpan balik untuk memelihara dan mengontrol posisi sudut poros outputnya sesuai dengan perintah dari pengendali. Berkat prinsip ini, motor servo mampu mengendalikan dengan tingkat presisi yang tinggi, menjaga stabilitas posisi, dan beradaptasi dengan perubahan kondisi selama operasi. Karena kemampuannya untuk mengatur posisi dengan akurat, motor servo menjadi sangat berharga dalam berbagai aplikasi, termasuk di bidang robotika, otomasi industri, kendaraan otonom, dan bidang lainnya. Motor servo berfungsi sebagai pemutar kran otomatis pada rangkaian alat ukur konsentrasi gas metana dengan perputaran sudut 180° ketika digaster terisi full atau kosong dengan bantuan perintah dari sensor jarak.

8. Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Prinsip kerja dari *buzzer* sama persis dengan *loud speaker*, dimana gelombang yang berada pada diafragma dan dialiri arus listrik atau biasa disebut elektromagnet ditarik keluar ataupun ke dalam, hal ini bergantung pada arah arus dan polaritas magnetnya. Suara yang dihasilkan pada

buzzer dikarenakan getaran yang disebabkan oleh gelombang yang bergerak secara acak (RAHMAT RISDIANDI, 2020). Pada rangkaian rancang bangun alat ukur konsentrasi gas metana (CH_4) buzzer akan berfungsi sebagai penanda ketika digaster terisi penuh atau kosong, serta ketika konsentrasi gas metana mencapai angka 65% sebagai penanda apakah digaster akan dikosongkan atau dilanjutkan sampai konsentrasi sebesar 70%. Buzzer akan mengeluarkan bunyi 1 kali sebagai peringatan pada rangkaian. Gambar 7 merupakan buzzer yang akan digunakan pada rangkaian



Gambar 7 Buzzer

9. *Blynk*

Blynk adalah suatu platform yang didesain untuk digunakan pada sistem operasi iOS atau Android, berfungsi sebagai pengatur modul-modul seperti Arduino, Raspberry Pi, Wemos, dan jenis modul serupa melalui konektivitas internet atau *Internet of Things* (IoT) (Sandira et al., 2022). Aplikasi ini sangat user-friendly, bahkan bagi individu yang belum berpengalaman di bidang tersebut. Blynk menyuguhkan beragam fitur yang memudahkan pengguna dalam penggunaannya. Dalam membuat proyek melalui aplikasi ini, langkah-langkahnya sangat sederhana, bahkan memerlukan waktu kurang dari 5 menit dengan menggunakan metode drag and drop. Penting untuk dicatat bahwa Blynk tidak terbatas pada jenis modul atau papan tertentu. Melalui aplikasi ini, kita dapat mengendalikan berbagai hal dari jarak jauh, dimanapun kita berada, asalkan terkoneksi dengan internet. *Blynk* akan dihubungkan dengan sensor jarak dan sensor MQ-4 pada rangkaian alat ukur konsentrasi gas metana (CH_4) sehingga hasil dari pengukuran kedua sensor akan terlihat pada tampilan layar aplikasi *Blynk* baik pada android atau webnya. Pada gambar 8 akan terlihat tampilan aplikasi *Blynk* menggunakan android.



Gambar 8 Tampilan Aplikasi Blynk Android

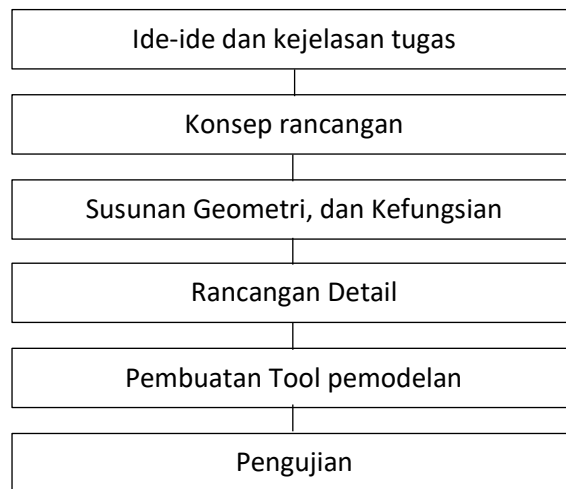
H. Metode Penelitian

1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi departemen FISIKA FMIPA UNP. Kegiatan penelitian ini akan dimulai pada bulan Januari 2024 dengan beberapa tahap kegiatan meliputi tahap persiapan, tahap pelaksanaan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyusunan laporan hasil.

2. Jenis penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian rekayasa (*engineering*). Penelitian rekayasa adalah suatu kegiatan desain yang tidak biasa, dengan kontribusi baru baik dalam bentuk proses maupun produk/prototipe. Dalam penelitian rekayasa, perancangan melibatkan elemen-elemen baru yang relatif, dan jika mengacu pada standar atau kode desain tertentu, maka tidak termasuk dalam penelitian rekayasa. Penelitian rekayasa melibatkan enam prosedur utama, yaitu: ide-ide dan kejelasan tugas, konsep rancangan, susunan, geometri, dan kefungsiannya, rancangan detail, pembuatan model, dan pengujian (Audia et al, 2022). Untuk diagram Langkah Langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 Langkah-langkah Penelitian (Audiant et al, 2022)

Hasil akhir dari penelitian ini memiliki potensi untuk meningkatkan metode dan prosedur pengujian, serta memperbaiki kegiatan perancangan itu sendiri (Umar, 1994). Dari penelitian ini akan menghasilkan alat ukur konsentrasi gas metana secara real-time.

3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apapun yang ditetapkan peneliti untuk dipelajari sehingga informasi tentang hal tersebut dapat diperoleh, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2010). Variabel penelitian terbagi atas 3 macam yaitu variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat.

Dalam konteks penelitian, variabel adalah faktor-faktor atau karakteristik yang dapat diukur, diobservasi, atau dimanipulasi. Berikut adalah penjelasan mengenai tiga variabel yang umum ditemukan dalam penelitian:

- Variabel bebas adalah faktor yang dianggap menjadi penyebab atau pengaruh terhadap variabel lain dalam penelitian. Variabel ini dapat dimanipulasi atau diatur oleh peneliti untuk melihat dampaknya terhadap variabel lain. (Sugiyono, 2016). Dalam penelitian ini yang termasuk variabel bebas adalah pengukuran gas metana sebanyak 10 kali, jarak pengukuran sensor VL53L0X.
- Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau tergantung pada variabel

independen. Variabel ini adalah hasil atau efek yang ingin diamati atau diukur dalam penelitian. (Sugiyono,2016). Dalam penelitian ini yang termasuk variabel terikatnya adalah keluaran dari sensor.

- c. Variabel Kontrol: Variabel kontrol adalah faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, namun tidak menjadi fokus utama penelitian. Variabel kontrol dijaga agar tetap konstan atau dikendalikan agar tidak mempengaruhi hasil penelitian secara signifikan. Pada penelitian ini yang termasuk variabel kontrol adalah komponen yang digunakan(Ahmad Migdad Alaydrus, 2019).

4. Instrumen Penelitian

a. Alat penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian rancang bangun alat ukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler IoT dibutuhkan beberapa peralatan yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Alat penelitian

no	Alat	Kegunaan
1	<i>Personal computer (PC)</i>	Untuk pembuatan program
2	<i>Android</i>	Piranti <i>display</i> hasil ukur alat

b. Bahan penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian rancang bangun alat ukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler IoT dibutuhkan beberapa bahan yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Bahan Penelitian

no	Bahan	Kegunaan
1	Sensor MQ-4	Mengetahui nilai konsentrasi dari CH ₄ yang akan diukur
2	Sensor VL53L0X	Mengetahui apakah digester sudah terisi sesuai kapasitas takaran pembuatan biogas dengan mengukur jarak permukaan kotoran dengan tutup digester
3	Motor Servo	Sebagai penggerak kran toren ketika gas metana terukur 70% oleh sensor MQ-4 sehingga sisa pengolahan

		bahan/sludge secara otomatis akan keluar melalui kran
4	Kran toren	Sebagai tempat pengeluaran sisa pengolahan bahan/sludge
5	Buzzer	Membari sinyal ketika bahan baku biogas yang dimasukkan ke digester sudah terisi penuh
7	Modul ESP8266	Sebagai transmister untuk mengirim data ke <i>Blynk</i>
8	Arduino UNO	Kontroler utama dan kendali sensor
9	<i>LCD(Liquid Crystal display)</i>	Menampilkan hasil pengukuran konsentrasi CH ₄ dari sensor MQ-4

5. Prosedur penelitian

Secara ringkas, prosedur penelitian ini mencakup ide-ide dan kejelasan, perancangan konseptual, analisis susunan geometri dan fungsionalitas, rancangan detail, pembuatan prototipe/model, dan pengujian alat. Penjelasan prosedur penelitian dijabarkan sebagai berikut:

a. Ide-ide dan Kejelasan

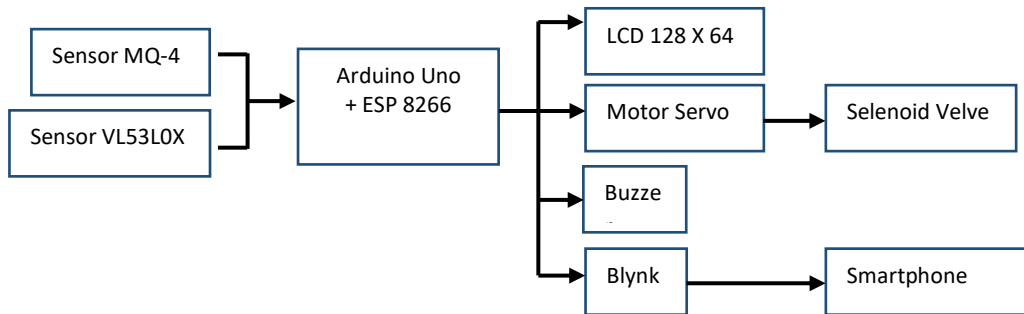
Ide-ide dapat dihasilkan melalui penelusuran literatur yang mencakup buku-buku, jurnal-jurnal, artikel, dan sumber lain yang relevan. Dengan menganalisis variabel-variabel yang diteliti, kajian yang sudah ada, dan kegiatan yang dilakukan, kita dapat mendapatkan perspektif baru dalam bidang penelitian melalui ide-ide yang muncul dari hasil penelusuran literatur.

b. Konseptual Rancangan

Setelah ide-ide untuk penelitian ditemukan, langkah selanjutnya adalah menyusun konseptual rancangan. Konseptual rancangan merupakan tahap di mana ide-ide tersebut diwujudkan sebelum membentuk suatu sistem penelitian. Pada tahap konseptual rancangan, bentuk perancangan sistem untuk penelitian ditemukan dan dibuat.

c. Susunan geometri dan kefungsian

Tahap pembuatan alat dan bahan disusun secara geometri sesuai dengan fungsi dari masing masing komponen yang digunakan.



Gambar 10. Diagram Blok system pendeteksi gas metana

Melalui diagram blok pada gambar 10, dapat diterangkan bagaimana sistem yang akan dikembangkan membutuhkan data masukan yang berupa source code dari aplikasi program Arduino IDE. Data ini nantinya akan digunakan dalam langkah berikutnya. Proses di Arduino Mega, yang bertindak sebagai mikrokontroler, akan memproses data masukan yang berasal dari source code tersebut. Setelah diproses, data keluaran akan digunakan untuk menampilkan hasil pemantauan yang telah diambil oleh sensor pada aplikasi tampilan Blynk.

d. Rancangan detail.

Rancangan detail system kerja yang dirancang merupakan merupakan design yng sederhana berupa perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak menjalankan intruksi untuk dilakukan oleh perangkat keras. Sedangkan perangkat keras menjelaskan bagian fisis dari alat yag akan menjalankan intruksi dari perangkat lunak.

1) Design perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengoperasikan alat yakni Arduino uno, Bahasa yang digunakan adalah Bahasa C++. Untuk pembacaan hasil dari perangkat keras yang dirancang digunakan aplikasi blynk.

2) Design Perangkat Keras

Pada desain perangkat keras alat ukur konsentrasi gas metana berbasis Arduino uno terdiri dari beberapa komponen. Komponen yang digunakan adalah Arduino uno, sensor MQ-4, ESP8622, LCD 128x64, tombol on/of. Bentuk perancangan alat ukur konsentrasi gas metana seperti gambar berikut.



Gambar 11. Rancangan alat ukur konsentrasi CH4 berbasis mikrokontroler IoT

Semua komponen dirangkai pada bingkai yang terlihat pada gambar. Cara kerja alat nantinya akan dikendalikan menggunakan sebuah software android atau web yaitu *Blynk* dimana alat akan mendeteksi konsentrasi gas metana dan hasil pengukuran akan ditampilkan di layar LCD dan aplikasi *Blynk*.

e. Pembuatan Tool Pemodelan

Pembuatan tool pemodelan merupakan Langkah untuk menyatukan semua komponen yang sudah dirancang sebelumnya (Audia et al, 2022). Pada rancang bangun alat ukur konsentrasi gas metana berbasis mikrokontroler IoT ini dibuat sesuai dengan rancangan design yang dijelaskan dan disatukan baik hardware maupun software dari system.

f. Pengujian

Tahapan terakhir yaitu pengujian dari system yang telah dibuat. Tujuannya untuk memastikan alat berfungsi dengan baik dan melihat apakah alat dapat digunakan dengan baik sesuai kebutuhan (Audia 2022). Pada pengujian ini terdapat pengumpulan data dan analisis data.

1) Teknik pengumpulan data

Teknik pengujian data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran besaran fisika, ketepatan, dan ketelitian alat. Tabel 3 merupakan alat pembanding yang akan digunakan pada penelitian.

Tabel 3 Pembanding Hasil dari Alat Ukur Sesuai SNI

no	Variabel yang diukur	Sensor pada Alat ukur konsentrasi CH4	Bahan pembanding yang sudah terukur alat ukur SNI
1	Konsentrasi CH4	Sensor MQ-4	Gas CH4 yang sudah terukur alat SNI
2	Tinggi dari bahan baku biogas	Sensor VL53L0X	Meteran

a. Pengujian sensor MQ-4

Sensor MQ-4 adalah sensor yang dipengaruhi oleh gas metana (CH₄). Tegangan pada pin analog yang akan dihubungkan dengan sensor MQ-4 akan dikonversikan menjadi digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler, menggunakan ADC (*analog digital converter*) yang dapat mengubah tegangan analog menjadi pulsa digital. ADC akan menjadi perantara sensor analog dengan sistem komputer kemudian diukur menggunakan sistem digital (komputer) dengan persamaan 1:

$$ADC = \frac{1023}{V_{ref}} \times V_{in} \dots \dots \dots (1)$$

Ket : ADC = analog digital converter
 V_{in} = Tegangan Input
 V_{ref} = Tegangan referensi
 1023 = arduino menggunakan 10 bit ADC

1023 merupakan data ADC max ketika dialirkan tegangan sebesar 5V. Dan tegangan yang akan dibaca pada arduino yaitu Vin. Ketika data yang dibaca oleh arduino sama dengan hasil menggunakan rumus maka sensor MQ-4 dapat digunakan sebagai pembaca konsentrasi gas metana (CH₄) pada alat ukur konsentrasi gas metana (CH₄) berbasis mikrokontroler IoT (Asrul et al., 2018). Tabel 4 merupakan hasil pengukuran sensor MQ-4

Tabel 4 Hasil pengukuran sensor MQ-4

no	Multimeter (Volt))	Mikro (Volt)	ADC (desimal)	Konfersi (%)	Konsentrasi metana pada gas tabung(%)
1					
Xn					

b. Pengujian sensor VL53L0X

Teknik pengumpulan data mengacu pada penelitian Widiartha (2022). Pengumpulan data dilakukan dengan 3 tahap. Yang pertama mendapatkan parameter kesalahan dari alat, yang kedua mendapatkan parameter ketepatan dari alat dan yang ketiga yaitu mendapatkan parameter ketelitian dari alat. Pengukuran dilakukan 10 kali kemudian dilihat nilai kedekatan dari hasil pengukuran. Rancangan tabel dari pengumpulan data untuk sensor VL53L0X (Yulkifli et al., 2018). Tabel 4 merupakan data pengukuran untuk sensor VL53L0X.

Tabel 5 Rancangan Data Pengukuran sensor VL53L0X

Pengukuran ke	Ketinggian ruang kosong pada tank berdasarkan alat SNI	Ketinggian ruang kosong pada tank berdasarkan sensor VL53L0X	% kesalahan	% ketepatan	% ketelitian
Xn					
Rata-Rata					

2) Teknik analisis data

Analisis data hasil pengukuran merupakan Langkah berikutnya setelah pengumpulan data. Langkah ini merupakan proses untuk mengetahui ketepatan dan efektifitas penggunaan alat ukur konsentrasi CH₄ berbasis mikrokontroler IoT.

a) Pengujian secara keseluruhan alat ukur konsentrasi CH₄

Pengujian monitoring alat mengacu pada Firdhausi(2018) yaitu dilakukan dengan pengamatan langsung. Parameter meliputi konsentrasi CH₄, dan jarak dari pengukuran sensor VL53L0X. pengujian ini dilakukan dengan membandingkan kinerja alat dengan syarat kondisi kerja alat (sesuai keadaan ideal pada tinjauan Pustaka) seperti dituliskan pada tabel 6.

Tabel 6 Pengujian alat secara keseluruhan

No	Aspek pengujian	Respon Alat	Respon seharusnya	Kesimpulan
1	Sensor VL53L0X memberi respon ketika digester terisi penuh			
2	Aplikasi memberi notifikasi ketika kadar CH ₄ terukur 50% oleh sensor MQ-4			
3	Aplikasi memberi notifikasi ketika kadar CH ₄ terukur 60% oleh sensor MQ-4			
4	Aplikasi memberi notifikasi ketika kadar CH ₄ terukur 70% oleh sensor MQ-4			
5	Sensor VL53L0X memberi respon ketika digester kosong			
6	Motor servo membuka kran keluaran dari sisa bahan baku biogas ketika kadar CH ₄ terukur 70% oleh sensor MQ-4			

a) Kesalahan, ketepatan, dan ketelitian sensor pada alat ukur CH₄

Salah satu analisis yang diperlukan dari data pengukuran adalah mengetahui tingkat kesalahan, ketepatan, dan ketelitian dari suatu sistem pengukuran.

(1) Kesalahan

Kesalahan merupakan nilai presentasi perbedaan variable yang diukur dari nilai sebenarnya (penyimpangan pengukuran) (Widiartha, 2022). Presentasi kesalahan dapat ditentukan pada Persamaan (3)

$$(\%) \text{kesalahan} = \left| \frac{\text{aktual} - \text{terbaca}}{\text{aktual}} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Pada persamaan presentasi kesalahan didapatkan dari hasil simpangan nilai actual dengan nilai yang terbaca oleh alat. Actual dapat di presentasikan Sebagai nilai sebenarnya yang diukur oleh alat standar atau perhitungan secara teoritis, sedangkan nilai terbaca adalah nilai yang diukur atau nilai yang diperoleh dari alat yang telah dirancang pada penelitian. Hasil dari analisis ini adalah tingkatan kesalahan pengukuran masing masing sensor.

(2) Ketepatan (*accuracy*)

Ketepatan merupakan tingkat kesesuaian (kedekatan nilai) variabel yang diukur dengan nilai sebenarnya (Widiartha, 2022). Ketepatan suatu pengukuran ditentukan dengan menggunakan persamaan (4)

$$\text{Ketepatan}(A) = 1 - \left| \frac{\text{Aktual} - \text{terbaca}}{\text{Aktual}} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Dengan nilai actual adalah nilai yang diperoleh dari bahan yang sudah terukur oleh alat SNI dimana pada penelitian ini menggunakan CH₄ portabel, dan jarak dari permukaan bahan baku biogas dengan sensor VL53L0X yang sudah diukur menggunakan meteran sebelumnya. Hasil dari analisis ini adalah tingkatan ketepatan pengukuran masing masing sensor.

(3) Ketelitian (*Precision*)

Ketelitian dari pengukuran merupakan esamaan harga dari sekelompok pengukuran. Nilai yang paling mungkin dari suatu pengukuran variabel

adalah nilai rata-rata dari total pengukuran yang dilakukan. Nilai rata-rata pengukuran dapat diperoleh dari persamaan(5) :

$$x = \frac{1}{n} \sum_{n=j}^n x_n \dots\dots\dots(5)$$

Dari nilai rata-rata didapatkan ketelitian berdasarkan persamaan (6):

$$ketelitian = 1 - \frac{x_n - x_{rata-rata}}{x_{rata-rata}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana x_n adalah nilai pengukuran ke-n dan n adalah jumlah jumlah total pengukuran.

Perhitungan terhadap tingkat ketelitian dapat digunakan persamaan (7):

$$\Delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk melaporkan hasil pengukuran terhadap suatu besaran dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (8):

$$x = x_{rata2} \pm \Delta x \dots\dots\dots(8)$$

Setelah data hasil pengukuran diolah baik secara grafik maupun secara statistic maka dilakukan analisis terhadap data untuk menarik kesimpulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Saleh*, D. A. P. R. Y. (2015). *PENGARUH KOMPOSISI ADSORBEN CAMPURAN (ZEOLIT-SEMEN PUTIH) DAN WAKTU ADSORPSI PRODUK GAS METANA TERHADAP KUALITAS BIOGAS SEBAGAI BAHANBAKAR ALTERNATIF*. 21
- Aditya Paratama, m. R. A. Qu. S. T. , M. T. (2017). PERANCANGAN ALAT UKUR KONSENTRASI GAS METANA DARI ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR) SEMI-KONTINYU DENGAN SUBSTRAT SUSU BASI.
E-Proceeing of Enginering, 4, 580–588.
- AGUNG RIZKI WIGUNA. (2020). *Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonic dan Motor Servo Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pengusir Hama Disawah*.
- Ahmad Migdad Alaydrus, S. H. (2019). ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN DIMULAINYA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI PADA MODEL KONTRAK RANCANG BANGUN.
Konstruksia, 1.
- Andayani, S., Tjahyadi, I., & Wafa, H. (2021). *Seminar Nasional Hasil Riset Prefix- RHS ANALISIS WACANA KRITIS MODEL VAN DIJK DALAM PEMBERITAAN KRISIS ENERGI DI MEDIA DARING CNBCINDONESIA.COM*.
- Asrul, J., Anwar, S., Efendi, E., & Darma Putra, M. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Gas Metan Di Dalam Tambang Batu Bara Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 20–28.
<https://doi.org/10.21063/JTE.2018.3133704>
- Audia Faris Trinaldi, A. K. N. (2022). Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Kelembaban Kandang pada Peternakan Ayam Broiler dengan Metode

Logika Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 12(1), 349.
<https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7046>

Chien, F. S., Kamran, H. W., Albashar, G., & Iqbal, W. (2021). Dynamic planning, conversion, and management strategy of different renewable energy sources: A Sustainable Solution for Severe Energy Crises in Emerging Economies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(11), 7745–7758. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.004>

data sheet mq4. (n.d.).

Ghosh, P., Shah, G., Chandra, R., Sahota, S., Kumar, H., Vijay, V. K., & Thakur, I. S. (2019). Assessment of methane emissions and energy recovery potential from the municipal solid waste landfills of Delhi, India. *Bioresource Technology*, 611–615.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.069>

Gorus, M. S., & Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 168, 815–822.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.139>

Khan, S., Siddique, R., Sajjad, W., Nabi, G., Hayat, K. M., Duan, P., & Yao, L. (2017). Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis. In *HAYATI Journal of Biosciences* (Vol. 24, Issue 4, pp. 163–167). Institut Pertanian Bogor. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.10.003>

Kompas Tren. (2022, 10 Desember). Ledakan Tambang Batu Bara di Sawahlunto: Kronologi, Penyebab, dan Korban. Kompas.
<https://www.kompas.com/tren/read/2022/12/10/093200465/ledakan-tambang-batu-bara-di-sawahlunto--kronologi-penyebab-dan-korban>

Longo, E., Sahin, F. A., Redondi, A. E. C., Bolzan, P., Bianchini, M., & Maffei, S. (2021). A 5g-enabled smart waste management system for university campus. *Sensors*, 21(24). <https://doi.org/10.3390/s21248278>

- Mhd Ridho Wiratama, A. Z. H. A. S. (2022). Alat Penyeleksi Kelayakan Udang Ekspor Berdasarkan Suhu Berbasis Arduino Uno. *Ilmu Komputer Dan Informatika*, 6.
- Mhd Ridho Wiratama¹, A. Z. H. A. S. (2022). Alat Penyeleksi Kelayakan Udang Ekspor Berdasarkan Suhu Berbasis Arduino Uno. *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 06.
- Muhammad Iqbal, & Yulkifli dan Yenni Darvina. (2019). *RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA MENGGUNAKAN SENSOR SHT75 BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN DISPLAY SMARTPHONE* (Vol. 22, Issue 3). www.bmkg.go.id.
- Poudyal, R., Loskot, P., Nepal, R., Parajuli, R., & Khadka, S. K. (2019). Mitigating the current energy crisis in Nepal with renewable energy sources. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 116). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109388>
- RAHMAT RISDIANDI. (2020). *Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Deteksi Banjir Secara Otomatis*. 14. DOI: 10.13140/RG.2.2.24386.61123
- Rusjayanti, D., Sutiyono, T., & Hidayat, T. (2022). ALAT PENGUKUR SUHU KELEMBAPAN JAMUR OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO. In *Jurnal ICTEE* (Vol. 3, Issue 1).
- Sandira, A., Jufrizel, D., Maria, P. S., Ullah, A., Islam, U., Sultan, N., Riau, S. K., & Elektro, T. (2022). Jurnal Politeknik Caltex Riau Alat Monitoring dan Notifikasi Penggunaan Daya Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things Menggunakan Blynk 2.0. In *Jurnal Komputer Terapan* (Vol. 8, Issue 2). <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>

Tuerah, F., Umboh, M., Rondonuwu, I., Jurusan,), Mesin, T., Teknik, F., Ratulangi, S., Kampus, J., & Bahu, U. (2021). *AUTOMASI ALAT UJI TARIK TIPE TERCO MT 3017 BERBASIS MICROCONTROLLER*.

Yulkifli, Yohandri, Murtiani, & Nofrianto, A. (2018). Development of Digital Archimedes Experiment System Based on Microcontroller for Physics Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1120(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012093>

Zhao, J., Patwary, A. K., Qayyum, A., Alharthi, M., Bashir, F., Mohsin, M., Hanif, I., & Abbas, Q. (2022). The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy. *Energy*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122029>