

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Metode pengumpulan data pada tinjauan pustaka dilakukan dengan mencari jurnal dan literatur yang berkaitan dengan tugas akhir kemudian mempelajarinya. Penelitian terkait mengenai pemanfaatan turbin untuk sistem pembangkit listrik tenaga sampah, sebelumnya telah dilakukan oleh Muhamad Rizky Septianto, Massus Subekti, dan Daryanto dalam jurnal dengan judul “Rancang Bangun Turbin Uap Pada Maket Turbin Uap”. Studi bertujuan untuk menghasilkan prototipe turbin uap yang mampu memutar generator torsi . Metode penelitian yang digunakan oleh dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dengan tipe teknik . Uap Air merupakan mesin induk yang mengubah energi potensial menjadi energi mekanik pada putaran poros turbin. Turbin uap yang dibangun dengan ukuran jenis turbin menggunakan turbin impuls satu tahap, piringan turbin berdiameter 33 mm, jumlah sudu bergerak 30, jarak antar sudu 1 ,6 mm, radius bilah adalah 2,63 mm, jenis nosel yang digunakan konvergen, penampang leher 3,2 cm², penampang sisi outlet 3,2 cm². Model turbin uap dapat menghasilkan rpm untuk satu putaran turbin dengan generator pada tekanan uap kg/cm² menggunakan volume air 19 liter[5].

Penelitian lain tentang pemanfaatan turbin uap sebagai sumber energi listrik juga pernah dilakukan oleh Fikri Hasyim Suyuti Amin Muzzeki dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Berbasis Bioteknologi Lingkungan”. Hasil dari penelitian tersebut adalah pemanfaatan sampah dengan menggunakan teknologi mesin uap (steam engine) berbasis teknologi lingkungan insenerasi mampu menghasilkan daya 0,432 kW dalam media prototype dan bisa menghasilkan 39.499,74 kW dari jumlah sampah organik yang di produksi setiap harinya di tps Kecamatan labang kabupaten Bangkalan, metode penelitian yang di gunakan juga menggunakan mesin uap (steam engine) relatif terbukti dalam perhitungan skala komersial[6].

Penelitian lain tentang pemanfaatan turbin sebagai sumber energi listrik juga pernah dilakukan oleh Nurjanah, AM Miftahul Huda,

Riza Hadi Saputra, Ain Sahara dan Hasanudin dalam ulasan berjudul "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di Lingkungan STT Migas Balikpapan". Suatu penelitian untuk memperoleh hasil yang komprehensif berupa putaran per menit (rpm) pada turbin uap, tekanan uap, tegangan yang sumber energinya berasal dari sampah organik berupa serpihan kayu dan sampah anorganik berupa sampah plastik, hasil uji tekanan PLTSA mempengaruhi jumlah putaran, semakin tinggi tekanan yang dihasilkan, semakin cepat putaran roda pada turbin, pada scrap kayu tekanan 40Psi putaran turbin 1.76 rpm, pada scrap plastik tekanan 40 Psi putaran turbin 1.576 rpm[7].

Kajian lain tentang "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Pengolahan Limbah Padat 1,45 KW (PLTSA) di Kampus UNSIKA " Berdasarkan hasil perhitungan analisis kecepatan uap pada , tekanan 6 bar dengan sudut masuk sudu pertama $24,8^\circ$ dan sudut keluar sebesar $21,8^\circ$ sehingga kecepatan teoritis turbin uap adalah 886,58 m/s dari perhitungan sudu pada turbin uap pulsa Tekanan tunggal memiliki tekanan uap per 6 bar dan jumlah sudu 37[3].

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa jurnal di atas membahas tentang penelitian rancang bangun turbin untuk pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA), penelitian tersebut sangat bermanfaat selain bisa menghasilkan energi listrik penelitian tersebut juga membantu mengurangi jumlah sampah di Indonesia yang kian bertambah banyak tiap harinya. Tujuan penulis memilih judul TA "Pembuatan prototipe sistem pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSA)" adalah ingin membandingkan jenis atau desain turbin baik secara mekanik maupun fungsi serta ingin mengetahui RPM, tegangan dan arus yang dihasilkan berdasarkan berapa tekanan uap dari steam boiler (reaktor).

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka	Alat dan Bahan	Kesimpulan
Muhamad Rizky Septianto dkk, 2017	Boiler, turbin uap single stage, generator.	Penelitian bertujuan mengetahui RPM , turbin uap yang dibangun dapat menghasilkan 1336,6 rpm untuk putaran turbin tanpa generator pada tekanan uap 2 kg/cm ² . Turbin uap yang dibangun dapat menghasilkan 1408 rpm, menghasilkan tegangan 140,8 volt, serta mampu memutar torsi generator sebesar 0,6 Nm untuk putaran turbin dengan generator pada tekanan uap 4 kg/cm ² [5].
Hasyim Suyuti Amin Muzzekki, 2021	Sampah organik, kompor, boiler, steam engin generator, aki /baterai, lampu.	Penelitian yang menggunakan sampah organik, setelah sampah selesai dipilah, sampah organik di kumpulkan di sebuah ruangan yang kedap udara, proses ini di sebut dengan proses fermentasi yang akan menghasilkan gas metana sebagai sumber bahan bakar yang nantinya membakar boiler untuk

		mendidihkan air, setelah air mendidih akan menghasilkan uap ini bertekanan tinggi yang akan memutar turbin uap dan juga secara otomatis untuk memutar generator sehingga nantinya akan menghasilkan energi listrik[6].
Nurjanah dkk, 2021	Boiler, turbin uap, generator, aki/baterai, penghilang asap.	Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sampah kayu dan plastik sebagai bahan bakar untuk boiler. Berdasarkan hasil pengujian pembakaran sampah dengan PLTSa dapat disimpulkan jenis sampah yang efektif dari segi waktu adalah sampah potongan kayu dibanding sampah plastik kering. Untuk mencapai tekanan 40 Psi sampah kayu lebih cepat 0,566 jam dibandingkan plastik dan untuk mencapai tekanan 60 Psi sampah kayu lebih cepat 0,870 jam dibandingkan plastik[7].
Rais Darmawan dkk, 2021	Boiler, turbin impuls satu tingkat dengan 37	Berdasarkan hasil perhitungan analisis kecepatan uap pada ,

	sundu, generator.	tekanan 6 bar dengan sudut masuk sudu pertama $24,8^\circ$ dan sudut keluar sebesar $21,8^\circ$ sehingga kecepatan teoritis turbin uap adalah 886,58 m/s dari perhitungan sudu pada turbin uap pulsa Tekanan tunggal memiliki tekanan uap per 6 bar dan jumlah sudu 37[3].
Ismail, 2022	Menggunakan turbin jenis impulse tipe pelton dengan diameter 25cm, genetaror, baterai 12 V – 7 Ah, lampu LED, dan sensor tegangan, arus, dan rpm.	Penelitian tugas akhir dengan memanfaatkan sampah batok kelapa sebagai row material pembakaran, dari pembakaran akan menghasilkan uap panas yang berguna untuk menggerakkan turbin dan memutar generator sebagai penghasil listrik. Sebelum digunakan untuk menyalakan beban arus dan tegangan akan di monitoring menggunakan sensor arus dan tegangan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Waste To Energy

Waste to Energy atau WTE adalah proses menghasilkan energi dalam bentuk panas atau listrik dari sampah, dengan menggunakan berbagai macam teknologi yang terus dikembangkan, metode ini bertujuan untuk mengkompres dan membuang sampah sembari

menghasilkan energi di saat yang sama. Fasilitas *waste to energy* membakar sampah domestik dan sejenis sampah domestik yang tidak bisa dihindari atau didaur ulang. Aktivitas pembakaran tersebut kemudian akan menghasilkan energi, bisa dalam bentuk uap, listrik, atau air panas.

2.2.2 Turbin

2.2.2.1 Pengertian Turbin Uap

Turbin adalah suatu mesin rotari yang berfungsi untuk mengubah energi dari aliran fluida menjadi energi gerak yang bermanfaat. Mesin turbin yang paling sederhana terdiri dari sebuah bagian yang berputar disebut rotor, yang terdiri atas sebuah poros/shaft dengan sudu-sudu atau blade yang terpasang sekelilingnya. Rotor tersebut berputar akibat dari tumbukan aliran fluida atau berputar sebagai reaksi dari aliran fluida tersebut. Oleh karena itulah turbin terbagi atas 2 jenis, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Rotor pada turbin impuls berputar akibat tumbukan fluida bertekanan yang diarahkan oleh nozzle kepada rotor tersebut, sedangkan rotor turbin reaksi berputar akibat dari tekanan fluida itu sendiri yang keluar dari ujung sudu melalui nozzle. Berdasarkan aplikasinya turbin dibagi menjadi beberapa jenis contohnya; Turbin air, turbin uap, turbin uap.

Turbin uap menggunakan media uap air sebagai fluida kerjanya. Turbin uap banyak digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar batubara, solar, atau tenaga nuklir. Pada dasarnya, prinsip kerja turbin uap adalah sebagai penggerak awal yang selanjutnya poros turbin dihubungkan dengan generator, kemudian generator akan berputar dan menghasilkan energi listrik [4]. Turbin uap memiliki bagian-bagian penting diantaranya yaitu ;

- a) Casing Adalah sebagai penutup rumah bagian-bagian utama turbin.
- b) Rotor Adalah bagian turbin yang berputar terdiri dari:
 1. Poros Berfungsi sebagai komponen utama tempat dipasangnya cakram-cakram sepanjang sumbu.
 2. Sudu turbin atau deretan sudu Berfungsi sebagai alat yang menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nosel.
 3. Cakram Berfungsi sebagai tempat sudu-sudu dipasang secara radial pada poros.
- c) Nosel Berfungsi untuk mengatur arah dan tekanan semburan uap.

- d) Bantalan Merupakan bagian yang berfungsi untuk menyokong kedua ujung poros dan banyak menerima beban.

2.2.2.2 Jenis Turbin Uap

Turbin uap terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Turbin Impulse

Turbin Impuls mengubah energi potensial uapnya menjadi energi kinetik didalam nosel yang dibentuk oleh sudu-sudu diam yang berdekatan. Nosel diarahkan kepada sudu gerak. Didalam sudu-sudu gerak, energi kinetik diubah menjadi energi mekanis. Energi potensial uap berupa ekspansi uap, yang diperoleh dari perubahan tekanan awal hingga tekanan akhirnya di dalam sebuah nosel atau dalam satu grup nosel yang ditempatkan didepan sudu-sudu cakram yang berputar. Penurunan tekanan uap didalam nosel diikuti dengan penurunan kandungan kalornya yang terjadi didalam nosel. Hal ini menyebabkan naiknya kecepatan uap yang keluar dari nosel energi kinetik. Kemudian energi kecepatan semburan uap yang keluar dari nosel yang diarahkan kepada sudu gerak sudu-sudu cakram yang berputar memberikan gaya impuls pada-pada sudu gerak sehingga menyebabkan sudu-sudu gerak berputar melakukan kerja mekanis. Atau bisa difahami secara sederhana prinsip kerja dari Turbin impuls yaitu turbin yang proses ekspansi lengkap uapnya hanya terjadi pada kanal diam nosel saja, dan energi kecepatan diubah menjadi kerja mekanis pada sudu-sudu turbin. Kecepatan uap yang keluar dari turbin jenis ini bisa mencapai 1200detik. Turbin jenis ini pertama kali dibuat oleh de Laval, yang mana turbin ini mampu beroperasi pada putaran 30.000rpm. Pada aplikasinya turbin impuls ini dilengkapi dengan roda gigi reduksi untuk memindahkan momen putar ke mekanisme yang akan digerakkan seperti generator listrik.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi yaitu turbin yang ekspansi uapnya tidak hanya terjadi pada laluan-laluan sudu pengarah nosel yang tetap saja tetapi juga terjadi pada laluan sudu gerak sudu-sudu cakram yang berputar, sehingga terjadi penurunan keseluruhan kandungan kalor pada semua tingkat sehingga terdistribusi secara seragam. Turbin yang jenis ini umumnya digunakan untuk kepentingan industri.

Kecepatan uap yang mengalir pada turbin yang biasanya katingkat lebih rendah yaitu sekitar 100 - 200 mdetik[8].

2.2.3 Siklus Rankine

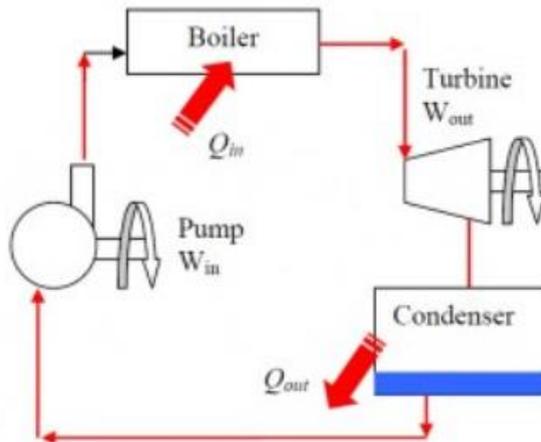
Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Siklus ini menghasilkan 80% dari seluruh energi listrik yang dihasilkan di seluruh dunia. Siklus ini dinamai untuk mengenang ilmuwan Skotlandia, William John Maquorn Rankine . Siklus Rankine adalah model operasi mesin uap panas yang secara umum ditemukan di pembangkit listrik. Sumber panas yang utama untuk siklus Rankine adalah batu bara, gas alam, minyak bumi, nuklir, dan panas matahari . Siklus Rankine kadang-kadang diaplikasikan sebagai siklus Carnot, terutama dalam menghitung efisiensi. Perbedaannya hanyalah siklus ini menggunakan fluida yang bertekanan, bukan gas. Efisiensi siklus Rankine biasanya dibatasi oleh fluidanya. Tanpa tekanan yang mengarah pada keadaan super kritis, range temperatur akan cukup kecil. Uap memasuki turbin pada temperatur 565oC (batas ketahanan stainless steel) dan kondenser bertemperatur sekitar 30oC. Hal ini memberikan efisiensi Carnot secara teoritis sebesar 63%, namun kenyataannya efisiensi pada pembangkit listrik tenaga batu bara sebesar 42%. Fluida pada Siklus Rankine mengikuti aliran tertutup dan digunakan secara konstan. Berbagai jenis fluida dapat digunakan pada siklus ini, namun air dipilih karena berbagai karakteristik fisika dan kimia, seperti tidak beracun, terdapat dalam jumlah besar, dan murah[9].

2.2.3.1 Proses Siklus Rankine

Terdapat 4 proses dalam siklus Rankine, setiap siklus mengubah keadaan fluida (tekanan dan/atau wujud).

1. Fluida kerja atau air memasuki pompa, kemudian di-kompresi oleh pompa sehingga meningkatkan tekanan dari fluida kerja. Pada fase ini fluida kerja masih berwujud cair atau cair jenuh sehingga pompa tidak membutuhkan input tenaga yang terlalu besar. Secara ideal, Pada proses ini tidak terjadi perubahan entropi.

2. Fluida bertekanan tinggi dari hasil kompresi pada pompa masuk ke dalam boiler. Pada boiler ini, fluida secara Isobaris (tidak ada perubahan tekanan fluida selama proses). Panas Boiler didapatkan dari hasil pembakaran dari luar, seperti: pembakaran batubara, solar, maupun reaksi nuklir. Pada proses ini terjadi perubahan wujud fluida dari fase cair menjadi campuran, kemudian menjadi uap jenuh hingga uap lanjut (kondisi superheated)
3. Uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dari boiler ini masuk ke dalam turbin uap. Pada proses ini terjadi proses ekspansi secara isentropik (ideal) akibat dari pergerakan turbin. Hal ini dikarenakan energi yang tersimpan di dalam uap air telah dikonversi menjadi energi gerak turbin. Yang menyerap energi dari uap menjadi kerja turbin. Pada proses ini terjadi penurunan tekanan pada fluida.
4. Fluida keluar dari turbin dalam kondisi bertekanan rendah dengan wujud campuran maupun masih dalam kondisi uap. Kemudian fluida masuk dalam kondensator dan mengalami proses kondensasi (mengubah fluida menjadi cair maupun cair jenuh). Pada proses ini tidak terjadi perubahan tekanan fluida (Isobaris). Fluida ini nantinya akan kembali menuju pompa dan terus berlanjut[10].

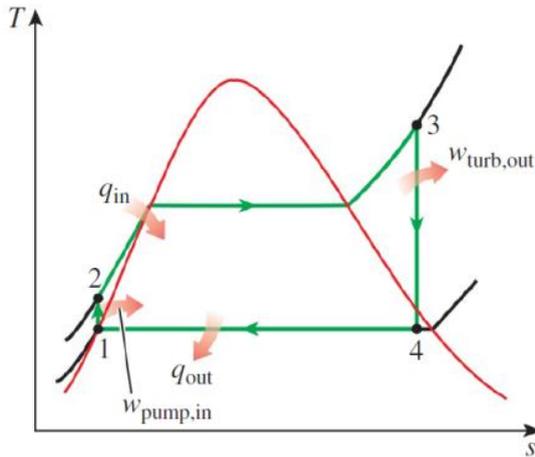


Gambar 2.1 Proses Siklus Rankine[10]

2.2.3.2 Skema Siklus Rankine

Banyak ketidakpraktisan dalam siklus Carnot yang dapat dieliminasi dengan memanaskan uap dalam boiler dan mengondensasikan sepenuhnya dalam kondensor, seperti yang ditunjukkan secara skematis pada diagram T-s pada gambar 2. Siklus yang dihasilkan adalah siklus Rankine, yang merupakan siklus ideal untuk pembangkit listrik tenaga uap. Siklus Rankine yang ideal tidak melibatkan irreversible internal (gesekan antara fluida dengan pipa diabaikan, dll) dan terdiri dari empat proses berikut:

- 1-2 Kompresi isentropis dalam pompa.
- 2-3 Penambahan panas secara isobaris dalam boiler.
- 3-4 Ekspansi isentropis dalam turbin.
- 4-1 Pelepasan panas secara isobaris di kondensor[11].



Gambar 2.2 Diagram Sekema Siklus Rankine[11]

2.3 Komponen-Komponen Alat

2.3.1 Generator DC

Generator DC adalah sebuah perangkat mesin-mesin listrik dinamis yang berfungsi untuk merubah energi mekanis menjadi ke energi listrik dimana generator itu sendiri pada dasarnya dibuat

menggunakan magnet permanen dengan 4 buah kutub rotor , penyearah , protek terhadap beban berlebih , starter eksitasi , bearing ,dan casis generator , dan rotor. Generator itu sendiri ada 2 bagian penting stator dan rotor. Stator adalah bagian mesin yang tidak bergerak, dan rotor adalah bagian mesin yang bergerak 7 memutar. dimana stator ada 5 bagian : rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. dan rotor ada 4 bagian : komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor. Cara kerja generator berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang pertama kali ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1831. Faraday menemukan bahwa aliran listrik dapat diinduksi dengan menggerakkan konduktor listrik, seperti kawat yang mengandung muatan listrik, ke dalam medan magnet. Sehingga, gerakan ini dapat menciptakan perbedaan tegangan antara kedua ujung kabel atau penghantar listrik, yang nantinya terjadi muatan listrik mengalir dan menghasilkan arus listrik dengan kata lain (GGL). Spesifikasi dari generator ini memiliki output 24V-100V, dimensi generator panjang 11cm, lebar 8cm, diameter ass 8mm [12].



Gambar 2.3 Generator DC
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.2 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari panel surya / generator, kelebihan tegangan dan pengisian

akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Seperti yang telah disebutkan *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / generator berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. *Solar Charge Controller* biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / generator, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada '*diode protection*' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / generator ke baterai, bukan sebaliknya. Spesifikasi yang dimiliki SCC dimana nilai tegangannya adalah 12V/24V dan arusnya sebesar 30A; memiliki USB output tegangan atau arus bernilai 5V dan 2A[13].



Gambar 2.4 SCC
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.3 Baterai Akumulator

Secara umum, akumulator adalah istilah untuk menyebut alat penyimpanan energi, oleh karena itu kita juga mengenal akumulator sebagai aki kendaraan yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik,

pada sistem fluida juga tak jauh berbeda, akumulator adalah sebutan untuk alat tempat penyimpan fluida sementara, di mana fluida adalah energi penggerak yang ada di dalam sistem tersebut. Akumulator dipasang dalam sistem hidrolik untuk menyimpan energi dan menjaga aliran fluida tetap stabil. Fluida di dalamnya bisa menjadi backup ketika aliran dari pompa belum bisa sampai ke aktuator. Selain itu, keberadaan akumulator juga dapat membuat sistem bisa bekerja secara instan tidak menunggu suplai fluida dari pompa. Secara tidak langsung, alat ini juga mengurangi beban kerja pompa sehingga menghemat biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar pompa. Akumulator juga dapat bertindak sebagai pengaman yang meredam lonjakan atau pulsasi, seperti lonjakan dari kubah udara yang digunakan pada piston berdenyut atau pompa putar. Akumulator akan melindungi palu hidrolik, mengurangi guncangan yang disebabkan oleh operasi cepat atau saat sistem secara tiba-tiba menyala atau mati ketika daya dalam sirkuit hidrolik terputus[14]. Bagian-bagian utama yang terdapat pada aki adalah sebagai berikut:

1. Kutub positif (anode), terbuat dari timbal dioksida
2. Kutub negatif (katode), terbuat dari timbal murni
3. Larutan elektrolit, terbuat dari asam sulfat.

Spesifikasi baterai yang dipakai dimana nominal tegangan sebesar 12V; nominal arus 7Ah; dan berdimensi lebar 151mm, panjang 64mm, tinggi 94mm[15].



Gambar 2.5 Baterai Akumulator
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.4 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Spesifikasi yang dimiliki arduino uno dimana tegangan operasi 5V dengan input tegangannya 7-12V dan limit tegangannya 6-20V; arus DC per IO 40 mA dan arus DC untuk pinnya 3.33 V 50mA[16].



Gambar 2.6 Arduino UNO
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.5 Sensor Arus dan Tegangan

2.3.5.1 Sensor tegangan DC

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. Modul ini Bekerja menggunakan prinsip pembagi tegangan resistor, dimana tegangan input yang dibaca pada output modul ini pembagian 5 terhadap tegangan

input. Contoh : jika tegangan yang ingin di deteksi pada modul ini adalah 30V DC, maka output dari modul ini adalah $30/5 = 6V$ DC. Perlu diperhatikan, jika menggunakan arduino yang bekerja pada 5V DC, maka tegangan maksimum yang ingin dideteksi adalah $5v \times 5 = 25V$ DC. hal ini untuk menghindari input arduino melebihi 5V (tegangan dimana arduino bekerja). Sama halnya dengan arduino yang bekerja dengan 3.3V DC, maka tegangan input yg ingin dideteksi, maksimal adalah $3.3V \times 5 = 16,5V$ DC, modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan terdapat tiga pin yang dihubungkan pada mikrokontroler, yaitu 2 pin sebagai sumber tegangan (vcc dan ground) dan 1 pin sebagai output dari modul sensor tersebut[17].

2.3.5.2 Sensor ACS712

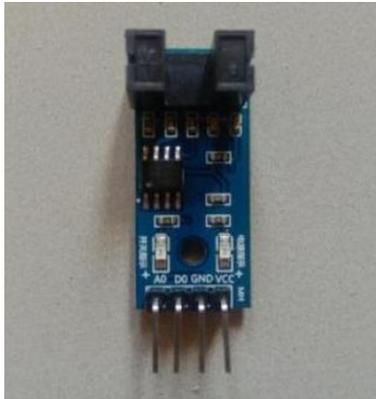
Sensor arus jenis ACS712 digunakan untuk membaca nilai arus yang mengalir ke akumulator. Sensor ACS712 bekerja berdasarkan prinsip Hall Effect, arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga menghasilkan medan magnet kemudian ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional[18]. Prinsip kerja sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Data yang berupa tegangan analog, pada sensor arus ACS712 yang ditunjukkan terdapat tiga pin yang dihubungkan pada mikrokontroler, yaitu 2 pin sebagai sumber tegangan (vcc dan ground) dan 1 pin sebagai output dari modul sensor tersebut[19].



Gambar 2.7 Sensor Arus Tegangan
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.6 Sensor RPM LM393

Sensor kecepatan photoelectric LM393 merupakan komponen elektronika yang berfungsi penghubung berdasarkan cahaya optik. Sensor ini terdiri dari 2 bagian utama yaitu transmitter dan receiver, sensor ini biasa disebut juga sebagai optocoupler terbuat dari bahan semi-konduktor dan terdiri dari kombinasi LED (Light Emitting Diode) infra merah dan phototransistor. LED yang berfungsi sebagai transmitter dan fototransistor yang berfungsi sebagai receiver. Optocoupler bekerja bila ada arus listrik yang mengalir melalui LED, menyebabkan LED memancarkan sinyal cahaya, dan sinyal cahaya tersebut akan ditangkap oleh phototransistor. Bila sinyal cahaya yang dikirim oleh LED diterima phototransistor (tidak ada halangan antara LED dan phototransistor), maka indikator sensor akan menyala (high). Apabila saat dikirimnya sinyal cahaya oleh LED tidak diterima oleh phototransistor (sinyal cahaya dari LED terhalang), maka indikator sensor akan padam (low). Sensor Optocoupler LM393 mempunyai 3 pin yang dihubungkan pada mikrokontroler, yaitu 2 pin sebagai sumber tegangan (vcc dan ground) dan 1 pin sebagai output dari modul sensor tersebut[20].



Gambar 2.8 Sensor RPM LM393
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.7 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) 16x2 adalah salah satu penampil yang sangat populer digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan user nya. Dengan penampil LCD 16x2 ini user dapat melihat/memantau keadaan sensor ataupun keadaan jalanya program. Penampil LCD 16x2 ini bisa di hubungkan dengan mikrokontroler apa saja. Salah satunya dari keluarga AVR ATmega baik ATmega32, ATmega16 ataupun ATmega8535 dan ATmega 8[21].



Gambar 2.9 LCD 16x2
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.8 Lampu LED (Light Emitting Diode)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya. Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (Light Emitting Diode) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube. Lampu yang digunakan pada alat ini adalah lampu LED DC 12v/15watt [22].



Gambar 2.10 Lampu LED
(Sumber:dok.pribadi, 2022)