

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada tugas akhir ini membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dan penambahan referensi dalam pengembangan metode yang ingin dirancang dalam tugas akhir.

Telah melakukan 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^[7].

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^[8].

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^[9].

Hubertus Ngaderman, dan Ego Srivajawaty Sinaga tentang Pemodelan Generator Yang Efektif Yang di Pasangkan Dengan Impach Wrench Sebagai Usaha Untuk Meningkatkan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. Penelitian ini menyatakan untuk mendapatkan tegangan rms dari suatu generator, dimana generator tersebut adalah generator yang mampu menyuplai tegangan rms 12 V. Upaya ini dilakukan untuk mengkonversikan energi sampah menjadi energi listrik. Alasan penelitian ini menggunakan generator tegangan rms 12 V dikarenakan di dalam skala rumahan maka suplai listrik yang dibutuhkan juga tidak terlalu besar. Generator yang menjadi topik utama di dalam penelitian ini adalah generator sinkron dan generator magnet permanen^[10].

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa jurnal di atas membahas tentang penelitian rancang bangun turbin untuk pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm), 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 pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm)" adalah ingin mengetahui berapa kg pembakaran biomassa untuk menghasilkan tekanan uap yang stabil untuk memutar turbin sehingga mendapatkan hasil tegangan dan daya untuk menghidupkan beban lampu 10 watt.

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka	Alat dan Bahan	Kesimpulan
<p>Muhamad Rizky Septianto, Massus Subekti, dan Daryanto, 2020</p>	<p>Boiler, turbin uap single stage, generator.</p>	<p>Penelitian bertujuan mengetahui RPM, turbin uap yang dibangun dapat menghasilkan 1336,6 rpm untuk putaran turbin tanpa generator pada tekanan uap 2 kg/cm². 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/cm² [7].</p>
<p>Hasyim Suyuti Amin Muzzekki, 2021</p>	<p>Sampah organik, kompor, boiler, steam engine generator, aki /baterai, lampu.</p>	<p>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</p>

		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 ^[8] .
Nurjanah, AM Miftahul Huda, Riza Hadi Saputra, Ain Sahara dan Hasanudin, 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 ^[9] .
Hubertus Ngaderman, dan Ego Srivajawaty Sinaga, 2021	Generator, sampah biomassa, Impach Wrench	Berdasarkan hasil perhitungan untuk meningkatkan daya pada pembangkit

		Listrik tenaga biomassa penelitian ini menyatakan untuk mendapatkan tegangan rms yang mampu menyuplay tegangan 12V, penelitian ini dilakukan untuk mengkomversikan energi sampah menjadi energi listrik, generator yang menjadi topik utama yaitu generator sinkron dan generator magnet permanen ^[10] .
Anggi Yunanda, 2023	Menggunakan turbin kapasitas 15 watt, baterai 12 V – 3 Ah, Lampu LED 10 watt, sensor arus, thermocop el dan rpm.	Penelitian tugas akhir dengan memanfaatkan sampah Kayu dan batok kelapa sebagai pembakaran, dengan sampah biomassa 6 kg mendapatkan tekanan 75 psi dengan volume air 3 liter per tabung boiler, turbin uap yang di bangun dapat menghasilkan tegangan 65 V tanpa beban, dengan beban lampu 10 W meghasilkan 25 V dengan daya 9,8 W.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Biomassa

Biomassa merupakan sumber energi tradisonal tertua di indonesia, dan umumnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi memasak di pedesaan . Beberapa sektor pertanian, perkebunan dan kehutanan menggunakan limbah biomassa untuk mengetahui

kebutuhan panas selama proses manufaktur dan beberapa juga untuk kebutuhan energi. Meskipun memiliki potensi yang sangat besar, pemanfaatan energi dari biomassa hutan di Indonesia masih sangat terbatas. Hutan dapat memasok biomassa untuk biofuel generasi kedua.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (sustainable). Prinsip Dasar Pada Biomassa, Tanaman akan menyerap energi dari matahari melalui proses fotosintesis dengan memanfaatkan air dan unsur hara dari dalam tanah serta CO₂ dari atmosfer yang akan menghasilkan bahan organik untuk memperkuat jaringan dan membentuk daun, bunga atau buah. Pada saat biomassa diubah menjadi energi CO₂ akan dilepaskan ke atmosfer. Yang dalam hal ini siklus CO₂ akan menjadi lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi atau gas alam. Ini berarti CO₂ yang dihasilkan tersebut tidak memiliki efek terhadap kesetimbangan CO₂ di atmosfer. Kelebihan inilah yang dimanfaatkan untuk mendukung terciptanya energi yang berkelanjutan.

Walaupun pada saat ini biomassa belum disetujui sebagai salah satu energi baru, namun ia telah terbukti secara sah ketika undang-undang diamandemenkan pada Januari 2002. Berdasarkan undang-undang, pembangkit listrik melalui fotovoltan, energi angin, sel bahan bakar, limbah, biomassa, dan juga energi panas dari limbah telah ditetapkan sebagai energi baru. Undang-undang berkaitan dengan energi baru ini menyangkut produksi, pembangkitan, dan penggunaan sumber alternatif minyak bumi, termasuk kekurangan akibat pembatasan ekonomi, dan juga yang ditentukan secara khusus oleh pemerintah dengan tujuan untuk mempromosikan penggunaan energi baru. Di luar negeri, biomassa biasanya dinamakan dan ditetapkan sebagai salah satu dari energi terbarukan.

2.2.2 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 disekelilingnya. Rotor tersebut berputar akibat dari tumbukan aliran fluida atau berputar sebagai reaksi dari aliran fluida tersebut^[11]. 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 turbinreaksi 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 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. 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.

2.2.3 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 Macquorn 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^[12]. Tanpa tekanan yang mengarah pada keadaan super kritis, range temperatur akan cukup kecil.

Uap memasuki turbin pada temperatur 565°C (batas ketahanan *stainless steel*) dan kondenser bertemperatur sekitar 30°C. 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.

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 tabung boiler melalui kran air. Pada fase ini fluida kerja masih berwujud cair atau cair jenuh sehingga belum terjadi penguapan. Secara ideal, Pada proses ini tidak terjadi perubahan entropi.
2. Fluida bertekanan 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: Kayu dan batok kelapa. Pada proses ini terjadi perubahan wujud fluida dari fase cair menjadi campuran, kemudian menjadi uap jenuh.
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 kondensor 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.

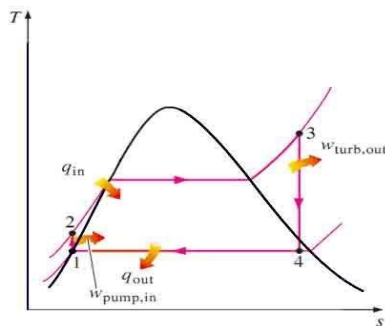


Gambar 2. 1 Proses Siklus Rankine

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^[13].



Gambar 2. 2 Diagram Sekema Siklus Rankine

2.3 Komponen-Komponen Alat

2.3.1 Tabung Boiler

Boiler merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi otomis menjadi kerja / usaha. Boiler atau katel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk memproduksi steam atau uap pada suhu dan tekanan tertentu. Steam diperoleh dengan memanaskan air yang berada di dalam tabung dengan bagan bakar^[14]. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar. Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonfersikan energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. Terdapat dua jenis boiler yaitu boiler pipa api dan boiler pipa air.

a) Boiler Pipa Air

Boiler pipa-air adalah boiler dengan pipa-pipa berisikan air tersirkulasi, yang dipanaskan oleh api di sisi luar pipa. Boiler pipa-air memiliki desain berkebalikan dengan boiler pipa-api. Boiler ini mensirkulasikan air melewati saluran-saluran pipa dengan sumber panas berasal dari ruang bakar (*furnace*).

b) Boiler Pipa Api

Pada ketel uap pipa api, nyala api dan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran, mengalir melalui pipa – pipa api yang dikelilingi oleh air. Panas kemudian dikonduksikan melalui dinding pipa dari gas panas ke air di sekeliling pipa tersebut.

Bentuk fisik dari tabung boiler dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Tabung Boiler

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 10A; memiliki USB output tegangan atau arus bernilai 5V dan 2A.



Gambar 2. 4 Solar Charge Controller

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. 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.

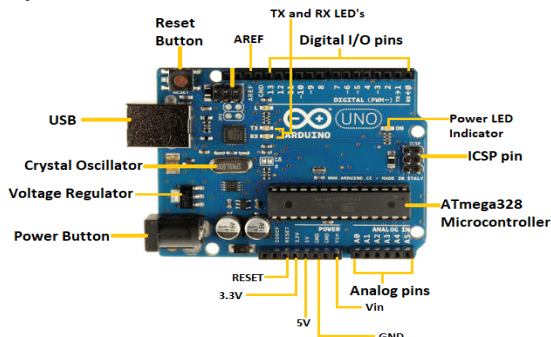
Spesifikasi baterai yang dipakai dimana nominal tegangan sebesar 12V; nominal arus 3Ah; dan berdimensi lebar 6,3cm, panjang 11cm, tinggi 8,5cm



Gambar 2. 5 Baterai Akumulator

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^[15].



Gambar 2. 6 Arduino UNO

2.3.5 Sensor Arus 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. 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^[16]. 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.



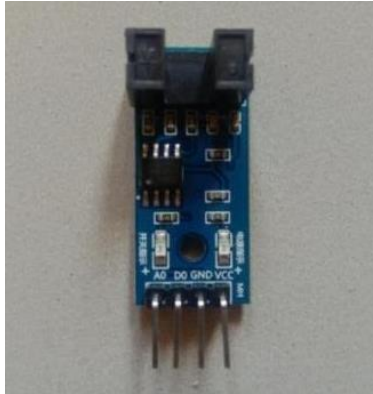
Gambar 2. 7 Sensor Arus ACS712

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 semikonduktor 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^[17].



Gambar 2. 8 Sensor RPM LM393

2.3.7 LCD (Liquid Crystal Display) 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, simbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan *Mikrokontroler*. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras. Modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*) normalnya, modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Spesifikasi LCD memiliki *display 4 line x 20 characters*; memiliki *supply* tegangan sebesar 5V dan berdimensi 80x 35x11mm^[18].



Gambar 2. 9 LCD 20x4

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/10watt.



Gambar 2. 10 Lampu LED

2.3.9 Pengukuran Tekanan / Pressure Gauge

Pengukur tekanan adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur laju tekanan dalam sistem. Mengukur tekanan pada mesin merupakan aktivitas penting. Banyak industri yang menggunakan perangkat mekanis dalam mengukur tingkat tekanan yang digunakan oleh mesin. Ini membantu untuk memastikan tingkat kinerja dan efisiensi alat berat. Ada berbagai peralatan yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan pada perangkat diantaranya adalah pengukur tekanan. Spesifikasi pressure gauge ini bekerja dengan maksimal 9 bar, dengan diameter 2,5 inch. Berikut merupakan Gambar 2.11 Pengukur tekanan/pressure gauge.



Gambar 2. 11 Pengukur Tekanan

2.3.10 Sensor Thermocouple

Termokopel (thermocouple) merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan. Thermocouple merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metallic yang berlainan jenis. Sambungan ini dikomposisikan dengan campuran kimia tertentu, sehingga dihasilkan beda potensial antar sambungan yang akan berubah terhadap suhu yang dideteksi. Thermocouple suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam tersebut mempunyai perbedaan temperature, maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Probe sensor thermocouple ini mempunyai range tekanan $-200^{\circ}\text{C} - 1300^{\circ}\text{C}$, bekerja pada tegangan 5 V dc dengan *operating current* 50 mA. Panjang probe sensor thermocouple 25 mm dengan berat 4 g^[19]. Berikut merupakan Gambar 2.12 Sensor termokopel.



Gambar 2. 12 Sensor Termocouple

2.3.11 Modul MAX6675

MAX6675 adalah salah satu modul yang mampu bekerja dengan Arduino dan dapat berperan sebagai cold junction termokopel tipe K. Modul MAX6675 dipilih karena range pengukurannya yang besar yaitu dapat mengukur suhu pada titik panas 0°C sampai 1024°C . Modul max6675 mempunyai 5 pin input yang dihubungkan ke mikrokontroller dan 2 output dihubungkan ke probe sensor thermocouple, menggunakan mode output mode SPI digital signal. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 V dc dengan *operating current* 50mA ^[20]. Berikut merupakan Gambar modul MAX6675 2.13



Gambar 2. 13 Modul MAX6675

2.3.12 Turbin Uap

Turbin Uap/Generator merupakan suatu sistem listrik dinamis yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Berdasarkan cara memberikan fluks pada kumparan medannya, generator DC dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu generator penguat terpisah dan generator penguat sendiri. Generator DC tipe eksitasi bebas dan terpisah Mempunyai sumber arus ataupun tagangan DC pemagnetan yang tidak terpengaruh oleh keluaran generator itu sendiri. Sedangkan generator berpenguat sendiri memperoleh arus pemagnetan dari dalam generator itu sendiri. Oleh karena itu, arus kemagnetannya terpengaruh oleh nilai-nilai tegangan dan arus yang terdapat pada generator. Karakteristik generator DC saat diberi beban maka output pada generator akan mengalami drop tegangan. Prinsip ini menjadi dasar untuk mengendalikan tegangan medan sehingga dapat mengatur tegangan luaran. Spesifikasi turbin yang di pakai memiliki output puncak 80V, tekanan puncak tertutup saluran uap 0,6 mpa Bentuk fisik dari Turbin uap dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Turbin Uap