

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Hidrolik

Penggunaan sistem hidrolik berbasis oli telah mengalami perubahan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, terutama di negara-negara Barat. Saat ini, sistem hidrolik banyak diterapkan pada berbagai jenis permesinan, alat penanganan material, transportasi, dan perangkat lainnya. Selain perancangan sistem yang efektif, diperlukan juga upaya perawatan yang tepat. Komponen utama dalam sistem hidrolik meliputi pompa, tangki oli, saringan, pengatur tekanan, katup kontrol, dan aktuator, yang biasanya terhubung melalui pipa atau selang (Syarif, et al., 2024).

Sistem hidrolik memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

- a) Kecepatan dan tenaga yang dihasilkan dapat diatur dengan akurat.
- b) Gesekan dalam sistem relatif lebih kecil dibandingkan sistem mekanis.
- c) Proses perawatannya relatif mudah.
- d) Energi hidrolik mudah dihasilkan, ditransmisikan, disimpan, diatur, dan diubah.
- e) Memiliki rasio tenaga terhadap berat yang baik (8,5 kg/kW).
- f) Tingkat kebisingan dan getaran yang dihasilkan rendah.
- g) Aktuator hidrolik dapat bergerak secara linear, rotasi, atau angular.

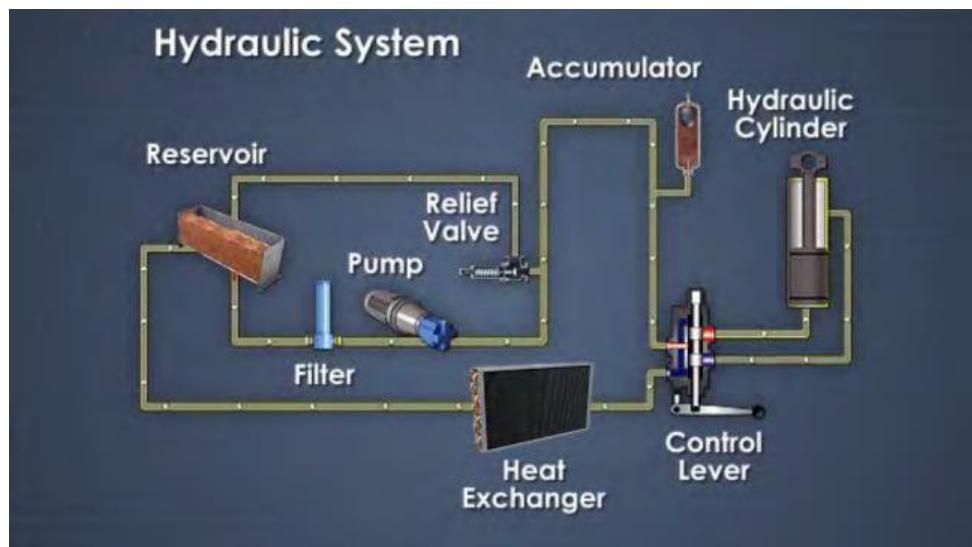
Namun, sistem hidrolik juga memiliki beberapa kelemahan, seperti:

- a) Pembuatan komponen hidrolik memerlukan presisi yang tinggi.
- b) Kurang cocok untuk lingkungan dengan iklim ekstrem atau udara yang kotor.
- c) Membutuhkan perawatan khusus untuk mencegah korosi.
- d) Oli yang digunakan memiliki risiko kebakaran.
- e) Kebocoran fluida dapat menimbulkan bahaya.

Sebagian besar sirkuit tenaga fluida (fluid power circuit) menggunakan media berupa udara bertekanan atau fluida hidrolik. Meskipun kedua sistem ini memiliki banyak aspek yang serupa, karakteristiknya sangat berbeda. Sistem hidrolik menggunakan berbagai jenis fluida cair, mulai dari air murni hingga cairan

bertemperatur tinggi, tetapi karakteristik operasinya tetap sama. Fungsi utama sistem hidrolik bervariasi, namun prinsip kerjanya tetap, yaitu memanfaatkan fluida bertekanan (Syarif, et al., 2024).

Sistem hidrolik mengedarkan fluida yang sama dari reservoir, di mana fluida yang digunakan bersifat tidak dapat dimampatkan (non-kompresibel), sehingga posisi, kecepatan, dan gaya aktuator dapat dikontrol secara presisi. Setiap sistem hidrolik memerlukan unit daya yang sering digunakan secara bersamaan oleh beberapa sistem. Di banyak industri, unit daya terpusat digunakan untuk berbagai mesin yang menggunakan tenaga hidrolik. Gambar 3 menunjukkan rangkaian sistem hidrolik (Syarif, et al., 2024).



Gambar 3. Rangkaian Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik memerlukan fluida inkompresibel untuk mentransfer energi dari satu lokasi ke lokasi lain. Energi hidrolik ini umumnya dihasilkan oleh pompa yang menggerakkan aktuator seperti silinder hidrolik, dengan transmisi energi melalui aliran fluida di selang. Beberapa fungsi utama fluida hidrolik meliputi:

- Mentransfer energi.
- Melumasi komponen.
- Mencegah korosi.
- Membersihkan kotoran.
- Mengurangi panas.

Pemilihan fluida hidrolik harus mempertimbangkan beberapa sifat, seperti:

- a. Kemampuan pelumasan yang baik.
- b. Stabilitas kimia dan fisika.
- c. Kompatibilitas dengan material.
- d. Ketahanan terhadap panas.
- e. Modulus bulk yang tinggi.
- f. Ketahanan terhadap api.
- g. Kemampuan mencegah karat.

Sistem hidrolik juga sering mengalami beberapa masalah umum, seperti:

- a. Penurunan kecepatan kerja komponen (aktuator).
- b. Suara mendesing yang tidak normal.
- c. Peningkatan suhu oli.
- d. Gerakan aktuator yang tidak halus pada kecepatan rendah.
- e. Penurunan respons sistem.
- f. Kebocoran fluida.
- g. Penurunan tekanan kerja.
- h. Kavitasasi pada pompa.
- i. Penurunan suplai fluida dari pompa.
- j. Kerusakan pada segel (seal).
- k. Umur pakai oli yang lebih pendek dari seharusnya.

Secara sederhana, energi mekanik dapat didefinisikan sebagai total dari energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh suatu objek saat melakukan kerja. Penelitian mengenai cara kerja aktuator dalam menciptakan gerakan mekanis dengan mengubah berbagai jenis energi menjadi energi mekanik merupakan bidang yang menarik untuk dieksplorasi. Setiap hari, ilmu pengetahuan menemukan metode baru untuk memanfaatkan aktuator, termasuk dalam bidang medis. Banyak ilmuwan meyakini bahwa seiring dengan pemahaman yang lebih dalam tentang mesin yang tampak sederhana ini, mereka akan menemukan lebih banyak cara untuk memberi manfaat bagi umat manusia. Aktuator berfungsi sebagai perangkat mekanis yang memindahkan atau memberikan input ke sistem pembangkit sesuai dengan sinyal kontrol, di mana sinyal umpan balik berhubungan dengan sinyal input referensi. Berikut ini adalah beberapa jenis aktuator (Janocha, 2004).

Aktuator Linear merupakan perangkat mekanis yang mengubah sumber energi, seperti udara, listrik, atau cairan, menjadi gerakan linier. Berbeda dengan gerakan rotasi yang dihasilkan oleh motor listrik, aktuator linear dirancang untuk mentransfer gaya secara langsung. Terdapat berbagai jenis aktuator linear, masing-masing dengan desain dan cara operasi yang berbeda. Banyak dari desain ini memanfaatkan prinsip dasar bidang miring (Janocha, 2004).

Secara sederhana, ulir pada poros berulir (*lead screw*) berfungsi sebagai bidang miring, yang memungkinkan gaya rotasi digunakan untuk menggerakkan beban berat dalam jarak yang lebih panjang. Selain itu, ada juga aktuator linear yang beroperasi dengan mekanisme yang berbeda, di mana gaya nonlinear digunakan untuk menggerakkan piston maju dan mundur. Piston berperan sebagai komponen bergerak yang digerakkan oleh fluida. Gambar 4 menunjukkan aktuator linier.



Gambar 4. Aktuator Linier

Berikut adalah beberapa jenis dan variasi aktuator linear :

a) Konversi Gerakan Rotari ke Linier

Jenis ini adalah yang paling dasar, mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan lurus. Sabuk atau rantai dihubungkan dengan motor listrik, dan pemutaran sabuk menghasilkan pergerakan linier pada sabuk itu sendiri.

b) Aktuator Linear Khusus

Digunakan untuk aplikasi spesifik yang memerlukan tingkat ketelitian tinggi, seperti pada sistem aktuasi pesawat untuk mengatur arah penerbangan. Presisi dalam pergerakan sangat penting, sehingga motor servo kecil dan mesin perkakas yang presisi diperlukan untuk produksinya.

c) Kombinasi Gerakan, Posisi, Kecepatan, dan Gaya

Dalam sistem ini, kontrol kecepatan dan gaya diperlukan untuk mencapai nilai tertentu yang mendukung fungsi spesifik. Contohnya, silinder hidrolik pada excavator menggunakan kombinasi ini.

d) Desain Aktuator Linear Elektromekanis

Desain ini umumnya menggunakan *lead screw* dan *lead nut*. *Lead screw* dapat diputar oleh motor listrik atau secara manual menggunakan kenop. Pemutaran manual sering kali dilengkapi dengan roda gigi untuk meningkatkan gaya yang dapat diberikan oleh operator. Motor listrik dihubungkan di salah satu ujung *lead screw*, yang ketika berputar, menggerakkan *lead nut* sehingga menghasilkan gerakan maju mundur sepanjang *lead screw* (Janocha, 2004).

2.2. Panel Surya

Fotovoltaik, atau panel surya, adalah teknologi yang mampu menghasilkan arus searah (Direct Current/DC) dalam satuan daya Watt (W) atau kiloWatt (kW) dari bahan semikonduktor saat terkena cahaya foton. Prinsip kerja dasar sel surya adalah kebalikan dari LED (Light Emitting Diode), yang mengubah energi listrik menjadi cahaya, atau dapat dianggap mirip dengan dioda cahaya berbasis p-n junction. Sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor dengan doping tipe-n dan tipe-p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, serta substrat logam yang berfungsi sebagai jalur aliran arus dari lapisan tipe-n (elektron) dan tipe-p (hole). Semikonduktor tipe-n diperoleh dengan menambahkan unsur golongan V ke dalam silikon, yang menyebabkan kelebihan elektron valensi dibandingkan atom di sekitarnya. Sementara itu, semikonduktor tipe-p dihasilkan dengan menambahkan unsur dari golongan III, sehingga memiliki kekurangan satu elektron valensi dibandingkan atom sekitarnya.

Ketika kedua jenis material tersebut bersentuhan, elektron berlebih dari material tipe-n akan berdifusi ke dalam material tipe-p. Akibatnya, area doping-n menjadi bermuatan positif, sedangkan area doping-p menjadi bermuatan negatif. Medan listrik yang terbentuk di antara keduanya akan mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Proses ini menciptakan sebuah p-n junction. Dengan menambahkan kontak logam pada area tipe-p dan tipe-n, maka terbentuklah sebuah dioda.

Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari sel-sel surya yang berfungsi untuk mengonversi energi panas dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Proses ini melibatkan efek fotovoltaik, di mana radiasi matahari yang diserap membangkitkan aliran arus listrik di antara dua lapisan bermuatan berbeda. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya relatif kecil, sekitar 0,6 V DC saat tidak berbeban dan 0,45 V DC saat berbeban. Untuk meningkatkan tegangan, sel-sel surya dapat dirangkai secara seri. Sebagai contoh, merangkai 36 sel surya secara seri dapat menghasilkan tegangan hingga 16V, yang cukup untuk mengisi baterai berkapasitas 12V dalam sistem *off-grid* (Purwoto, Jatmiko, & Fadilah, 2018). Dengan menambah lebih banyak sel dalam rangkaian seri, tegangan yang dihasilkan juga akan meningkat (Roza & Mujirudin, 2019).

Beberapa panel surya yang disusun bersama membentuk array, yang dapat meningkatkan tegangan dan arus keluaran. Tegangan akan meningkat jika panel-panel tersebut disusun secara seri, sementara arus akan naik jika disusun secara paralel (Prayogi S. , 2022). Panel surya hadir dalam beberapa jenis yang umum digunakan di berbagai sektor, antara lain:

- 1) Monokristal (*Mono-Crystalline*)

Panel surya jenis ini menawarkan efisiensi tertinggi dibandingkan jenis lainnya, dengan tingkat efisiensi berkisar antara 15-20%. Panel ini cocok untuk digunakan di lingkungan dengan kondisi cuaca ekstrem dan medan yang sulit. Namun, panel monokristal kurang optimal jika digunakan di lokasi dengan intensitas sinar matahari yang rendah (Prayogi A. A., 2018).



Gambar 5. Panel Surya Monokristal

2) Polikristal (*Poly-Crystalline*)

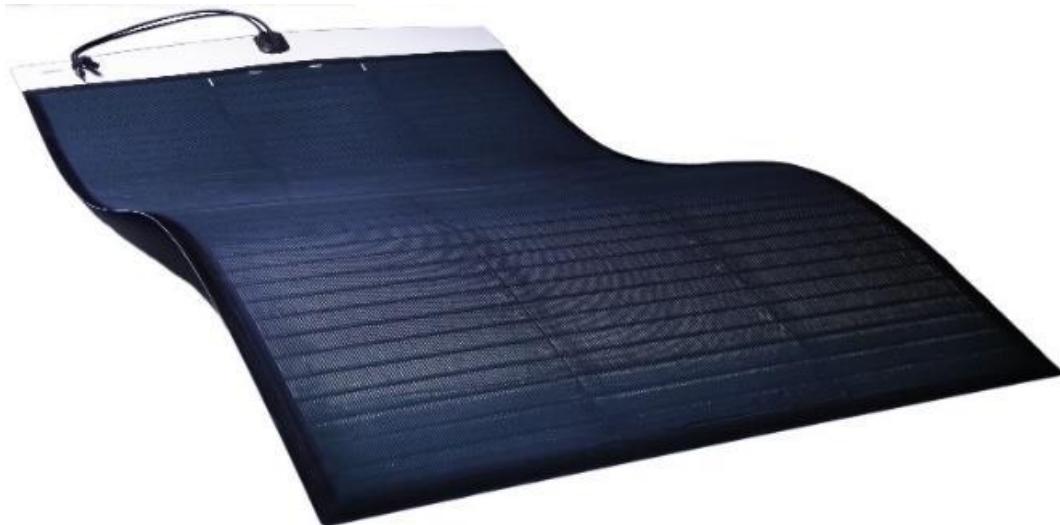
Panel surya polikristal diproduksi dengan proses pengecoran yang menghasilkan susunan kristal acak. Meskipun memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan jenis lain, panel ini memiliki efisiensi yang lebih rendah. Namun, keunggulannya adalah harga yang lebih terjangkau (Prayogi A. A., 2018).



Gambar 6. Panel Surya Polikristal

3) Thin Film Photovoltaic

Jenis ini terdiri dari lapisan tipis mikrokristal silikon dan amorf yang dapat mencapai efisiensi hingga 8,5%. Meskipun efisiensinya lebih rendah dibanding monokristal dan polikristal, panel ini dapat menghasilkan daya yang lebih besar dengan luas permukaan yang sama. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa Thin Film Photovoltaic dengan tiga lapisan memiliki efisiensi yang sangat baik, mampu menghasilkan energi listrik 45% lebih banyak dibandingkan jenis panel lainnya (Purwoto, Jatmiko, & Fadilah, 2018).



Gambar 7. Panel Surya Thin Film

2.3. Arduino

Arduino adalah sebuah kit elektronik atau papan rangkaian yang bersifat open source, dirancang untuk memudahkan penerapan elektronik di berbagai bidang. Di dalam Arduino terdapat komponen utama berupa *chip mikrokontroler* jenis AVR. Tujuan dari pemrograman pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses informasi tersebut, dan menghasilkan output sesuai dengan kebutuhan. Arduino juga merupakan mikrokontroler yang menggabungkan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Model Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega 328 sebagai kontrol utamanya. Memori yang tersedia pada Nano terdiri dari Flash Memory sebesar 32KB, SRAM sebesar 2KB, dan EEPROM sebesar 1KB. Papan Nano dilengkapi dengan jam XTAL yang beroperasi pada frekuensi 16 MHz. Dari segi daya,

Arduino Nano membutuhkan tegangan sekitar 5 volt, sehingga dapat dihidupkan melalui koneksi USB. Gambar 8 menunjukkan Arduino nano



Gambar 8. Arduino Nano

Arduino Nano memiliki 28 pin yang sering digunakan. Untuk Digital I/O, terdapat 14 pin, yaitu dari pin 0 hingga pin 13, di mana 6 di antaranya dapat memberikan output PWM (pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11). Setiap pin digital beroperasi pada tegangan maksimum 5 volt dan dapat menerima atau menghasilkan arus maksimum hingga 40 mA. Untuk Analog Input, terdapat 6 pin, yaitu dari A0 hingga A5. Pin Vin berfungsi sebagai input tegangan saat menggunakan sumber daya eksternal selain USB atau adaptor. Pin 5V menghasilkan output DC sebesar 5 volt saat Nano aktif, sementara pin 3.3V memberikan output DC sebesar 3.3 volt. Pin GND berfungsi sebagai ground, dan pin Aref menyediakan tegangan referensi (0 hingga 5V) untuk input analog, yang digunakan dengan fungsi *analogReference()*. Pin Reset digunakan untuk mereset mikrokontroler (Sari & Kalsum, 2020).

Arduino Nano, seperti model Arduino lainnya, beroperasi menggunakan pemrograman dalam bahasa C yang ditulis di software Arduino IDE. Software ini terdiri dari tiga komponen utama:

a) *Editor Program*

Tempat untuk menulis atau mengedit program yang akan diunggah ke Arduino, yang dikenal sebagai *sketch*.

b) *Compiler*

Modul yang mengubah kode pemrograman menjadi kode biner yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.

c) *Uploader*

Modul yang berfungsi untuk memindahkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

2.4 Watt Meter

Beberapa perangkat pendukung dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, atau yang sering dikenal sebagai Solar Cell, termasuk alat untuk mengisi daya, mengukur intensitas cahaya, dan menyimpan energi. Salah satu perangkat penting lainnya adalah alat untuk mengukur daya, arus, dan tegangan yang mengalir dari panel surya ke *Solar Controlling Charging* serta menuju ke beban atau penyimpanan energi, yaitu *Wattmeter*.

Wattmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya listrik yang masuk, dan merupakan kombinasi dari *voltmeter* dan *ampermeter*. Di dalamnya terdapat dua kumparan, yaitu kumparan arus dan kumparan tegangan, yang saling berinteraksi sehingga menghasilkan kopel yang sebanding dengan hasil perkalian arus dan tegangan. Alat ini berfungsi sebagai pengawas daya yang dihasilkan oleh panel surya atau fotovoltaik, dan biasanya dihubungkan melalui *Miniature Circuit Breaker* (MCB) serta dikoneksikan ke *Solar Charger Controller*.

Wattmeter juga bertugas memantau batas maksimum daya yang dihasilkan fotovoltaik menuju baterai, guna melindungi sel surya jika MCB tidak berfungsi atau terjadi kelebihan output yang tidak terdeteksi oleh MCB (Kurniawan, 2012).