

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Excavator* merupakan mesin berat yang sangat krusial dalam berbagai bidang, termasuk pembangunan dan ekstraksi mineral. Salah satu bagian penting dari *excavator* adalah silinder hidrolik, yang bertugas menggerakkan elemen-elemen mesin seperti *boom*, lengan, dan ember. Silinder hidrolik beroperasi dengan menggunakan tekanan cairan untuk menciptakan tenaga mekanik yang diperlukan dalam pengoperasian alat berat ini.

Namun, dalam kondisi kerja yang ekstrem dan berlangsung lama, oli hidrolik dapat mengalami kenaikan suhu yang signifikan. Suhu yang tinggi ini dapat menimbulkan berbagai masalah, termasuk kerusakan pada pompa utama hidrolik (Khairunnisa et al. , 2025). Kenaikan temperatur ini dapat mengurangi kinerja unit saat digunakan, jadi penting untuk memantau suhu guna mencegah kerusakan yang lebih parah dan menjaga efektivitas mesin.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan mikrokontroler seperti Arduino dalam pembuatan sistem pemantauan suhu semakin diminati. Arduino memberikan kemudahan dalam pengkodean dan integrasi dengan berbagai jenis sensor, sehingga memungkinkan pembuatan sistem pemantauan suhu yang efisien dan efektif. Dalam konteks ini, pengembangan sensor batas panas berbasis Arduino untuk silinder hidrolik *excavator* bertujuan memberikan peringatan awal (*alarm*) ketika suhu melampaui batas yang aman, sehingga dapat mengurangi kemungkinan kerusakan dan meningkatkan keamanan saat beroperasi.

Di beberapa *excavator*, sistem pemantauan suhu silinder hidrolik masih dilakukan secara manual atau bahkan tidak ada sama sekali. Kondisi ini membuat operator kesulitan untuk mengambil tindakan pencegahan terhadap potensi overheating. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa pengembangan sensor

batas panas yang mampu secara otomatis memonitor suhu silinder hidrolik dan memberi peringatan dini ketika suhu mendekati atau melebihi batas aman.

Sesuai dengan manual pemeliharaan unit Komatsu PC 200-7, suhu normal oli hidrolik berkisar antara 40-100 °C; suhu di atas 100 °C mengindikasikan kondisi *overheat* yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada elemen-elemen sistem hidrolik. Dengan merancang dan membangun sistem sensor batas panas ini, diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional *excavator*, mengurangi kerusakan, serta memperpanjang umur bagian-bagian sistem hidrolik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem sensor yang dapat mendeteksi suhu pada *tank oil hydraulic excavator* secara akurat dan *real-time*?
2. Bagaimana tingkat efektivitas dan efisiensi sistem sensor *heat limit* pada *oil hydraulic excavator* berbasis *internet of things*?
3. Bagaimana mengimplementasikan sistem *heat limit* berbasis *internet of things* (IoT) yang dapat memberikan peringatan saat suhu melebihi nilai batas?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan fokus dan tidak membahas diluar sensor *heat limit oil hydraulic excavator* berbasis *internet of things* (IoT).
2. Sistem yang dirancang hanya akan memberi *output* melalui *buzzer* dan *LED indicator* ketika suhu melebihi batas *normal*.
3. Tidak menentukan jangka waktu (*lifetime*) alat yang telah dibuat.

## 1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Merancang sistem sensor yang mampu mendeteksi suhu pada tangki *oil hydraulic excavator* secara akurat dan *real-time*.

2. Menentukan tingkat efektivitas dan efisiensi sistem sensor *heat limit* pada *oil hydraulic excavator berbasis Internet of Things (IoT)*.
3. Mengimplementasikan sistem *heat limit* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat memberikan peringatan saat suhu melebihi nilai batas yang telah ditentukan.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi praktis dan ekonomis dalam *monitoring* suhu sistem *oil hydraulic excavator*.
2. Meningkatkan keamanan dan keandalan *engine* dengan mencegah *overheating oil hydraulic*.
3. Menjadi referensi bagi pengembangan sistem *monitoring* suhu berbasis *internet of things* dibidang industri alat berat.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun menjadi 5 BAB diantaranya ialah sebagai berikut :

#### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini penulis menguraikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistem penulisan.

#### **2. BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini berisi tentang teori – teori tentang permasalahan yang diambil yaitu teori yang memperkuat tentang masalah yang diangkat mulai dari pengertian, dasar – dasar sistem dan beberapa teori lain yang diperoleh dari berbagai sumber.

#### **3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, jenis penelitian, metode penelitian serta lampiran data.

#### **4. BAB IV HASIL & PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari data – data yang telah dikumpulkan.

## 5. BAB V KESIMPULAN & SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis berdasarkan hasil pembuatan tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

*Internet of things* (IoT) merupakan teknologi mutakhir yang mengacu pada berbagai perangkat dan sistem diseluruh dunia yang saling terhubung melalui internet untuk berbagi data. Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor dan perangkat lunak komunikasi untuk mengontrol, menghubungkan, dan men *transfer* data antar perangkat dengan memanfaatkan jaringan internet, kemungkinan kinerja tanpa pengawasan langsung. Istilah mesin ke mesin (M2M) adalah (1) IoT dapat didefinisikan sebagai teknologi yang mengintegrasikan berbagai perangkat untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan; (2) metode kerjanya melibatkan koneksi dan komunikasi antarperangkat secara otomatis; dan (3) tujuan penelitian bersifat eksploratif untuk memahami manfaatnya. Beberapa manfaat IOT mencakup kemampuannya untuk mendukung kehidupan sehari-hari manusia melalui otomatisasi dan efisiensi. (4) Contoh penerapannya dapat ditemukan dalam berbagai aspek kehidupan, seperti rumah pintar, kesehatan, dan transportasi. (5) Berdasarkan sejarah perkembangan dan penelitian sebelumnya yang dirangkum dalam jurnal ini, IoT adalah teknologi canggih yang dirancang untuk mempermudah aktivitas sehari-hari mereka (Efendi, 2018).

*Internet of thing* (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. *Internet of thing* (IoT) bisa dimanfaatkan pada gedung untuk mengendalikan peralatan elektronik seperti lampu ruangan yang dapat dioperasikan dari jarak jauh melalui jaringan komputer. Penelitian ini bertujuan untuk membangun perangkat *remote control* dengan memanfaatkan teknologi internet untuk melakukan proses pengendalian lampu berbasis *mobile*. Penelitian dilakukan dengan membangun sebuah *prototype* dan aplikasi berbasis *mobile* menggunakan bahasa pemrograman *python*. Dalam penelitian ini terdapat fitur kendali yaitu kendali satu lampu yang digunakan untuk menghidupkan satu lampu dan kendali dua digunakan untuk menghidupkan lampu secara bersamaan (Ayu Syahfitri, 2025).

Pada saat ini *excavator* merupakan alat berat yang selalu digunakan dalam industri pertambangan. Karena Permintaan pasar yang tinggi maka *excavator* bekerja bekerja sekitar 19 jam dalam sehari untuk mendukung proses produksi. Maka *availability* atau kesiapan unit untuk bekerja harus tinggi diatas 90 %. Kerusakan pada *excavator* harus diminimalkan dengan melakukan perbaikan dan perawatan yang tepat dan cepat. Terjadinya kerusakan pada *excavator* EX 2500-6 nomor lambung 165 di Site KIDECO JAYA AGUNG yaitu terjadinya *hydraulic oil overheating* yang mendasari penulis untuk mengangkatnya menjadi tugas akhir. *Hydraulic oil overheating* merupakan kondisi dimana temperatur oil *hydraulic* melebihi batas maksimal. *hydraulic oil overheating* dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen sistem *hydraulic* karena menurunkan kualitas oli *hydraulic* itu sendiri. Proses perbaikan dilakukan dengan melakukan analisa penyebab *overheating* pada *excavator*. Analisa dilakukan pada sistem *oil cooler* dengan melakukan pengukuran pada komponen - komponennya kemudian diketahui bahwa *cooler* sebagai penyebab terjadinya *overheating*. Selanjutnya melakukan analisa pada *cooler* dan melakukan pembongkaran yang menunjukkan bahwa terjadi penyumbatan akibat robekan *hose* dan *slug*. Kemudian perbaikan yang harus dilakukan adalah penggantian *hose* yang sudah rusak dan penggantian *cooler*. Untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya *overheating oil hydraulic* maka harus dilakukan perawatan pada sistem *oil cooler* (Arif Amrulloh, 2015).

Dari beberapa tinjauan pustaka yang dilakukan oleh penulis, maka perlu melakukan penelitian yang berjudul “rancang bangun sensor *heat limit oil hydraulic* pada *excavator* berbasis *internet of things* (IoT)”.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pengertian *Hydraulic***

Kata *hydraulic* berasal dari bahasa Inggris *hydraulic* yang berarti cairan atau minyak. Prinsip dari peralatan *hydraulic* memanfaatkan konsep tekanan, yaitu tekanan yang diberikan pada salah satu silinder akan diteruskan ke silinder yang lain, sesuai dengan hukum pascal.

*Hydraulic* adalah ilmu terapan dan rekayasa yang bersifat mekanik cairan. Pada tingkat dasar *hydraulic* adalah versi *pneumatic* dengan media zat cair ilmu mekanika fluida menjadi dasar teori *hydraulic* yang fokus pada

penggunaan rekayasa fluida. Dalam tenaga fluida, *hydraulic* digunakan untuk pembangkit, kontrol dan transmisi daya menggunakan cairan bertekanan. Topik *hydraulic* berkaitan dengan ilmu pengetahuan dan kebanyakan ke modul teknik yang mencakup bahasan aliran pipa, fluida dan sistem kontrol cairan, pompa, turbin, pembangkit listrik tenaga air, komputasi dinamika fluida, pengukuran aliran, dan lain-lain.

Sistem *hydraulic* biasanya menggunakan tekanan 6,9 – 345 Mpa dan untuk aplikasi khusus *hydraulic* bisa memerlukan tekanan lebih dari 69 Mpa. Prinsip kerja yang digunakan adalah hukum pascal, yaitu benda cair yang ada di ruang tertutup apabila diberi tekanan, maka tekanan tersebut akan dilanjutkan ke segala arah dengan sama besar.

Sistem *hydraulic* adalah teknologi yang memanfaatkan zat cair, biasanya oli, untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran. Sistem *hydraulic* bekerja berdasarkan prinsip Pascal, yaitu tekanan yang diberikan pada cairan akan diteruskan secara merata ke segala arah (Hari *et al.*, 2023). Prinsip dalam rangkaian *hydraulic* adalah menggunakan fluida kerja berupa zat cair yang dipindahkan dengan pompa *hydraulic* untuk menjalankan suatu sistem tertentu.

Dalam sistem *hydraulic* fluida cair berfungsi sebagai penerus gaya. Minyak mineral adalah jenis fluida cair yang umum dipakai. Pada prinsipnya mekanika fluida dibagi menjadi 2 bagian yaitu.

a. *Hidrostatik*

Yaitu mekanika fluida dalam keadaan diam disebut juga teori persamaan kondisi dalam fluida diam. Energi yang dipindahkan dari satu bagian ke bagian lain dalam bentuk energi tekanan. Contohnya adalah pesawat tenaga *hydraulic*.

b. *Hidrodinamik*

Yaitu mekanika fluida yang bergerak, disebut juga teori aliran fluida yang mengalir. Dalam hal ini kecepatan aliran fluida cair yang berperan memindahkan energi. Contohnya Energi pembangkit listrik tenaga turbin air pada jaringan tenaga hidro *elektrik*. Jadi perbedaan yang menonjol dari kedua sistem diatas adalah keadaan fluida itu sendiri.

Prinsip dasar dari *hydraulic* adalah sifat fluida cair yang sangat sederhana dan sifat zat cair tidak mempunyai bentuk tetap, tetapi selalu menyesuaikan

bentuk yang ditempatinya. Karena sifat cairan yang selalu menyesuaikan bentuk yang ditempatinya, sehingga akan mengalir ke berbagai arah dan dapat melewati dalam berbagai ukuran dan bentuk, sehingga fluida cair tersebut dapat mentranferkan tenaga dan gaya. Dengan kata lain sistem *hydraulic* adalah sistem pemindahan dan pengontrolan gaya dan gerakan dengan fluida cair dalam hal ini oli. Fluida yang digunakan dalam sistem *hydraulic* adalah oli.

Syarat-syarat cairan *hydraulic* yang digunakan harus memiliki kekentalan (viskositas) yang cukup, memiliki indek viskositas yang baik, tahan api, tidak berbusa, tahan dingin, tahan korosi dan tahan aus.

#### 1. Manfaat Sistem *Hydraulic*

Bertahun-tahun lalu manusia telah menemukan kekuatan dari perpindahan air, meskipun mereka tidak mengetahui hal tersebut merupakan prinsip *hydraulic*. Sejak pertama digunakan prinsip ini, mereka terus menerus mengaplikasikan prinsip ini untuk banyak hal untuk kemajuan dan kemudahan umat manusia.

*Hydraulic* adalah ilmu pergerakan fluida, tidak terbatas hanya pada fluida air. Jarang dalam keseharian kita tidak menggunakan prinsip *hydraulic*, tiap kali kita minum air, tiap kali kita menginjak rem kita mengaplikasikan prinsip *hydraulic*.

#### 2. Macam-macam Sistem *Hydraulic*

Pompa *hydraulic* berfungsi mengisap fluida oli *hydraulic* yang akan disirkulasikan dalam sistim *hydraulic*. Macam-macam pompa *hydraulic* diantaranya sebagai berikut :

##### 1) Pompa Sirip Burung

Pompa ini bergerak terdiri dari dari banyak sirip yang dapat *flexible* bergerak di dalam rumah pompanya. Bila *volume* pada ruang pompa membesar, maka akan mengalami penurunan tekanan, oli *hydraulic* akan terhisap masuk, kemudian diteruskan ke ruang kompresi. Oli yang bertekanan akan dialirkan ke sistim *hydraulic* (Angga *et al.*, 2019).

## 2) Pompa Torak Aksial

Pompa *hydraulic* ini akan mengisap oli melalui pengisapan yang dilakukan oleh piston yang digerakkan oleh poros rotasi. Gerak putar dari poros pompa diubah menjadi gerakan torak translasi, kemudian terjadi langkah hisap dan kompresi secara bergantian. Sehingga aliran oli *hydraulic* menjadi kontinyu (Angga *et al.*, 2019).

## 3) Pompa Torak Radial

Pompa ini berupa piston-piston yang dipasang secara radial, bila rotor berputar secara eksentrik, maka piston-piston pada stator akan mengisap dan mengkompresi secara bergantian. Gerakan torak ini akan berlangsung terus-menerus, sehingga menghasilkan aliran oli (Angga *et al.*, 2019).

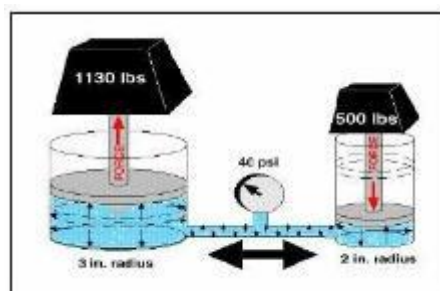
## 4.) Pompa Sekrup

Pompa ini memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan fluida oli secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi *helix* yang saling bertautan (Angga *et al.*, 2019).

## 4. Perhitungan Dasar *Hydraulic*

### 1) Hukum Pascal

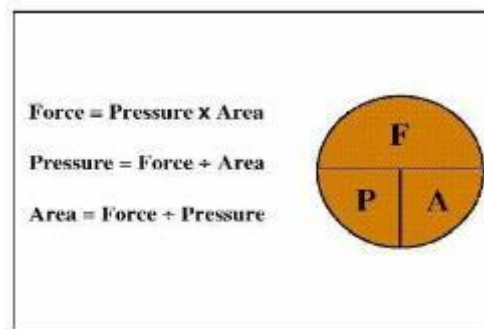
Tekanan yang bekerja pada suatu zat cair pada ruangan tertutup, akan diteruskan ke segala arah dan menekan dengan gaya yang sama pada luas area yang sama (Angga *et al.*, 2019) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cara Kerja *Hydraulic* Sistem

Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

- a. Gaya biasanya dinyatakan dalam :
  - a) *Pounds* (Lbs)
  - b) Kilogram (Kg)
  - c) *Newton* (N)
- b. *Pressure* (tekanan), adalah gaya yang bekerja pada setiap satuan luas penampang. *Pressure* biasanya dinyatakan dalam :
  - a) *Pounds per square inch* (Psi)
  - b) Kilogram per centimeter persegi (Kg/Cm )
- c. Area (luas penampang/permukaan), biasanya dinyatakan dalam :
  - a) *Square inch* ( $inch^2$ )
  - b) Milimeter persegi (mm )
  - c) Centimeter persegi (Cm )

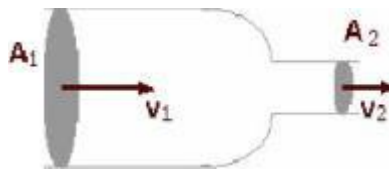


Gambar 2.2 Rumus Dasar *Hydraulic*

Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

- d) Persamaan kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah perhitungan pada luas penampang pipa yang tidak bertahap, ketika suatu penampang dari kecil ke besar atau sebaliknya, debit (Q) yang masuk atau mengalir melalui pipa tersebut akan mengalami perubahan debit, yaitu kehilangan akibat tabrakan, maka dari itu penting untuk diketahui seberapa besar kehilangan debit yang terjadi pada suatu penampang. (Angga *et al.*, 2019).

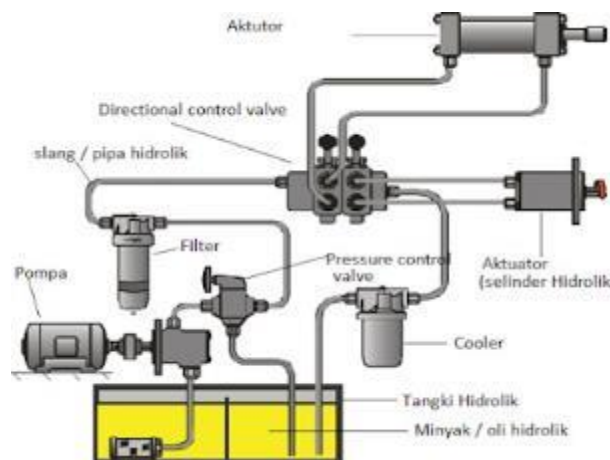


Gambar 2.3 Persamaan Kontinuitas  
Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

### 2.2.2 Komponen Sistem *Hydraulic*

*Hydraulic* menurut “bahasa *greek*” berasal dari kata “*hydro*” = air dan “*aulos*” = pipa. Jadi *hydraulic* bisa diartikan suatu alat yang bekerjanya berdasarkan air dalam pipa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem *hydraulic* adalah suatu sistem yang menggunakan *liquid* (cairan *hydraulic*) yang mengalir dalam *hose* / selang untuk meneruskan tenaga / daya. Prinsip yang digunakan pada sistem *hydraulic* adalah hukum pascal, yaitu : benda cair yang ada di ruang tertutup apabila diberi tekanan, maka tekanan tersebut akan dilanjutnya ke segala arah dengan sama besar. Adapun Komponen sistem *hydraulic* secara umum terdiri dari :

1. Unit tenaga (*power pack*), yang meliputi: Penggerak mula, Pompa *hydraulic*, tangki hidrolik dan katup pengaman.
2. Unit penggerak (*actuator*), yang banyak dipergunakan adalah silinder hidrolik.
3. Unit pengatur (*direction control valve*)
4. Cairan hidrolik
5. Selang / *hose* / pipa saluran



Gambar 2.4 Sistem *Hydraulic*  
Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

## 1. Cara kerja Sistem *Hydraulic*

Sistem *hydraulic* bekerja dengan mengubah dan mengendalikan energi ketika energi tersebut mengalir dari satu komponen ke komponen berikutnya. Sistem hidrolik menerima *input* energi dari suatu sumber, biasanya dari mesin atau putaran roda gigi. Pompa *hydraulic* mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dalam bentuk aliran dan tekanan. *Control valve* bekerja mengendalikan pengalihan energi *hydraulic* melalui sistem dengan mengendalikan aliran zat cair dan arahnya. *Actuator* (silinder atau motor *hydraulic*) mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanis dalam bentuk gerakan *linear* ataupun putaran, yang dimanfaatkan untuk melakukan pekerjaan. Untuk melaksanakan kerja hidrolik, dibutuhkan aliran maupun tekanan. Tekanan *hydraulic* merupakan gaya dan aliran yang akan menyebabkan terjadinya gerakan (Angga *et al.*, 2019).

## 2. Fungsi Komponen-Komponen *Hydraulic*

### 1) *Hose / Pipa Hydraulic (Hydrauelic Lines)*

Saluran hidrolik digunakan untuk menyambung berbagai komponen untuk penyaluran zat cair dalam sebuah sirkuit. *Hose / slang* digunakan jika dibutuhkan fleksibilitas, seperti jika komponen yang saling bergerak satu sama lain. *Hose* dapat menyerap getaran dan mampu menahan berbagai tekanan.

### 2) Tangki *Hydraulic (Hydraulic Tank)*

Fungsi utama dari *hydraulic oil tank* adalah untuk menyimpan oli dan memastikan bahwa terdapat cukup oli yang dibutuhkan oleh sistem. Komponen dari tangki tersebut adalah :

- a. *Fill cap*, Penutup ini menjaga agar *contaminant* tidak masuk lewat bukaan yang dipergunakan untuk mengisi dan menambah oli ke dalam tangki dan menyekat tangki bertekanan.
- b. *Sight glass*, Gelas pengukur dipergunakan untuk mengukur tinggi permukaan oli menurut petunjuk pengoperasian serta perawatan. Tinggi permukaan oli dianggap sesuai jika oli terlihat berada di tengah gelas pengukur. Ketinggian oli harus diperiksa ketika oli dingin. Lihat spesifikasi

dari pembuatnya untuk kesesuaian prosedur tentang bacaan tinggi permukaan oli.

- c. *Supply* dan *return line*, Saluran pengisian berfungsi untuk mengalirkan oli dari tangki ke dalam sistem. Sedangkan saluran kembali memungkinkan oli mengalir dari sistem ke tangki.
- d. *Drain line*, Letaknya pada bagian bawah tangki, lubang *drain* ini berfungsi untuk drain oli lama dari dalam tangki. Lubang *drain* ini juga berfungsi untuk menyingkirkan air dan endapan kotoran dari dasar tangki. Kadang drain plug mengandung magnet yang kuat untuk menangkap partikel pada dasar tangki.
- e. *Filler screen*, Mencegah *contaminant* / pencemar berukuran besar masuk ke dalam tangki .
- f. *Filler tube*, Mempermudah pengisian tangki sampai pada ketinggian permukaan yang benar, namun tidak kelebihan mengisi.
- g. *Baffle*, Mencegah pengembalian oli mengalir langsung ke *outlet tank*, sehingga ada waktu bagi buih untuk naik ke permukaan. Hal ini mencegah oli tumpah sehingga mengurangi *foaming* / pembuihan oli.
- h. *Ecology drain*, Digunakan untuk mencegah tumpahan secara tidak sengaja ketika menyingkirkan air dan endapan dari dalam tangki .
- i. *Return lines*, Menyalurkan kembali oli dari sirkuit hidrolik ke dalam tangki.
- j. *Return screen*, Mencegah partikel kotoran berukuran besar masuk ke dalam tangki , namun tidak dapat menyaring kotoran yang lebih halus.
- k. *Pump pick-up lines*, Saluran *pick-up pump* menyalurkan oli ke *inlet pump*. Pada umumnya, saluran ini tidak menyentuh dasar tangki . Ini mencegah endapan yang ada di dasar tangki turut hanyut ke dalam pompa. Angga dkk, (2019)

### 3) Pompa *Hydraulic* (*Hydraulic Pump*)

Pompa *hydraulic* mengubah energi mekanik menjadi energi *hydraulic*. Pompa ini merupakan alat yang mengambil energi dari suatu sumber (misalnya mesin, motor *elektric* dan lain-lain) dan mengubah energi tersebut menjadi energi *hydraulic*. Fungsi pompa ini adalah untuk memasok sistem *hydraulic* dengan aliran oli yang mencukupi sehingga sirkuitnya mampu beroperasi pada

kecepatan yang benar. Pompa dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu *non positive displacement* dan *positive displacement*. Contoh jenis pompa yang digunakan pada sistem hydraulic adalah *sentrifugal impeller, gear pump, vane pump, piston pump*.

#### 4) *Actuator*

*Actuator* merupakan komponen *output* dari sistem *hydraulic*. Ada dua macam *actuator*, yaitu *rotary actuator* yang menyalurkan tenaganya dalam gerakan melingkar atau memutar, dan *linear actuator* yang menyalurkan tenaganya dalam garis lurus. Contoh *actuator linear* yaitu selinder *hydraulic*, sedangkan contoh *rotary actuator* adalah *gear motor, piston motor, vane motor*.

#### 5) *Directional Control Valve*

*Directional control valve* (DCV) digunakan untuk menyalurkan minyak hidrolik ke berbagai sirkuit terpisah dalam sistem *hydraulic*.

#### 6) *Pressure Control Valve*

*Pressure control valve* juga dikenal dengan nama *relief valve*. Fungsi *relief valve* adalah untuk memberi perlindungan atau membatasi tekanan maksimum kepada sistem *hydraulic* sehingga komponen sistem tidak mengalami malfungsi, macet atau terbakar dan line / saluran zat cair tidak terbakar atau bocor pada persambungan. *Relief valve* ini bekerja dengan cara memberikan jalan bagi zat cair sistem untuk dibelokkan ke *reservoir* ketika pengaturan tekanan *valve* telah dicapai.

#### 7) *Filter Dan Strainer*

*Hydraulic oil filter* digunakan untuk menyaring *contaminant* yang ada di dalam sistem *hydraulic*.

##### a. *Filler Screen*

*Filler screen* biasanya terletak pada tabung (*tube*) pengisi. Filter ini menjaga bahan *contaminant* / pencemar berukuran besar agar tidak masuk ke dalam tangki ketika penutupnya dibuka.

##### b. *Strainer*

*Inlet strainer* biasanya dipasang pada bagian dalam *reservoir* dan dibenamkan dalam oli *hydraulic*. oli *hydraulic* mengalir melalui elemen

*filter*. Jika *filter* terhambat, maka tekanan pada bagian dalam akan turun (pompa mengisap) dan oli dapat mengalir melewati *bypass valve*.

#### 8) Pendingin / *Oil Cooler*

*Hydraulic oil cooler* digunakan untuk mendinginkan minyak *hydraulic* yang bergerak menyerap dan mengangkut panas yang dihasilkan dari komponen *hydraulic* seperti silinder dan pompa. Pendingin dibagi menjadi dua, *air cooler* dan *water cooler*.

##### a. *Air cooler*

Dalam *air cooler*, zat cair dihisap melalui tabung yang memiliki sirip (seperti radiator). Untuk menurunkan panas, ditiupkan udara ke dalam tabung dan sirip melalui fan.

##### b. *Water cooler*

*Water cooler* terdiri dari beberapa tabung logam yang dilindungi oleh sebuah tabung besar. Dalam pendingin ini, zat cair sistem *hydraulic* dipompa dan mengalir melalui tabung-tabung kecil dan cairan pendingin melalui sela-sela tabung.

### 2.2.3 Mekanisme Kerja

Mekanisme kerja pada *hydraulic excavator* yang digerakkan secara *hydraulic* adalah:

1. Mesin Diesel memutar pompa yang kemudian mengalirkan fluida *hydraulic* dari tangki ke dalam sistem dan kembali lagi ke tangki.
2. Komponen-komponen yang mendapat distribusi *fluida hydraulic* dan pompa adalah *bucket cylinder*, *arm cylinder*, *boom cylinder*, *swing motor* dan *travel motor* untuk menghasilkan suatu kondisi kerja tertentu. Kondisi kerja *hydraulic excavator* dibagi menjadi enam (6), yaitu:

#### 1) *Swing*

Pergerakan pada saat *body* dan *attachment hydraulic excavator* berputar sampai 360°. Sistem gerakan ini adalah dengan menggerakkan *lever* yang membuka katup pada *control valve* yang berisi fluida *hydraulic* agar mengalir ke *swing motor* sehingga *hydraulic excavator* akan berputar dengan putaran tertentu.

## 2) *Traveling Left Shoe*

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakkan oleh katup yang ada di *control valves*. Energi *hydraulic* dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *travel motor* memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *hydraulic excavator*. *traveling left shoe* merupakan gerakan *track shoe* yang sebelah kiri.

## 3) *Traveling Right Shoe*

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakkan oleh katup yang ada di *control valve*. Energi *hydraulic* dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *Travel motor* memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *hydraulic excavator*. *Traveling right shoe* merupakan gerakan *track shoe* yang sebelah kanan.

## 4) *Boom (Raise-Down)*

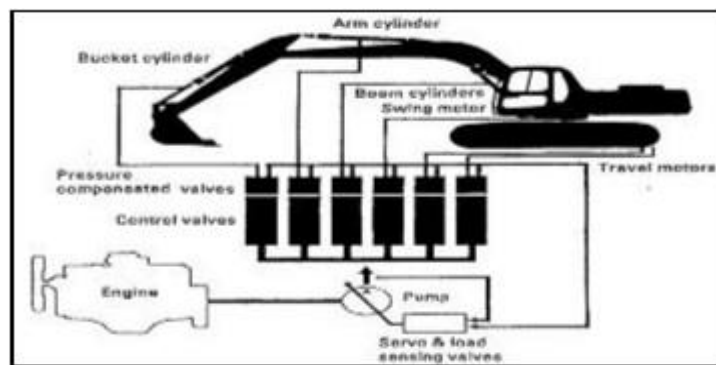
Pergerakan *boom* dilakukan oleh *boom cylinder*. Sistem gerakan ini dilakukan dengan menggerakkan *lever* di ruang operator sehingga katup *boom raise* dan katup *boom down* pada *control valve* yang berhubungan dengan *boom cylinder* akan membuka. *Boom* akan melakukan gerakan mengangkat jika katup *boom raise* terbuka sedangkan katup *boom down* tertutup. Fluida akan mengalir dari katup *boom raise* dan menekan piston dari *cylinder boom* sedangkan untuk gerakan *arm*.

## 5) *Arm (In-Out)*

Pergerakan *arm* dilakukan oleh *arm cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh katup *arm in* dan katup *arm out*. *Arm* akan melakukan gerakan rnengangkat jika katup *arm out* terbuka sedangkan katup *arm in* tertutup. Fluida akan mengalir dari katup *arm out* dan menekan *piston arm cylinder*. Sedangkan untuk gerakan *arm* turun, kondisi katup *arm in* dan *arm out* berlaku sebaliknya.

## 6) *Bucket (Crawl-Dump)*

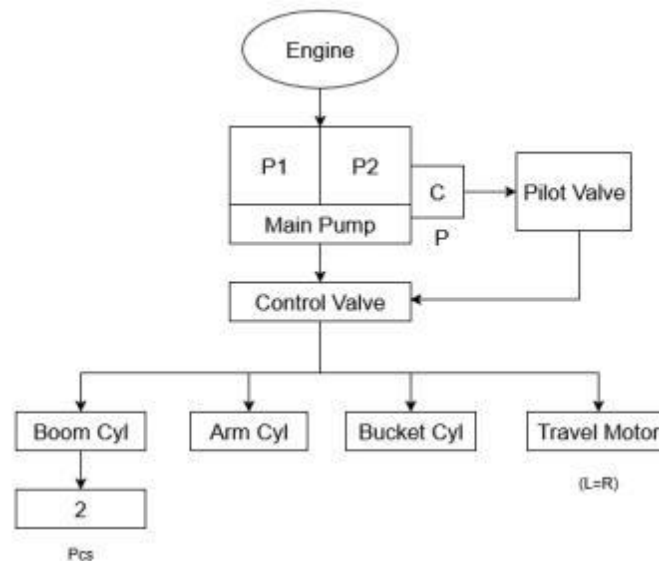
Pergerakan *bucket* dilakukan oleh *bucket cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh pergerakan katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump*. *bucket* akan melakukan gerakan mengangkat (*dump*) jika katup *bucket dump* terbuka sedangkan katup *bucket crawl* tertutup. Pada saat itu, *fluida* akan mengalir dari katup *bucket dump* dan menekan piston *bucket cylinder*. Sedangkan gerakan *bucket* menekuk (*crawl*) kondisi katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump* adalah sebaliknya. Diagram sistem *hydraulic excavator* dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Diagram Sistem *Hydraulic Excavator*

Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

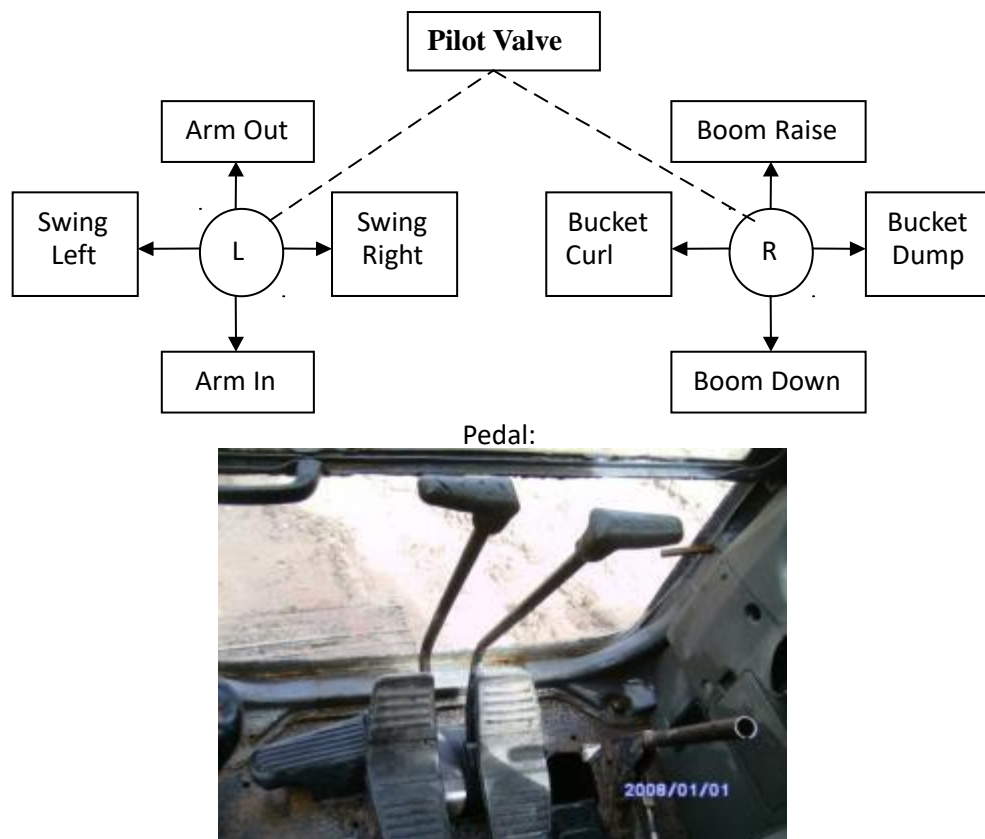
#### 2.2.4 Prinsip Kerja *Hydraulic Excavator*



Gambar 2.6 Prinsip Kerja *Hydraulic Excavator*

Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

Berdasarkan Gambar 2.6 di atas dapat dijelaskan bahwa secara sederhana prinsip kerja *hydraulic excavator* dihasilkan dari putaran *engine* dan memutar pompa hidrolik, sehingga hidrolik akan mengalir ke *control valve*. Sedangkan *control valve* diatur oleh *pilot valve* untuk menentukan *actuator* mana yang akan digerakkan. *Actuator* tersebut adalah *boom cylinder* (kiri dan kanan), *arm cylinder*, *bucket cylinder*, dan *travel motor*. *Pilot valve* diatur langsung oleh operator melalui pedal-pedal L & R yang terdapat di dalam kabin. Penjelasan pedal ini dapat kita lihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sistem Pedal Pengatur *Pilot Valve*  
Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

### 2.2.5 Sistem *Hydraulic* Pada *Excavator*

*Sistem Hydraulic* adalah sebuah sistem untuk mentransfer dan mengontrol tenaga dengan menggunakan media cairan. Sistem *hydraulic* memanfaatkan sifat fisik cairan sehingga memungkinkan untuk merubah gaya yang relatif kecil menjadi gaya yang sangat besar seperti yang ditunjukkan pada gambar. 2.8.

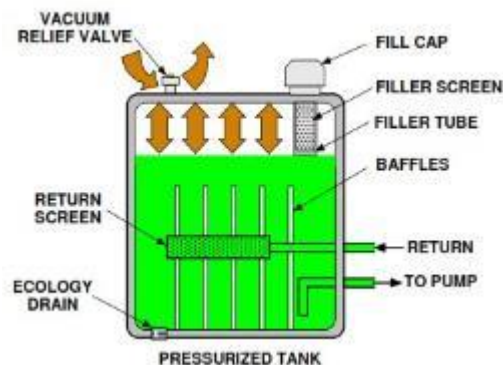


Gambar 2.8 Sistem *Hydraulic*  
Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

Sistem hidrolik pada *excavator* digunakan untuk mengendalikan pengendalian *boom raise / lower, stik out / in, bucket close / open, swing right / left*, atau kombinasi dari gerakan-gerakan di atas. Sistem tenaga *hydraulic* digerakkan oleh *main control valve* (DCV). Sistem *hydraulic* digerakkan oleh dua buah *variable pump* dengan jenis pompa piston (*axial piston pump*) dimana pompa ini menyalurkan tenaga dari *engine* pada *excavator*. Sistem *hydraulic* pada sebuah alat berat, terdiri dari tangki, pompa, *filter* (saringan oli), *control valve* dan *hydraulic* silinder. Pada prinsipnya semua sistem *hydraulic* memiliki kesamaan prinsip. Pompa *hydraulic* akan mensuplaikan oli *hydraulic* menuju *control valve*, melalui sistem pengaturan pada *control valve*, hidrolik akan di salurkan menuju silinder *hydraulic* atau *actuator*.

### 1. Tangki

Tangki *hydraulic* adalah komponen yang berfungsi sebagai penampung oli hidrolik. Pada komponen tangki *hydraulic* terdapat berbagai komponen tambahan yang dapat mendukung kerja tangki *hydraulic* pada sistem *hydraulic*. Tangki *hydraulic* di rancang memiliki bertekanan (*pressurized*) seperti pada gambar 2.9 agar dapat mensirkulasikan oli melalui mekanisme hisapan pompa.

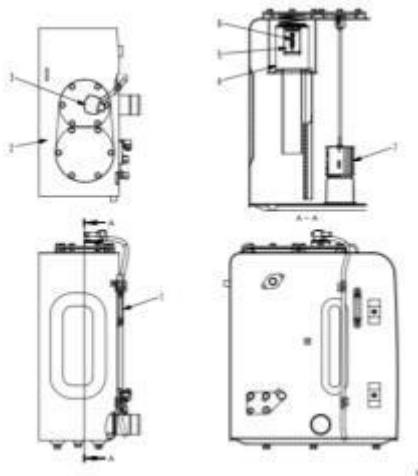


Gambar 2.9 *Pressurized Tank*  
Sumber : (Angga *et al.*, 2019)

Pompa *hydraulic* juga di lengkapi dengan sebuah *vacum relief valve* yang berfungsi sebagai pengatur tekanan di dalam tangki. Jika tekanan di dalam tangki terlalu besar dari pada tekanan di luar tangki maka *relief valve* akan terdorong untuk membuka dan mengurangi tekanan pada tangki. Sedangkan pada saat tekanan tangki *hydraulic* mengecil maka tekanan dari luar sistem akan mendorong *relief valve* untuk mengatur tekanan dalam tangki.

Tangki *hydraulic* juga di lengkapi dengan *buffles* yang berfungsi sebagai pengatur ketenangan oli dalam tangki saat alat berat berjalan atau mendapatkan goncangan. Kondisi oli yang tenang akan menjamin suplai oli ke dalam sistem baik. *Buffles* atau sparasi di buat beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut memiliki jarak dan dimensi yang sama sehingga memiliki kinerja yang sama untuk mengatur ketenangan oli dalam tangki.

Dalam tangki *hydraulic* juga terdapat *return screen* (saringan balik). Komponen ini bertujuan untuk menyaring kotoran yang terbawa dari sistem oleh oli *hydraulic* yang akan kembali kedalam tangki. Saringan balik memiliki interval pergantian secara tersendiri, sehingga pada saat batas waktu *service filter* balik juga harus dilakukan pengantian untuk menghindari terjadinya penumpukan kotoran yang terbawa oleh oli *hydraulic*. Contoh tangki *hydraulic* pada unit excavator dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Hydraulic Tank* Komatsu PC 200-7  
Sumber : Komatsu (2022)

## 2. Pompa

Dari bermacam - macam komponen yang ada dalam sistem *hydraulic*, boleh dikatakan bahwa pompa adalah komponen yang paling dominan. Fungsi daripada pompa adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi *hydraulic* dengan cara menekan fluida *hydraulic* ke dalam sistem. Dalam sistem *hydraulic*, pompa merupakan suatu alat untuk menimbulkan atau membangkitkan aliran fluida (untuk memindahkan sejumlah *volume* fluida) dan untuk memberikan gaya sebagaimana diperlukan. Apabila pompa digerakkan oleh motor (penggerak utama), pada dasarnya pompa melaksanakan dua fungsi utama:

- a. Pompa menciptakan kevakuman sebagian pada saluran masuk pompa. Vakum ini memungkinkan tekanan *atmospher* untuk mendorong fluida dari tangki (*reservoir*) ke dalam pompa.
- b. Gerakan mekanik pompa mengisap fluida ke dalam rongga pemompaan, dan membawanya melalui pompa, kemudian mendorong dan menekannya ke dalam sistem *hydraulic*. "Pompa adalah pembangkit aliran bukannya tekanan".

Seringkali dianggap bahwa pompa adalah pembangkit tekanan fluida, tetapi sebenarnya tujuan utama pemakaian pompa hidrolik adalah untuk memproduksi aliran. Sedang tekanan adalah gaya persatuan luas dan ditimbulkan oleh adanya hambatan untuk mengalir. Pompa direncanakan sebagai mekanik pembangkit untuk menghasilkan aliran, sesuai dengan peningkatan tekanannya. Tetapi pompa sendiri tidak bisa menghasilkan tekanan, karena pompa tidak dapat memberikan perlawanan terhadap alirannya.

Tekanan akan hilang apabila seluruh aliran dan pompa ke luar melalui torak pada elemen penggerakannya. Begitu pula kebocoran pada torak akan mempengaruhi kecepatan torak elemen penggerak, karena dua pertiga aliran pompa akan kembali ke tangki tanpa melakukan kerja. Dengan demikian, kecepatan torak yang dimaksudkan juga berkurang dua pertiganya. Dalam upaya melakukan pemilihan jenis pompa yang sesuai untuk kerja sebuah sistem *hydraulic*, ada beberapa pertimbangan penting agar pompa yang digunakan dapat tergunakan sesuai dengan kebutuhan. Beberapa pertimbangan tersebut di antaranya, besarnya debit aliran yang mampu dihasilkan oleh pompa, dimensi, dan mekanisme pengaturan.

### 3. *Pressure Regulator* (Pengukur Tekanan)

Penggunaan *pressure regulator* untuk mengetahui tekanan di dalam sistem *hydraulic*.

### 4. *Control Valve*

*Control valve* merupakan komponen sistem *hydraulic* yang berfungsi untuk mengontrol aliran *hydraulic* pada sistem secara parsial (sebagian) atau keseluruhan.

- a. Pengaturan arah aliran (*directional control valve*) oli dari pompa menuju aktuator *hydraulic*.
- b. Pengaturan tekanan pada sistem.
- c. Fungsi-fungsi regenerasi (pemanfaatan *flow* pengembalian oli).
- d. Fungsi pengamanan beban kejut (*shock* dan kavitasi)
- e. Pengaturan volume aliran (*flow control valve*).

#### 2.2.6 *Oil Hydraulic*

*Oil hydraulic* adalah cairan khusus yang digunakan dalam *system hydraulic* untuk mentransmisikan daya, melumasi komponen, dan melindungi pada komponen sistem *hydraulic* (Dai Robbi *et al.*, 2025) . *System hydraulic* menggunakan *oil* jenis SAE 10.

#### 2.2.7 Mikrokontroler

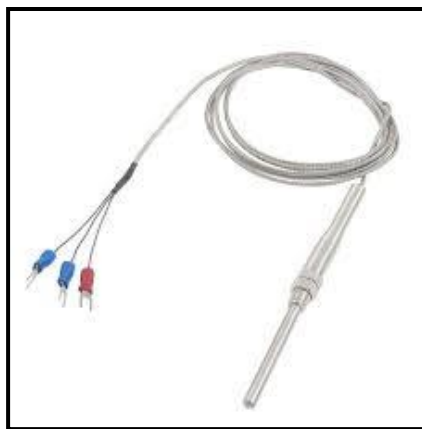
Selama 40 tahun sejak pertama kali diperkenalkan, *mikrokontroler* telah mengalami banyak perkembangan, berbagai teknologi, fungsi, serta *preiferal* yang diterapkan pada komponen ini menjadikan mikrokontroler yang saat ini beredar memiliki banyak variasi. Sudah tak terhitung pula aplikasi yang dibuat menggunakan *mikrokontroler*, mulai dari untuk kehidupan sehari-hari sehingga skala industri. Mikrokontroler merupakan sistem digital yang tersusun dari sekumpulan rangkaian terintegrasi (IC) (Refly & Kusuma, 2022). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus.

### 2.2.8 Sistem *Heat Limit* Dan Alarm

Sistem *heat limit* berfungsi untuk memantau suhu dan memberikan alarm jika suhu melebihi batas tertentu, sistem ini dapat mencegah *overheating* pada *oil hydraulic* dengan memberikan peringatan dini kepada operator.

### 2.2.9 Sensor *Temperature*

Sensor *temperature* yang ditunjukkan pada gambar 2.11 adalah perangkat kelistrikan yang digunakan untuk mengukur dan mendeteksi suhu atau perubahan suhu pada suatu objek atau lingkungan (Widharma dkk, 2020).



Gambar 2. 11 *Sensor Temperature*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/1DDx4c8DnXYXDzku8>

Adapun jenis-jenis dari sensor *temperature* adalah sebagai berikut:

1. *Thermocouple* : Sensor ini mengukur suhu dengan mengidentifikasi perbedaan potensial listrik (*Thermocouple*) antara dua logam yang berbeda saat terkena suhu.
2. RTD : (*Resistance temperature detector*) sensor ini memanfaatkan perubahan resistansi logam terhadap perubahan suhu untuk mengukur suhu.
3. *Termistor* : Sensor ini menggunakan perubahan resistansi bahan semikonduktor terhadap perubahan suhu untuk mengukur suhu.

4. Sensor Infra merah : Sensor ini mengukur suhu dengan mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek.

#### 2.2.10 Arti *Temperature* Menurut Para Ahli

Pengertian *temperature* adalah suatu ukuran panas atau dinginya keadaan atau suatu lainnya. Satuan ukur dari *temperature* yang banyak digunakan di Indonesia adalah °C (derajat *celcius*). Sementara satuan ukuran yang banyak digunakan diluar negeri adalah °F (derajat *farenheit*) (Sarsinta, 2008).

#### 2.2.11 *Internet Of Things*

*Internet of things* (IoT), sebuah istilah yang belakangan ini mulai ramai ditemui namun masih banyak yang belum mengerti arti dari istilah ini. Sebetulnya hingga saat ini belum ada definisi standar mengenai *internet of things*, namun secara singkat *internet of things* bisa dibilang adalah dimana benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui sebuah jaringan seperti *internet*.

Ide awal *internet of things* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 disalah satu persentasinya, ini banyak perusahaan besar mulai mendalami *nternet of things* sebut saja *intel microsoft, oracle*, dan banyak lainnya. Banyak yang memprediksi bahwa *internet of things* adalah *the next big thing* didunia teknologi informasi, hal ini karena *internet of things* menawarkan banyak potensi yang busa digali, contoh sederhana implementasi dari *internet of things* adalah kulkas yang dapat memberitahukan kepada pemiliknya *via sms* atau *email* tentang makanan dan minuman apa saja yang sudah habis dan harus di stok lagi. Bagi pengembang kini banyak perusahaan yang menyediakan berbagai macam program untuk membantu pengembangan dalam mengembangkan produk berbasis *internet of things*. Salah satu yang menyediakan program ini adalah *intel* dengan *lot developer* program mereka. Pada dasarnya *internet of things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unuk sebagai *reprensi virtual* dalam struktur berbasis *internet*. Istilah *internet of things* awalnya disarankan oleh Kevin Ashtong pada tahun 1999 dan mulai terkenal melalui *auto-ID* di MIT (Kaljot Sharma Dkk, 2021)

*Casagras coordination and support action for global (ID-related activities and standard disation)* mendefinisikan *internet of things*, sebagai sebuah infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi dan capture serta kemampuan komunikasi, infrastruktur terdiri dari jaringan yang telah ada dan *internet* berikut pengembangan layanan dan aplikasi kooperatif yang *independent*, ia juga ditandai tingkat otonom data *capture* yang tinggi, *event transfer*, *connectivitas* jaringan dan *interoerabilitas*.

*System anwedungen produkte* (SAP) mendefinisikan sebagai berikut: Dunia dimana benda-benda fisik dintegrasikan ke dalam jaringan *information* secara berkesinambungan, dan dimana benda-benda fisik tersebut berperan aktif dalam proses bisnis. Layanan yang tersedia berinteraksi dengan objek pintar melalui *internet*, mencari dan mengubah status merekasesua dengan setiap informasi yang dikaitkan, disamping memperhatikan masalah privasi dan keamanan.

*European approach on innovative smart system* (EPOSS) mendefiniskannya sebagai jaringan yang dibentuk oleh hal-hal atau benda yang memiliki identitas, pada dunia maya yang beroperasi diruang itu dengan menggunakan kecerdasan antar muka untuk terhubung dan berkomunikasi dengan pengguna, konteks sosial dan hubungan.

#### 2.2.12 Arduino

Arduino merupakan salah satu papan mikrokontroler yang dilengkapi chip IC (*Integrated Circuit*) dari Atmel untuk memprogram sistem *control* (Nugroho & Djaksana, 2022). Perangkat ini ditujukan bagi siapapun yang tertarik ataupun memanfaatkan *microcontroller* secara praktis dan mudah. Arduino dapat digunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor dan dapat mengendalikan peralatan disekitarnya.

Pada tahun 2005, arduino dikembangkan di Ivrea, Italia oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dengan tujuan awal yaitu untuk membantu para siswa membuat perangkat desain dan interaksi dengan harga yang murah dibandingkan dengan perangkat lain pada saat itu. Arduino berasal dari bahasa Italia yang berarti teman yang berani. Kelenihan dari penggunaan *board* arduino, yaitu:

A. Tidak perlu perangkat *chip* program karena didalamnya memiliki *boot loader* yang akan menangani program yang di-*uplode* dari;

- B. Bahas pemrogramannya relatif mudah (bahasa C), dan *software* arduino mudah dioperasikan karena berbentuk *grafical user interface* (GUI), *integrated development environment* (IDE), memiliki *library* yang cukup lengkap serta gratis dan *open source*;
- C. Komunikasi serial dan komunikasi untuk *upload* program menggunakan jalur yang sama yaitu melalui jalur USB atau komunikasi serial, jadi membutuhkan sedikit kabel, dengan kelebihan tersebut, penjualan arduino pada bulan Mei 2011, sudah mencapai lebih dari 300.000 unit. Macam-macam *board* arduino yang sering digunakan yaitu: arduino NG/*older* (*seferino*), arduino UNO, dan arduino mega 2560, serta arduino mega ADK.

#### 2.2.13 *Job Safety Analysis*

Merupakan suatu cara mengidentifikasi bahaya pada suatu lingkungan kerja sekaligus upaya pengendalian dan penanggulangan guna mencegah penyakit atau kecelakaan yang ditimbulkan akibat kerja yang mungkin timbul dari suatu pekerjaan. *Job safety analysis* dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi risiko kecelakaan kerja di area kerja (Rahman & Afridah, 2023) . langkah-langkah penerapan metode JSA terdiri dari 3 tahap sebagai berikut:

1. Identifikasi, memilih pekerjaan atau aktifitas yang spesifik dan membagi kedalam beberapa bagian dan kemudian mengidentifikasi semua kemungkinan kecelakaan kerja yang kehilangan kontrol selama bekerja.
2. Penilaian, mengevaluasi pada beberapa *level* untuk mengidentifikasi kecelakaan kerja.
3. Aksi, mengontrol segala resiko dengan mengukur secara efisien untuk meminimalisir atau menghilangkan insiden.

#### 2.2.14 *Standart Operating Procedure* (SOP)

*Standard Operating Procedure* (SOP) merupakan pedoman utama yang mengatur tahapan pelaksanaan aktivitas kerja dalam suatu perusahaan dan bersifat mengikat bagi karyawan (Rahmawati & Inayati, 2024). Oleh karena itu, setiap posisi dalam organisasi memiliki SOP yang berbeda-beda dengan posisi yang lainnya. SOP dibuat sesuai dengan kebutuhan dari pekerjaan dimasing-masing departemen dalam perusahaan tersebut. Oleh karena itu, SOP harus dibuat untuk

mempermudah karyawan dalam menjalankan pekerjaannya dan menyadari tanggung jawab apa saja yang harus mereka penuhi.

Pengertian dari SOP itu sendiri, itu *standard operating* dan *procedure*. Berikut penjelasan tersebut:

#### A. *Standard*

Diartikan sebagai salah satu acuan pokok yang harus dipatuhi dan ditaati oleh semua anggota. *Standard* memiliki sifat mengikat dan membatasi.

#### B. *Operating*

Aktivasi aplikatif yang merupakan kegiatan dalam pekerjaan, baik yang bersifat rutinitas maupun *non-rutin*.

#### C. *Procedure*

Langkah atau tahap yang berhubungan dengan aktivitas kerja, biasanya dapat berupa gambar atau deskripsi tulisan. Dari ketiga penjabaran diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa SOP merupakan salah satu acuan pokok mengenai langkah atau tahapan yang berhubungan dengan aktivitas aplikatif yang merupakan aktivitas kerja dalam sebuah perusahaan.

#### 2.2.15 Autocad

Autocad merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses perancangan, baik oleh insinyur maupun desainer, dalam menghasilkan gambar dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) (Purnomo *et al.*, 2023). Autocad merupakan sebuah program yang biasa digunakan untuk tujuan tertentu dalam menggambar dan merancang dengan batasan *computer* dalam pembentukan model serta ukuran dua dan tiga dimensi atau lebih dikenali sebagai *computer aided drafting and design program*.

Program ini dapat digunakan dalam semua bidang kerja terutama pada bidang perancangan dan memerlukan keterampilan khusus pengetahuan gambar kerja. Pengetahuan menggambar 3 dimensi dapat terbantu dengan penggunaan *software* tersebut. Hal ini dikarenakan pada program tersebut tidak hanya dapat menggambar 2 dimensi dengan segala kebutuhan dan ketemtuan yang berlaku, namun juga membuat objek secara 3 dimensi untuk memberikan penggambaran objek yang dirancang dan dapat menjadi acuan oleh pihak pelaksana. Pada

penelitian ini *autocad* digunakan sebagai salah satu metode untuk membuat rancangan pada *tools* yang dirancang oleh peneliti.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan secara langsung dilapangan (*field research*) melibatkan proses pengumpulan data primer dan sekunder serta informasi yang benar dan sesuai dengan kondisi dilapangan dalam membuat rancang bangun *heat limit oil hydraulic* secara kualitatif.

### 3.2 Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah: Studi literatur yaitu mengumpulkan, mempelajari berkas-berkas serta buku penunjang tentang komposit. Selanjutnya data dari buku tersebut dijadikan referensi dan dilakukan uji coba untuk diaplikasikan pada teori yang ada.

### 3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di *workshop* Politeknik Negeri Balikpapan JL. Soekarno Hatta KM.8, Balikpapan Utara, Kalimantan Timur. Yang akan dilaksanakan dari bulan Maret sampai dengan Agustus 2025.

### 3.4 Peralatan Dan Bahan Yang Digunakan

#### 3.4.1 Alat Penelitian

Adapun alat penelitian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat penelitian

Sumber : Data pribadi

NO	NAMA	FUNGSI
1.	<i>Solder</i>	Untuk menghubungkan serta memutuskan aliran pada <i>system electrical</i>
2.	<i>Screw Driver</i> +-	Untuk mengencangkan dan membuka <i>bolt</i>
3	<i>Plier</i>	Sebagai penjepit dan pemotong suatu benda
4	Multimeter	Sebagai alat ukur untuk mengukur <i>ampare, volt</i> dan <i>resistance</i>
5	<i>Tools</i>	Sebagai alat penunjang kebutuhan seperti kunci

### 3.4.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang diperlukan untuk membuat *tools sensor temperature heat limit oil hydraulic* pada *excavator* berbasis *internet of things (IOT)*.

Tabel 3.2 Bahan penelitian

Sumber : Data pribadi

NO	NAMA	FUNGSI
1	<i>Tank oil hydraulic</i>	Sebagai penyimpan sementara <i>oil hydraulic</i> yang akan digunakan
2	Arduino UNO	Sebagai <i>mikrokontroler</i> berfungsi untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang seperti data
3	<i>Dioda</i>	Untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya
4	<i>Resistor</i>	Sebagai penghambat atau penurun tegangan yang keluar agar dapat membatasi jumlah arus yang mengalir pada rangkaian
5	Kabel <i>jumper</i>	Sebagai kabel penghubung antar komponen
6	<i>Power supply</i>	Perangkat keras yang berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung ke komponen berupa arus bolak-balik sehingga <i>power supply</i> harus mengubah tegangan
7	<i>Bolt dan nut</i>	Sebagai pengikat komponen
8	<i>Sensor type K-8</i>	Berfungsi untuk membaca suhu pada komponen

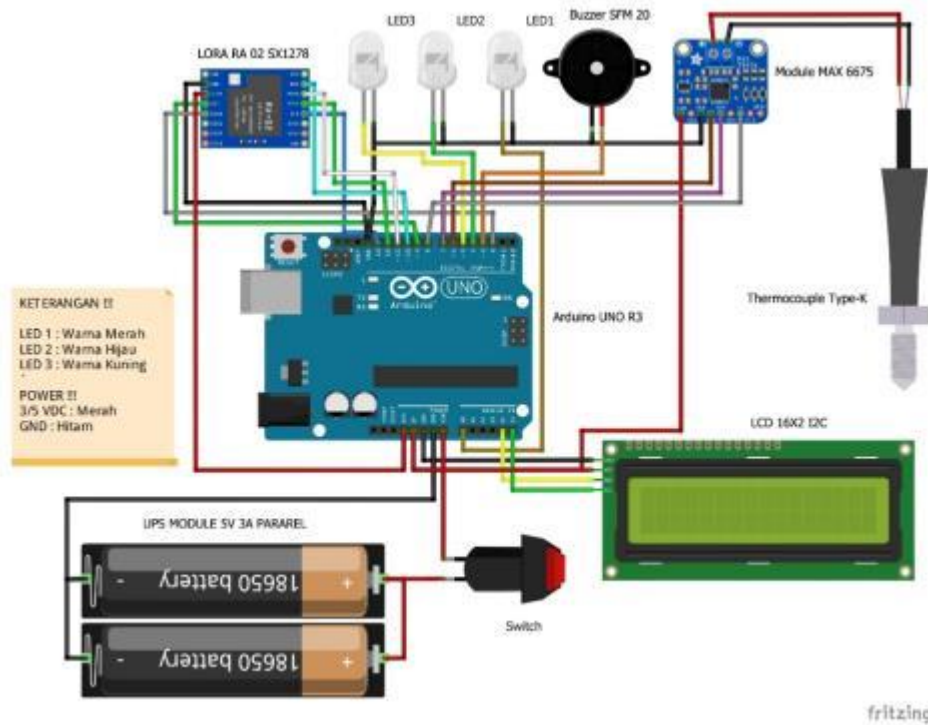
### 3.5 Desain Tool

Berikut adalah desain *tool* yang ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



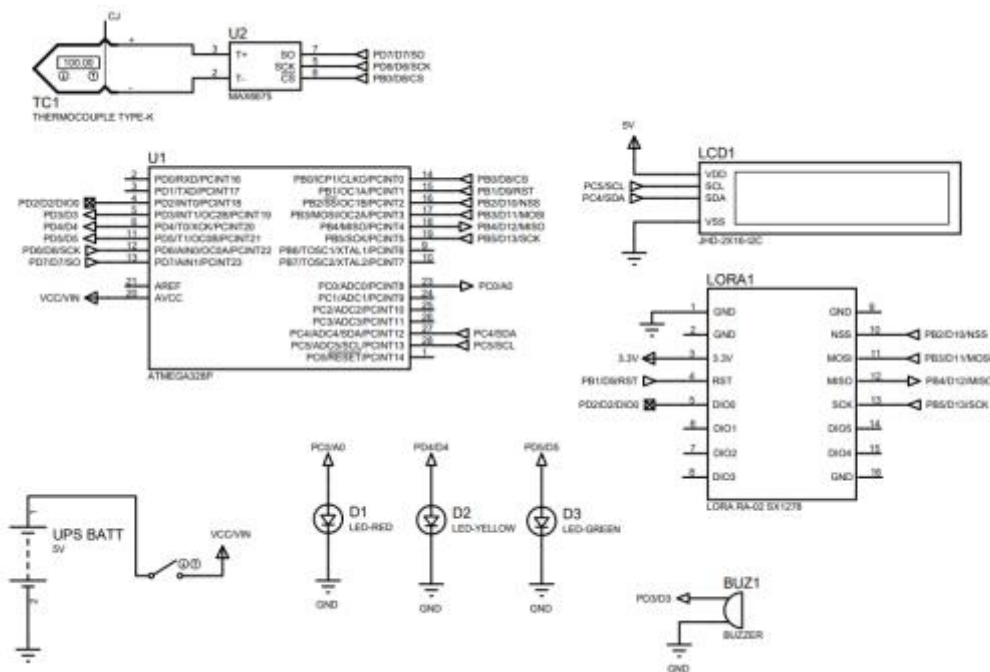
Gambar 3.1 Desain *Tools*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.6 Perancangan pada sistem elektrik



Gambar 3.2 Wiring Diagram Untuk Monitoring Heat Limit Oil Hydraulic Pada Excavator

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 3.3 Rangkaian Pada Sistem Monitoring Heat Limit Oil Hydraulic

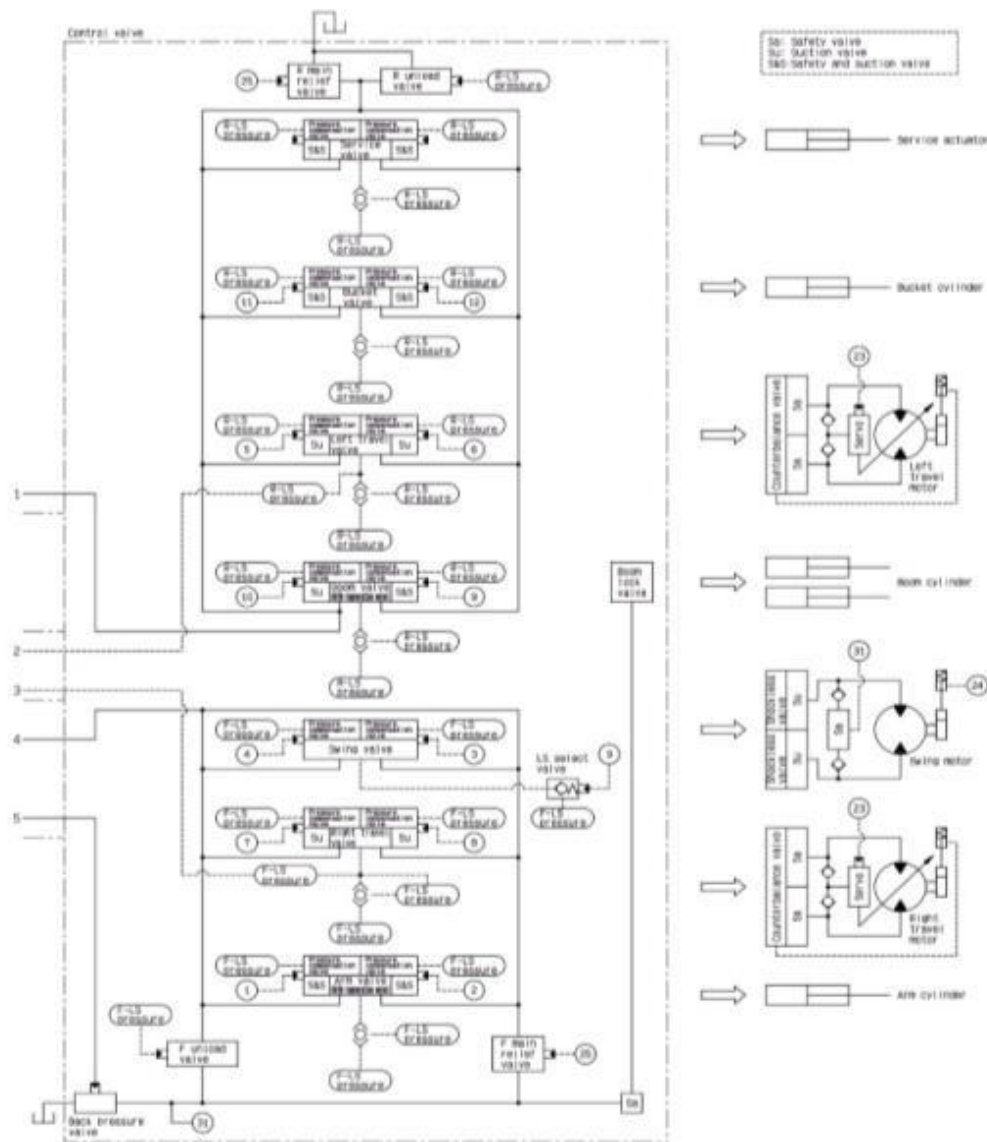
Sumber : Dokumentasi Pribadi

1. *Battery 18650*
2. *Arduino Uno R3*
3. *ESP 8266*
4. *Module MAX6675 & Thermocouple Type-K*
5. *LCD 16x2 I2C*
6. *Oled Display 0.91" 128x32*
7. *LED Indikator*
8. *Buzzer SFM-20*
9. *Modul LoRa RA-02 SX1278*
10. *Switch*
11. *Hydraulic Tank*

Rangkaian sistem monitoring suhu *hydraulic* ini terdiri dari dua bagian utama yang saling terhubung secara nirkabel, yaitu unit *transmitter* berbasis *Arduino Uno R3* dan unit *receiver* berbasis *Node MCU (ESP8266)*. Pada sisi *transmitter*, *Arduino Uno R3* berperan sebagai pusat pengendali yang menerima data suhu dari sensor *Thermocouple* tipe K melalui module *MAX6675*. Hasil pembacaan suhu ditampilkan secara *real-time* pada *LCD 16x2 I2C*, serta diinformasikan secara visual melalui *LED indikator* dengan tiga status (aman, waspada, bahaya) dan secara audio melalui *buzzer* apabila terjadi kondisi suhu yang berbahaya. Selain memberikan informasi secara lokal, data suhu yang terdeteksi juga dikirimkan secara nirkabel melalui modul *LoRa RA-02 SX1278* ke perangkat *receiver* untuk keperluan pemantauan jarak jauh.

Pada sisi *receiver*, *NodeMCU (ESP8266)* berfungsi sebagai inti pemrosesan data. Board ini menerima data suhu yang dikirim dari *transmitter* melalui modul *LoRa*, kemudian memproses dan menampilkannya pada layar *OLED 0.91" 128x32* secara *real-time*. *Output* visual pada *OLED* sangat memudahkan pengguna untuk memantau status suhu dari jarak jauh tanpa harus berada di lokasi *transmitter*. Kedua unit rangkaian ini memperoleh catu daya dari dua buah baterai 18650 yang disusun paralel dan terhubung melalui *UPS Module 5V 3A*, sehingga alat mampu beroperasi secara mandiri di lapangan tanpa ketergantungan pada sumber daya eksternal. Adanya *switch* pada jalur *power supply* juga memudahkan proses pengoperasian alat sesuai kebutuhan. Seluruh

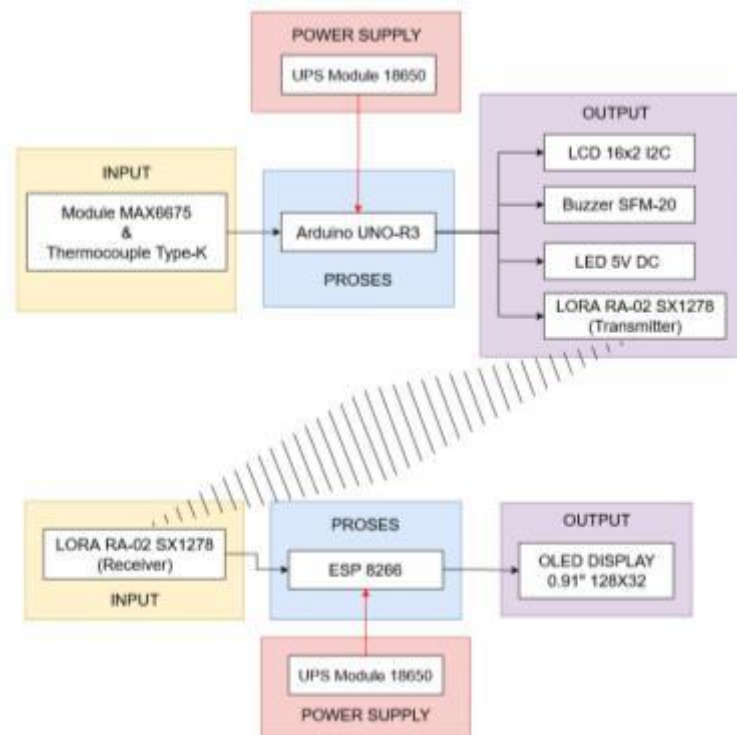
sistem dirancang secara sederhana dan efisien, namun tetap mampu mendukung pemantauan suhu *hydraulic* secara *real-time* melalui komunikasi LoRa yang merupakan teknologi komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, yang sangat cocok digunakan untuk berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT), sehingga sangat cocok untuk aplikasi industri maupun monitoring lapangan yang memerlukan keandalan, fleksibilitas, serta kemampuan memberikan peringatan dini apabila terjadi perubahan suhu yang berpotensi membahayakan



sistem.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.7 Block Diagram Sistem



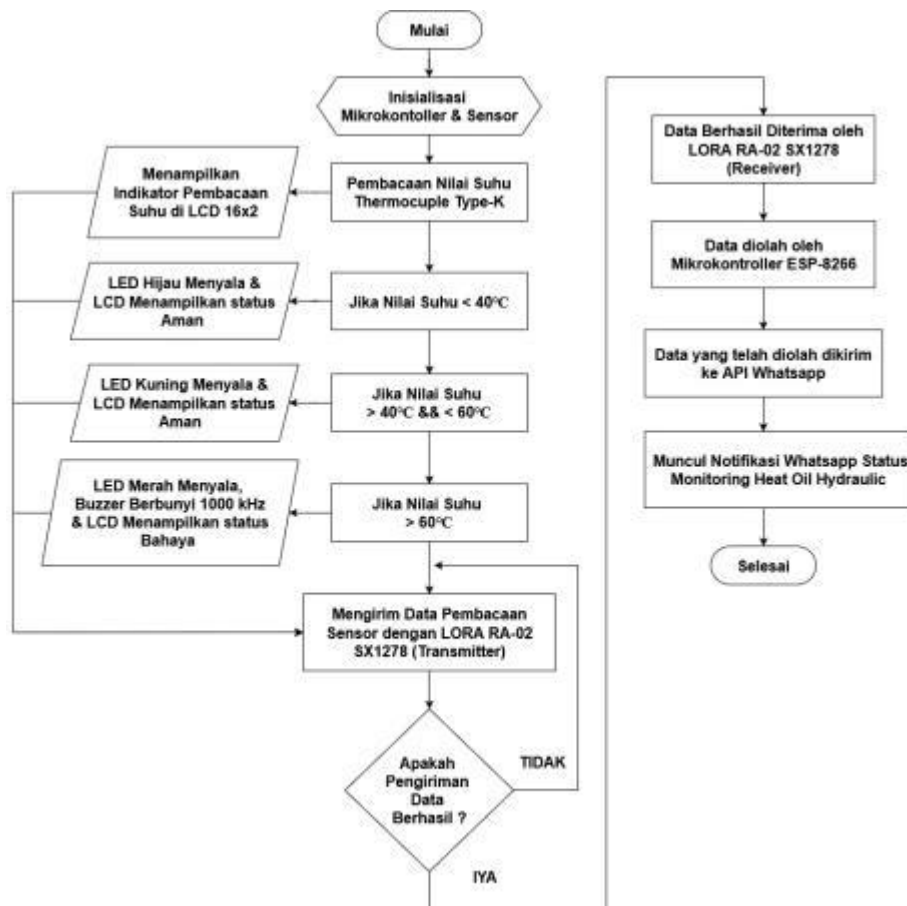
Gambar 3.4 Block Diagram *Monitoring Heat Limit Oil Hydraulic*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar di atas merupakan blok diagram sistem monitoring suhu berbasis *Arduino UNO* dan ESP8266 dengan komunikasi nirkabel menggunakan modul LoRa RA-02 SX1278. Secara umum, blok diagram ini memperlihatkan alur kerja dan keterkaitan antar komponen utama yang membentuk sistem secara keseluruhan. Sistem diawali dari sumber daya (*power supply*), yaitu UPS Module 18650 yang berfungsi memasok tegangan ke seluruh rangkaian, baik pada sisi *transmitter* (*Arduino UNO*) maupun *receiver* (*ESP8266*). Pada bagian *input* transmitter, sensor suhu MAX6675 yang terhubung dengan *thermocouple* tipe-K bertugas mendeteksi suhu pada objek yang dimonitoring. Data suhu yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh *Arduino UNO R3*, yang berperan sebagai pusat kendali.

Hasil pemrosesan data suhu oleh *Arduino* selanjutnya diteruskan ke beberapa komponen *output*, yaitu LCD 16x2 I2C untuk menampilkan nilai suhu secara langsung, *buzzer* SFM-20 dan LED sebagai indikator visual dan audio status suhu (aman, waspada, bahaya), serta modul LoRa RA-02 SX1278 yang berfungsi sebagai transmitter untuk mengirimkan data suhu secara nirkabel ke sisi

*receiver*. Pada sisi *receiver*, modul LoRa RA-02 SX1278 menerima data suhu yang telah dikirimkan dari *transmitter*, kemudian data tersebut diproses oleh ESP8266. Selanjutnya, data suhu yang diterima akan ditampilkan pada *oled display* 0.91" 128x32 agar dapat dipantau secara jarak jauh. *Receiver* juga menggunakan UPS *module* 18650 sebagai sumber daya utama, sehingga sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada sumber listrik eksternal.

### 3.8 Flowchart Cara Kerja Sistem



Gambar 3.5 Flowchart Cara Kerja Sistem

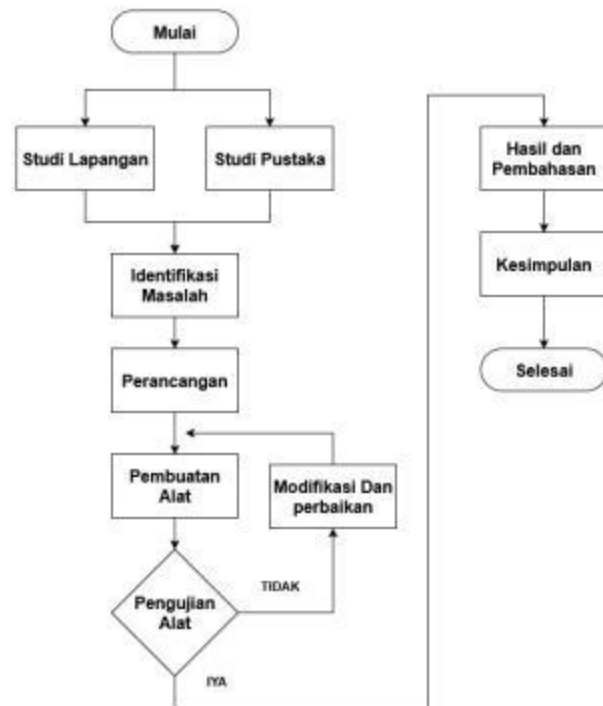
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar di atas merupakan alur proses otomatisasi monitoring suhu yang dimulai dari tahap inisialisasi hingga pengiriman notifikasi ke *WhatsApp*. Proses dimulai dengan inisialisasi mikrokontroler dan sensor, yang bertujuan memastikan seluruh perangkat siap untuk melakukan pembacaan data. Selanjutnya, sistem melakukan pembacaan nilai suhu menggunakan sensor *Thermocouple* tipe K yang terhubung ke Arduino UNO. Nilai suhu yang terbaca kemudian ditampilkan pada LCD 16x2 sebagai indikator utama, sekaligus

menentukan status sistem berdasarkan ambang batas yang telah diprogram. Jika suhu kurang dari 40°C, maka LED hijau menyala dan LCD menampilkan status "Aman". Jika suhu berada di antara 40°C hingga kurang dari 60°C, LED kuning menyala dan LCD tetap menunjukkan status waspada. Namun, apabila suhu mencapai atau melebihi 60°C, LED merah menyala, *buzzer* berbunyi 1000 kHz, dan LCD menampilkan status "Bahaya" sebagai peringatan dini kepada operator.

Setelah proses deteksi dan penampilan status pada LCD, data suhu akan dikirimkan melalui modul LoRa RA-02 SX1278 ke sisi *receiver*. Sistem kemudian memeriksa keberhasilan pengiriman data. Jika pengiriman tidak berhasil, maka proses pengiriman diulang hingga berhasil. Jika data berhasil diterima oleh *receiver* LoRa pada ESP8266, data tersebut akan diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler ESP8266. Tahap akhir dari proses ini adalah pengiriman notifikasi otomatis ke aplikasi *whatsApp* dan Telegram yang berisi status nilai suhu terkini sebagai peringatan atau informasi kepada pengguna. Dengan demikian, *flowchart* ini memastikan bahwa proses monitoring suhu dilakukan secara otomatis, responsif, dan dapat memberikan notifikasi jarak jauh secara *real-time*, sehingga meningkatkan keamanan dan keandalan sistem hidrolis yang dimonitoring.

### 3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Dokumentasi Pribadi