

BAB IV PEMBUATAN ALAT

4.1. Perancangan perangkat keras

Pembuatan perangkat keras merupakan tahapan awal dalam proses perancangan alat press housing lampu berbasis pneumatik dengan sistem proteksi tekanan menggunakan pressure transducer transmitter dan Arduino Nano. Pada tahap ini dilakukan perakitan seluruh komponen yang mendukung kinerja alat, baik dari sisi kelistrikan maupun mekanik, yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano sebagai pusat pengendali sistem, *Pressure Transducer Transmitter* untuk memantau tekanan udara sirkuit pneumatik secara presisi, modul berat HX711 beserta *load cell* untuk mengukur gaya tekan pada *housing* lampu, serta katup solenoid pneumatik 5/2 sebagai aktuator penggerak silinder *press*. Data hasil pembacaan sensor akan diproses oleh Arduino Nano sebagai basis logika sistem proteksi keamanan, kemudian status operasional serta nilai tekanan dan berat akan ditampilkan secara *real-time* pada LCD 20x4.

4.2. Alat dan Bahan

Proses selanjutnya yaitu melakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan untuk perancangan sistem yang telah dibuat. Berikut daftar bahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Daftar Bahan

No	Nama Komponen	Jumlah Barang
1	Arduino Nano	1 buah
2	Pressure Transducer Transmitter 5V 1,2 MPa	1 buah
3	Solenoid valve 5/2	1 buah
4	PCB custom JLCPCB	1 buah
5	Besi UNP	1 buah

6	Plat baja 30 cm x 30 cm	1 buah
7	3D Print	2 buah
8	Kapasitor ELCO	5 buah
9	Kapasitor non polar (keramik)	6 buah
10	Resistor 1K ohm	1 buah
11	Power Supply MeanWell dual output 12V &5V	1 buah
12	Kabel AWG 22	5 meter
13	Kabel NYM	2 meter
14	Steker kabel	1 buah
15	Set Pin konektor PCB 3,81mm 2p	7 buah
16	<i>Spiral protector cable</i>	3 meter
17	LCD 20 x 4 + I2C	1 buah
18	Adjuster karet kaki	4 buah
19	Push button NO	1 buah
20	Push button NC	1 buah
21	Kabel female to female	12 buah
22	Selang pipa udara	3 meter
23	Slip lock fitting	7 buah
24	Nepel drat female 1/4"	2 buah

Tabel 4. 2 Daftar alat

No	Nama Alat	Jumlah Barang
1	Tang Potong	1 buah
2	Tang Krimping	1 buah

3	Obeng +	1 buah
4	Kunci ring pas	2 buah
5	Multimeter	1 buah
6	Solder	1 buah
7	timah	1 rol
8	Kompresor	1 buah

4.3. Pembuatan Perangkat Elektrik

Pembuatan perangkat elektrik merupakan tahap penting dalam proses perakitan alat press housing lampu berbasis pneumatik. Pada tahap ini dilakukan perancangan dan perakitan seluruh komponen elektronik yang berfungsi untuk membaca data sensor, mengolah logika sistem proteksi keamanan, serta mengendalikan aktuator pneumatik secara otomatis. Seluruh komponen elektrik dirangkai dalam satu sirkuit terintegrasi berbasis mikrokontroler Arduino Nano sebagai pusat pengendali utama. Adapun langkah-langkah pembuatan perangkat elektrik adalah sebagai berikut:

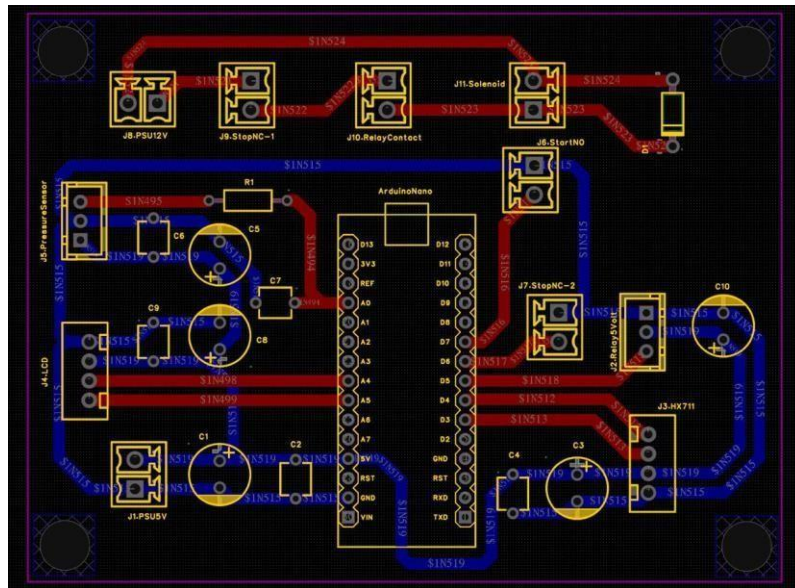
4.3.1. Perancangan Skematik Layout PCB

Langkah awal dimulai dengan membuat skematik rangkaian elektronik menggunakan perangkat lunak EasyEDA seperti pada Gambar 4.1. Dalam skematik ini, seluruh komponen seperti Arduino Nano, Pressure Transducer Transmitter, modul HX711, layar LCD 20x4, modul *relay*, serta sistem catu daya ganda (5V dan 12V) disusun secara terstruktur agar koneksi antar-komponen dapat ditentukan dengan jelas. Setelah skematik selesai, dilakukan perancangan *layout* PCB berdasarkan koneksi pada skematik tersebut. Proses ini meliputi penempatan jalur (*routing*), pengaturan ukuran papan PCB, penyesuaian sirkuit proteksi seperti dioda *flyback*

dan filter kapasitor, serta penyesuaian posisi konektor agar seluruh komponen dapat terhubung dengan baik dan mendukung pemasangan perangkat pada panel kendali mesin *press*.

Gambar 4. 1 Desain Layout PCB

Setelah perancangan *layout* PCB dinyatakan valid, berkas

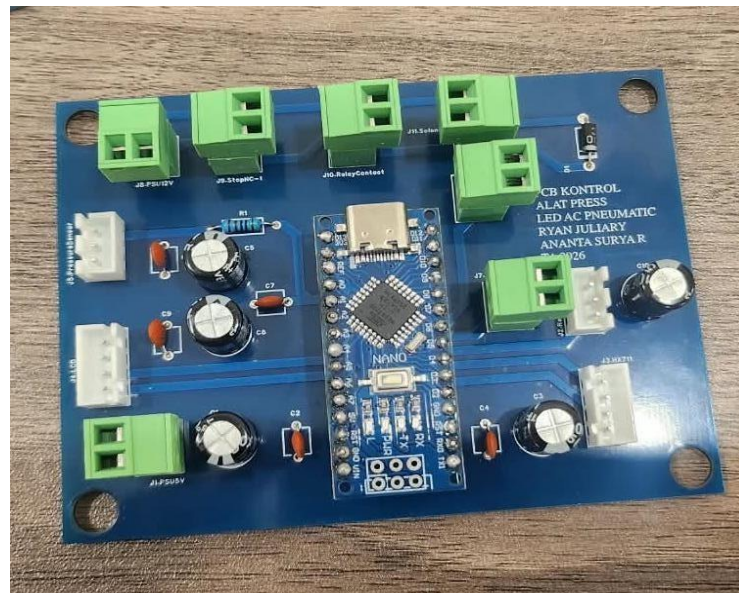


desain tersebut diekspor ke dalam format *Gerber* untuk kemudian dikirim ke pabrik JLCPCB guna melalui proses fabrikasi fisik dengan standar industri. Pilihan cetak pada fabrikasi ini menggunakan papan berbasis FR-4 dua layar (*double-layer*) dengan ketebalan tembaga standar 1 oz untuk menjamin ketahanan jalur terhadap beban arus sirkuit kontrol. Proses cetad JLCPCB juga melibatkan pengaplikasian *solder mask* untuk melindungi jalur tembaga dari oksidasi serta lapisan *silkscreen* untuk mempermudah identifikasi tata letak komponen saat perakitan. Begitu papan PCB fisik selesai difabrikasi, dilakukan pengujian kontinuitas jalur (*bare board test*) menggunakan multimeter guna memastikan tidak ada cacat produksi seperti jalur terputus (*open circuit*) atau hubungan singkat (*short circuit*) sebelum komponen elektrik disolder pada papan.

4.3.2. Penyolderan PCB

Setelah papan PCB dipastikan bebas dari cacat produksi melalui

uji kontinuitas, tahapan berikutnya adalah proses penyolderan komponen (*component soldering and assembly*). Proses ini dilakukan secara manual menggunakan timah solder berkualitas tinggi guna menjamin penetrasi yang baik serta kekuatan mekanis sambungan yang maksimal pada setiap kaki komponen. Pemasangan komponen elektrik dilakukan secara bertahap, dimulai dari komponen pasif dengan profil fisik terendah seperti resistor filter R1 dan deretan kapasitor *bypass* (C1 hingga C10) yang berfungsi menstabilkan tegangan input.



Gambar 4. 2 Hasil Solder komponen PCB

Selanjutnya, penyolderan dilakukan pada modul pengondisi sinyal dan komponen aktif, yang meliputi modul HX711, modul *relay* 5 Volt, serta komponen proteksi kritis berupa dioda *flyback* 1N4007 yang ditempatkan pada jalur output menuju katup solenoid. Khusus untuk unit mikrokontroler Arduino Nano, proses penyolderan menggunakan *female header pin* sebagaiudukan (*socket*) pada papan PCB. Penerapanudukan ini bertujuan untuk melindungi sirkuit internal Arduino dari risiko kerusakan akibat paparan panas langsung saat penyolderan, sekaligus mempermudah proses

penggantian atau pemeliharaan (*maintenance*) di kemudian hari. Langkah penyolderan diakhiri dengan pemasangan terminal blok (*screw terminal*) sebagai titik hubung kabel eksternal menuju komponen antarmuka seperti LCD 20x4, tombol kendali (*Start* dan *Stop*), serta *Pressure Transducer Transmitter*. Seluruh sisa fluks (*flux residue*) pada area pasca-penyolderan kemudian dibersihkan secara mekanis menggunakan sikat pembersih fluks khusus untuk menjaga kebersihan permukaan papan dan mencegah risiko korosi jangka panjang pada jalur tembaga.



Gambar 4. 3 Kontinuiti PCB

4.3.3. Integrasi Sistem

Beberapa komponen seperti *Pressure Transducer Transmitter*, modul HX711, katup solenoid pneumatik 5/2, tombol kendali (*Start* dan *Stop*), serta LCD 20x4 tidak langsung disolder permanen ke PCB, melainkan dipasang menggunakan konektor berupa terminal blok (*screw terminal*) dan kabel konektor khusus. Penerapan sistem interkoneksi ini bertujuan agar posisi komponen eksternal lebih fleksibel saat diintegrasikan pada boks panel kendali mesin *press*, sekaligus memudahkan proses perawatan (*maintenance*) serta penggantian komponen apabila sewaktu-waktu diperlukan. Penggunaan konektor ini juga membantu proses perakitan kabel di dalam panel hubung kabel eksternal menuju komponen antarmuka

seperti LCD 20x4, tombol kendali (*Start* dan *Stop*), serta *Pressure Transducer Transmitter*. Seluruh sisa fluks (*flux residue*) pada area pasca-penyolderan kemudian dibersihkan secara mekanis menggunakan sikat pembersih fluks khusus untuk menjaga.



Gambar 4. 4 Box Panel

4.4. Pembuatan Perangkat Mekanik

Perangkat mekanik pada sistem mesin press housing lampu dirancang untuk mendukung kekuatan struktur, penempatan komponen, serta perlindungan seluruh unit elektronik agar dapat beroperasi dengan aman dan stabil pada lingkungan kerja industri. Seluruh bagian mekanik meliputi rangka utama (*frame*) mesin *press*,udukan silinder pneumatik, landasan pemosisian *housing* lampu (*jig/fixture*), tempat pemasangan papan PCB kontrol, wadah pelindung panel elektrikal, serta penempatan katup solenoid dan unit *power supply* dirancang kokoh menggunakan material logam terpilih guna meredam getaran mekanis serta menahan gaya tekan balik saat proses pengempaan berlangsung. Adapun langkah-langkah pembuatan perangkat mekanik ini adalah sebagai berikut:

4.4.1. Perancangan Box Panel

Perancangan boks panel kendali (*enclosure panel design*) yang berfungsi sebagai wadah pelindung utama bagi seluruh sirkuit

elektronik dan sistem distribusi daya. Perancangan dimensi boks panel dihitung secara cermat berdasarkan akumulasi volume fisik komponen di dalamnya, seperti *power supply* Mean Well, papan PCB utama, dan terminal blok, dengan menyisakan ruang sirkulasi udara yang cukup guna mencegah akumulasi panas (*overheating*). Papan PCB kontrol dan unit *power supply* dipasang pada pelat dasar interior panel menggunakan penyangga isolator (*spacer*) logam berulir untuk mencegah terjadinya hubung singkat (*short circuit*) dengan dinding boks.

Selanjutnya, dilakukan proses pelubangan dan pemotongan (*cutting*) secara presisi pada bagian pintu atau penutup luar boks panel untuk menempatkan komponen antarmuka pengguna (*user interface*). Komponen tersebut meliputi layar LCD 20x4 yang dipasang sejajar dengan arah pandang mata operator untuk kemudahan monitoring, serta tombol Start dan Stop/Emergency Schneider Electric yang diletakkan pada posisi ergonomis agar mudah dijangkau saat terjadi kondisi darurat. Seluruh jalur masuk dan keluar kabel eksternal, baik yang menuju ke Wisner Pressure Transducer Transmitter maupun ke katup solenoid pneumatik 5/2, dilengkapi dengan *cable gland* karet untuk mengunci posisi kabel sekaligus mencegah masuknya debu atau kotoran ke dalam ruang sirkuit elektronik.

4.4.2. Perancangan rangka

Tahapan selanjutnya berfokus pada perancangan struktur rangka utama (*frame structure design*) yang bertindak sebagai fondasi pemikul beban mekanis sekaligus penentu kekuatan utama alat *press*. Konstruksi rangka ini dibuat sangat kokoh dan rigid dengan tujuan menoleransi gaya tekan vertikal (hukum aksi-reaksi) yang dihasilkan oleh silinder pneumatik sewaktu melakukan penekanan pada komponen *housing* lampu. Dimensi tinggi dan lebar struktur rangka dikalkulasikan secara cermat berpatokan pada

ukuran geometris maksimal dari *housing* lampu yang menjadi objek pengerjaan, dengan tetap menyelaraskan aspek ergonomi demi kenyamanan operasional kerja.

Pada bagian atas struktur rangka, diintegrasikan sebuahudukan khusus dari pelat logam tebal sebagai titik tumpu silinder pneumatik agar posisinya terpasang secara tegak lurus secara vertikal. Pengondisian ini sangat penting untuk memastikan penyaluran gaya tekan terdistribusi merata tepat pada sumbu tengah objek guna menghindari deviasi sudut (*misalignment*). Di sisi lain, bagian dasar rangka dilengkapi dengan landasan penahan (*jig/fixture*) yang dirancang khusus mengikuti bentuk permukaan dari *housing* lampu. Keberadaan landasan ini berfungsi sebagai pengunci posisi benda kerja agar tetap diam secara presisi, sehingga tidak terjadi pergeseran ataupun cacat fisik struktural akibat tekanan udara kuat dari silinder.

4.5. Pemrograman Alat

Program sistem press pneumatic diawali dengan pemanggilan library yang digunakan untuk mengoperasikan perangkat keras. Library `Arduino.h` digunakan untuk fungsi dasar Arduino, `Wire.h` digunakan untuk komunikasi I2C, `LiquidCrystal_I2C.h` digunakan untuk mengendalikan LCD 20×4, sedangkan `HX711.h` digunakan untuk membaca data dari load cell melalui modul HX711.

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "HX711.h"
```

Setelah library dipanggil, program menentukan pin yang digunakan oleh masing-masing perangkat. Pin D5 digunakan untuk mengendalikan relay, pin D6 digunakan sebagai masukan tombol STOP, pin D7 digunakan sebagai masukan tombol START, pin D3 dan D4 digunakan untuk komunikasi dengan

modul HX711, sedangkan pin A0 digunakan untuk membaca keluaran analog dari sensor tekanan udara.

```
#define RELAY_PIN      5
#define STOP_NC_PIN    6
#define START_NO_PIN   7
#define PRESSURE_PIN   A0
```

Relay pada sistem menggunakan konfigurasi aktif LOW. Oleh karena itu, kondisi `LOW` digunakan untuk mengaktifkan relay, sedangkan kondisi `HIGH` digunakan untuk menonaktifkan relay.

```
#define RELAY_ON        LOW
#define RELAY_OFF       HIGH
```

Sensor tekanan udara yang digunakan pada sistem menghasilkan sinyal analog berupa tegangan. Sinyal tersebut dihubungkan ke pin A0 Arduino. Program menggunakan tegangan referensi ADC sebesar 5 V dengan karakteristik sensor 0,5 V sebagai tegangan minimum dan 4,5 V sebagai tegangan maksimum. Pada konfigurasi tersebut, rentang 0,5–4,5 V merepresentasikan tekanan 0–12 bar.

```
const float ADC_REF_VOLTAGE = 5.0;
const float PRESSURE_V_MIN = 0.5;
const float PRESSURE_V_MAX = 4.5;
const float PRESSURE_MAX_BAR = 12.0;
```

Program juga menentukan batas validitas sinyal sensor. Sinyal dengan tegangan 0,4–4,6 V dianggap masih berada dalam kondisi valid. Batas ini dibuat sedikit lebih luas dibandingkan rentang kerja utama sensor, yaitu 0,5–4,5 V.

```
const float SIGNAL_MIN_V = 0.4;
const float SIGNAL_MAX_V = 4.6;
```

Variabel yang digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan sensor terdiri atas tegangan sensor, tekanan dalam satuan bar, tekanan dalam satuan MPa, dan status validitas sinyal.

```
float teganganPressure = 0.0;
float pressureBar = 0.0;
float pressureMPa = 0.0;
bool sinyalPressureValid = false;
```

Proses pembacaan sensor tekanan dilakukan pada fungsi `bacaPressure()`. Pada tahap awal, program melakukan pembacaan ADC sebanyak 10 kali. Setiap hasil pembacaan ditambahkan ke variabel `totalADC`. Pengambilan beberapa sampel tersebut bertujuan untuk memperoleh nilai rata-rata sehingga pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan pengaruh noise dapat dikurangi.

```
void bacaPressure() {
    unsigned long totalADC = 0;

    for (byte i = 0; i < 10; i++) {
        totalADC += analogRead(PRESSURE_PIN);
        bacaTombol();
    }
}
```

Setelah sepuluh sampel diperoleh, program menghitung nilai rata-rata ADC dengan membagi total pembacaan dengan jumlah sampel. Nilai rata-rata tersebut kemudian digunakan untuk proses konversi menjadi tegangan.

```
float adcRata = totalADC / 10.0;

teganganPressure =
    adcRata * ADC_REF_VOLTAGE / 1023.0;
```

Setelah nilai tegangan diperoleh, program melakukan pemeriksaan terhadap validitas sinyal sensor. Pemeriksaan dilakukan dengan membandingkan tegangan hasil pembacaan terhadap batas minimum 0,4 V dan maksimum 4,6.

```
sinyalPressureValid =
    teganganPressure >= SIGNAL_MIN_V &&
    teganganPressure <= SIGNAL_MAX_V;
```

Apabila tegangan sensor berada pada rentang 0,4–4,6 V, variabel `sinyalPressureValid` akan bernilai `true`. Sebaliknya, apabila tegangan berada di luar rentang tersebut, variabel akan bernilai `false`. Status tersebut

selanjutnya digunakan oleh program untuk menentukan apakah data tekanan dapat ditampilkan sebagai data yang valid.

Selanjutnya, tegangan sensor dikonversikan menjadi tekanan dalam satuan bar. Program menggunakan karakteristik sensor sebesar 0,5 V untuk 0 bar dan 4,5 V untuk 12 bar. Persamaan yang digunakan dalam program adalah sebagai berikut

```
pressureBar = (teganganPressure - PRESSURE_V_MIN) *  
    PRESSURE_MAX_BAR /  
    (PRESSURE_V_MAX - PRESSURE_V_MIN);
```

Program juga memberikan pembatasan agar hasil perhitungan tekanan tidak menghasilkan nilai negatif. Hal tersebut dilakukan dengan program berikut.

```
if (pressureBar < 0.0) {  
    pressureBar = 0.0;  
}
```

Apabila hasil perhitungan tekanan bernilai negatif akibat tegangan sensor berada di bawah 0,5 V, program akan mengubah nilai tersebut menjadi 0 bar. Setelah nilai tekanan diperoleh dalam satuan bar, program melakukan konversi ke satuan MPa. Konversi dilakukan dengan membagi nilai tekanan dalam bar dengan 10 karena 1 MPa setara dengan 10 bar.

```
pressureMPa = pressureBar / 10.0;
```

Fungsi `BacaPressure()` tidak dijalankan terus-menerus tanpa pengaturan waktu, tetapi dipanggil secara berkala menggunakan fungsi `millis()`. Interval pembacaan sensor ditentukan sebesar 20 ms.

```
const unsigned long intervalPressure = 20;
```

waktu antara pembacaan sebelumnya dan waktu saat ini telah mencapai 20 ms.

```
if (millis() - waktuPressure >= intervalPressure) {
```