

Rancang Bangun Sistem Kontrol Elektro Pneumatik Pada Alat Bantu Pemotong *Green stick tube*

Syifa Amalia Azzahra Putri Wardoyo¹⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
syifaara59@gmail.com

Henry Prasetyo²⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
henry@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

Proses pemotongan *green stick tube* di perusahaan saat ini masih dilakukan secara manual oleh operator menggunakan gunting karena mesin *extruder* tidak mampu memotong ukuran di bawah 1.000 mm. Akibatnya, ukuran 6.00-9 dan 6.50-10 harus dipotong Manual sebelum proses penyambungan. *Green stick tube* yang keluar dari *extruder* sering kali melebihi toleransi pemotongan mesin *splicing* sebesar 20 mm. Berdasarkan data, ukuran 6.00-9 dan 6.50-10 dengan panjang 1010 mm perlu dipotong menjadi 840 mm dan 910 mm. Rata-rata waktu pemotongan per *shift* adalah 164,6 detik, dipengaruhi oleh waktu yang dibutuhkan operator untuk mencari gunting dan kurangnya alat bantu pemotong yang efisien. Masalah utama dalam pemotongan ini disebabkan oleh tiga faktor: *Machine*, material, dan *Man*. Mesin *extruder* tidak mampu memotong ukuran *green stick tube* yang lebih kecil dari 1.000 mm. Material *green stick tube* dengan ukuran 6.00-9 dan 6.50-10 harus dipotong karena panjangnya melebihi kebutuhan. Sementara itu, ketidakconsistenan operator saat memotong terjadi karena tidak ada alat atau panduan yang memadai. Untuk mengatasi masalah ini, dirancang alat bantu pemotong *green stick tube* menggunakan sistem *heater* dan pneumatik. Dengan adanya alat ini, proses pemotongan diharapkan dapat membantu proses pemotongan *green stick tube*. Perancangan alat ini bertujuan untuk mengatasi ketidakmampuan mesin *extruder* dalam memotong ukuran kecil, mengurangi waktu tambahan yang tidak diperlukan. Alat bantu ini akan mempermudah operator dalam proses pemotongan, mengurangi variasi waktu pemotongan, dan memperbaiki alur kerja di *section splicing*, sehingga *green stick tube* dapat langsung diproses tanpa hambatan tambahan.

Kata Kunci : *Pemotongan Manual, Green stick tube, Mesin Extruder, Sistem Pneumatik*

ABSTRACT

The current process for cutting green stick tubes at the company is still done manually by operators using scissors because the extruder machine cannot cut sizes below 1,000 mm. As a result, sizes 6.00-9 and 6.50-10 must be cut manually before the splicing process. The green stick tubes coming out of the extruder often exceed the splicing machine's cutting tolerance of 20 mm. According to the data, sizes 6.00-9 and 6.50-10 with a length of 1010 mm need to be cut to 840 mm and 910 mm, respectively. The average cutting time per shift is 164.6 seconds, influenced by the time operators take to find scissors and the lack of efficient cutting tools. The main issues in this cutting process are caused by three factors: Machine, Material, and Man. The extruder machine cannot cut green stick tubes smaller than 1,000 mm. The green stick tube material of sizes 6.00-9 and 6.50-10 needs to be cut because their length exceeds the requirement. Additionally, inconsistencies among operators when cutting occur due to the lack of proper tools or guides. To address these issues, a cutting aid tool using a heater and pneumatic system is designed. This tool is expected to facilitate the cutting process of green stick tubes. The design of this tool aims to overcome the extruder machine's inability to cut smaller sizes, reduce unnecessary additional time, ease the cutting process for operators, decrease the variation in cutting time, and improve the workflow in the splicing section, so the green stick tubes can be processed directly without additional hindrances.

Keywords: Manual Cutting, Green Stick Tube, Extruder Machine, Pneumatic System

I. PENDAHULUAN

PT. GJT adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri Manufaktur pembuatan ban (*tire*). Perusahaan ini menghasilkan beberapa produk, yaitu *Motorcycle tire*, *Passenger Car Radial (PCR)*, *Truck Bus Radial (TBR)*, *Bias tire*, dan *Automobile Tube*. Produk-produk tersebut diproduksi di berbagai *plant* pada PT. GJT, salah satunya *Plant C*.

Plant C merupakan *plant* yang memproduksi *Automobile Tube* dan *Bladder*. Ban dalam digunakan untuk *bias tire* dan *radial tire*. Selain itu, *Plant C* juga memproduksi *bladder* untuk keperluan produksi yang menyuplai semua *plant* yang berada di PT GJT. Proses produksi di *Plant C* terbagi menjadi beberapa *section*, yaitu *Section Banbury Mixing*, *Section Extruding*, *Section Splicing*, *Section Curing*, *Section Bladder*, dan *Section Turn Up Bladder*.

Section Splicing adalah proses penyambungan pada *green stick tube*. *Green stick tube* ini awalnya berupa compound yang diproses melalui mesin open mill, kemudian digiling oleh mesin *extruder* dan keluar melalui die sesuai spesifikasi yang diproduksi. Setelah itu, *green stick tube* melewati cooling tank untuk didinginkan, lalu diberi marking dan dipotong sesuai panjang yang ditentukan dalam spesifikasi. *Green stick tube* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Green stick tube*

Setelah melalui proses pemotongan pada mesin *extruder*, *green stick tube* akan diletakkan di *pantruck* kemudian disimpan di ruang *booking*. *Green stick* di ruang *booking* akan diambil oleh operator untuk dilakukan proses penyambungan *head* dan *tile* di *section splicing*. Pemotong *green stick tube* ini dilakukan manual menggunakan gunting oleh operator. Hal ini disebabkan karena adanya *oversize green stick tube* keluaran *extruder* yang melebihi toleransi pemotongan sambungan mesin *splicing* yaitu 20 mm.

Tabel 1. Data *Size Green stick tube CXE*

No.	Size	Extruding		Splicing		Selisih Before -After (mm)
		Length (mm)	Weight (kg)	Before (mm)	After (mm)	
1	7.50-15	1370	17.430	1370	1350	20
2	7.50-16	1396	18.410	1396	1376	20
3	6.00-9	1010	0.7200	1010	840	170
4	5.00-12	1070	0.7150	1070	1050	20
5	7.00-12	1130	11.550	1130	1110	20
6	6.50-10	1010	0.9439	1010	910	100
7	13.00-24	2190	64.100	2190	2170	20
8	7.00-12	1130	11.150	1130	1110	20
9	6.00/6.50	1240	10.450	1240	1220	20
10	28 X 9-15	1280	12.950	1280	1260	20

Berdasarkan tabel 1, terdapat dua *size* yang melampaui toleransi sambungan pemotongan yaitu *size 6.00-9* dan *size 6.50-10* dengan panjang 1010 mm. Sementara itu, kebutuhan pembuatan *green tube* untuk *size 6.00-9* adalah 840 mm dan *size 6.5010* adalah 910 mm.

Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan mesin *extruder* untuk memotong *size green stick tube* berukuran kurang dari 1.000 mm. Sehingga menyebabkan operator *splicing* harus melakukan pemotongan manual terhadap *green stick tube* yang mengalami *oversize* ini sebelum proses penyambungan. Secara terperinci, berikut adalah langkah-langkah proses pemotongan *green stick tube* secara manual:

1. Operator mengambil *green stick tube* dari ruang *booking* ke mesin CXS 3.
2. Operator menurunkan *green stick tube* dari *pantruck* ke meja yang tersedia.
3. *Green stick tube* kemudian ditata sebanyak 5 tumpuk untuk dipotong.
4. *Green stick tube* yang akan dipotong diletakkan pada mal meja untuk memastikan ukurannya sesuai.
5. Operator memotong *green stick tube* satu persatu menggunakan gunting dengan hati-hati.
6. Setelah semua selesai dipotong, *green stick tube* disambung antara *head* dan *tile* untuk menghasilkan *green tube* pada mesin *splicing*.

Sesuai dengan langkah-langkah tersebut terdapat masalah pada proses pemotongan *green stick tube* yang masih *Manual* seperti pada gambar 4.



Gambar 2. Diagram *Fishbone*

Berdasarkan gambar 2. terdapat faktor terjadinya akar permasalahan dari pemotongan *green stick tube* yang dibawah 1.000 mm masih manual sebagai berikut :

- *Machine*
Pemotongan *green stick tube* masih menggunakan gunting karena belum tersedia alat bantu yang mempermudah proses tersebut.
- *Material*
Terdapat *size* yang dibawah 1.000 mm yaitu pada *size* 6.00-9 dengan panjang 900 mm dan *size* 9.50-10 dengan panjang 840 mm.
- *Man*
Terjadinya tidak konsisten operator saat memotong karena belum ada alat atau acuan yang dapat digunakan sebagai panduan pemotongan.

Berdasarkan kondisi tersebut dirancanglah alat bantu pemotong *green stick tube* menggunakan *heater* dan pneumatik. Dengan adanya alat ini diharapkan mampu untuk mempercepat dan mempermudah proses pemotongan.

Berikut merupakan kajian pustaka yang digunakan pada penelitian:

Table 1. Kajian Sebelumnya

Sumber	Hasil Kajian
[1]	Penelitian membuat robot pemadam api otomatis yang mampu memadamkan api menggunakan sistem pneumatik.
[2]	Penelitian ini bertujuan mengubah IB (<i>Intelligent Blade</i>) knife <i>heater</i> dengan silinder <i>heater</i> dan sistem pemantauan serta pengendalian. Sistem kontrol menggunakan termokontroler dengan sinyal masukan dari <i>thermocouple</i> .

Tabel 1. Lanjutan

Sumber	Hasil Kajian
[3]	Monitoring besaran listrik dan suhu ini menggunakan E5CC sebagai <i>temperature control</i> Omron sebagai komponen <i>Slave</i> dan PLC Omron CPH.

Ban dalam yang belum mengalami proses *curing* di mesin *curing*, yang dikenal sebagai *greenstick*, adalah produk pada tahap pembentukan awal. *Green stick* ini merupakan produk yang masih dalam bentuk mentah dan belum melalui tahap *curing*. Sistem Elektro Pneumatik

Dalam penelitian ini silinder digunakan untuk memotong *green stick tube*, sehingga beban yang ditanggung oleh silinder adalah gaya yang diperlukan untuk memotong benda tersebut.

Berikut ini adalah perhitungan sistem elektro pneumatik:

Perhitungan beban [1]:

$$F = A \times \tau \dots \dots \dots (1)$$

Perhitungan gesekan silinder (Syawalludin et al., 2023):

$$R = 5\% \times F \dots \dots \dots (2)$$

Perhitungan perencanaan diameter silinder pneumatik [2]:

$$F = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times P \right) - R \dots \dots \dots (3)$$

Perhitungan gaya *outstroke* silinder [2]:

$$F_{out} = A_1 \times P \dots \dots \dots (4)$$

Luas penampang silinder tanpa batang torak [2]:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots \dots \dots (5)$$

Perhitungan gaya *instroke* silinder [2]:

$$F_{in} = A_2 \times P \dots \dots \dots (6)$$

Luas penampang silinder tanpa batang torak [2]:

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \dots \dots \dots (7)$$

Pemanas, atau yang sering disebut sebagai *heater*, merupakan perangkat pemanas yang menggunakan arus listrik sebagai sumber daya untuk menghasilkan panas. Umumnya, jenis arus listrik yang digunakan adalah arus bolak-balik (AC), karena daya yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu pada pemanas ini cukup besar. Karena kebutuhan daya, penggunaan listrik juga akan meningkat, yang pada gilirannya menyebabkan konsumsi energi dan biaya yang dikeluarkan cukup besar.

Berikut ini merupakan perhitungan untuk menentukan daya pada *heater*: Perhitungan kebutuhan daya *heater* terhadap volume besi [3]:

$$P_{Total} = P_1 + P_2 \dots \dots \dots (8)$$

Perhitungan efektivitas waktu terhadap energi yang diperlukan untuk *heater*, digunakan rumus perhitungan kalor [3]:

$$Q = m \times c \times \Delta t \dots \dots \dots (9)$$

Perhitungan daya yang diperlukan [4]:

$$P = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (10)$$

Solenoid valve, yang juga dikenal sebagai katup *solenoid*, ialah perangkat katup yang dikendalikan oleh arus listrik, baik itu arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC), melalui kumparan atau solenoida. Fungsi utama dari *solenoid valve* ini adalah sebagai elemen pengendali yang umumnya digunakan dalam sistem fluida. [5]

Push Button switch atau saklar tombol tekan ialah perangkat sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). [6]

Kontaktor adalah salah satu peralatan listrik yang penting dalam berbagai aplikasi industri dan komersial. Kontaktor ini digunakan untuk mengendalikan dan melindungi motor listrik dari kerusakan akibat beban berlebih atau gangguan listrik lainnya. Fungsinya meliputi penghubungan dan pemutusan arus listrik secara otomatis saat ada perubahan kondisi operasional. [7]

E5CC adalah salah satu jenis *temperature controller* keluaran dari Omron. *Temperature controller* ini dirancang untuk mengatur dan memantau suhu secara akurat dalam berbagai aplikasi industri. [7]

Limit switch adalah saklar yang memiliki katup sebagai pengganti tombol. Cara kerjanya mirip dengan saklar *push button ON*, yakni terhubung saat katup ditekan pada batas tertentu dan memutuskan saat katup dilepaskan. [8]

Thermocouple ialah transduser suhu aktif yang terdiri dari dua logam berbeda. Titik pengukuran suhu terdapat pada pertemuan kedua logam tersebut, sementara titik lain berfungsi sebagai *output*. [9]

Relay adalah saklar yang diaktifkan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* dengan dua bagian utama, yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Prinsip kerja *Relay* menggunakan elektromagnet untuk menggerakkan kontak saklar sehingga arus listrik kecil (*low power*) dapat mengendalikan arus bertegangan tinggi. [10]

Selector switch adalah komponen listrik yang digunakan untuk memilih atau mengatur mode pada panel listrik. Komponen ini memiliki kontak berupa NO (*Normally Open*) atau NC (*Normally Closed*). Cara kerja *Selector switch* adalah dengan memutarinya, sehingga terminal akan terhubung dengan salah satu terminal yang aktif. [11]

MCB atau *Miniature Circuit Breaker* adalah bagian penting dalam sistem kelistrikan yang berperan dalam melindungi peralatan dan instalasi

dari kerusakan akibat hubung singkat serta mengontrol lonjakan arus karena beban yang tidak terduga. Ketika terjadi gangguan seperti hubung singkat atau beban berlebihan, MCB akan secara otomatis memutus aliran listrik untuk menghindari kerusakan lebih lanjut dan mengurangi risiko kebakaran. [12]

Untuk menentukan nilai arus MCB yang digunakan, perlu diketahui nilai arus yang ada pada sistem. Nilai arus pada sistem dapat diperoleh [13]:

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (19)$$

Dengan nilai arus nominal tersebut, nilai arus MCB dapat ditentukan dengan persamaan [13]:

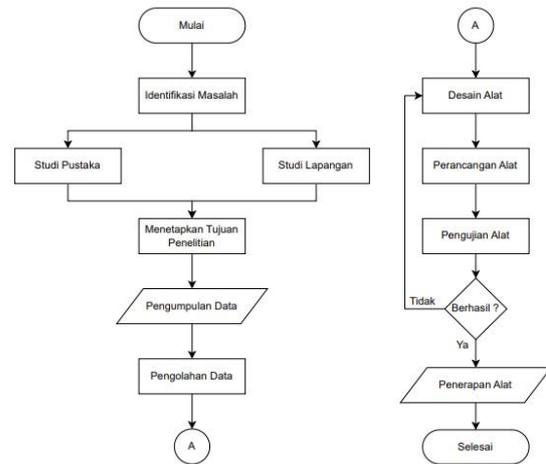
$$\text{Nilai arus MCB} = I \times 120\% \dots \dots \dots (20)$$

Timer adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk menunda waktu. *Timer* beroperasi sesuai dengan rentang waktu yang diatur pada awalnya. *Timer* mengubah kondisi kontak *Relay* untuk memutuskan atau menyalakan rangkaian kendali. Fungsinya adalah untuk mengendalikan tenaga listrik secara otomatis. [14]

II. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Penelitian ini diikuti oleh serangkaian langkah yang menjelaskan proses penelitian. Detail dari langkah-langkah penelitian tersebut dapat dilihat dalam gambar 3.

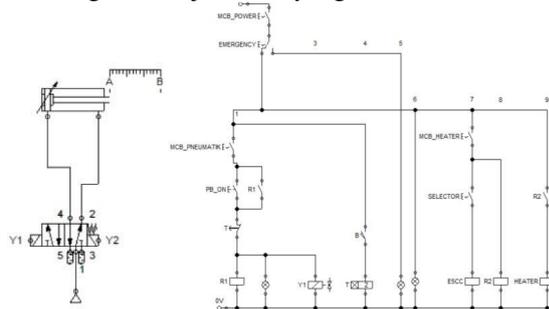


Gambar 3. Alur Penelitian

B. Perakitan *Wiring* Elektro Pneumatik Alat Pemotong *Green Stick Tube*

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat sesuai dengan desain yang telah dibuat. Mulai dari merancang alat bantu pemotong *green stick tube* dengan penggerak menggunakan silinder pneumatik *double acting* yang terhubung dengan *heater* pada pisau pemotong. Gambar 4. menampilkan diagram blok dari rancangan alat bantu pemotong *green stick tube* yang

mengintegrasikan *heater*; memberikan gambaran tentang cara kerja sistem yang akan dibuat.



Gambar 4. Desain Sistem Kontrol Elektro Pneumatik

No	Alat Dan Bahan	Jumlah
1	Silinder Pnematik <i>Double Acting</i>	1 pcs
2	Kotak Panel	1 pcs
3	MCB 25 A	1 pcs
4	MCB 20 A	1 pcs
5	MCB 4 A	1 pcs
6	<i>Emergency Switch</i>	1 pcs
7	<i>Push button</i>	1 pcs
8	<i>Selector</i>	1 pcs
9	Elemen Plat Pemanas (<i>Heater</i>)	4 pcs
10	<i>Solenoid Valve 5/2</i>	1 pcs
11	Selang Pnematik	3 m
12	Kabel NYAF 6 mm	3 m
13	Kabel NYAF 0,75 mm	3 m
14	E5CC	1 pcs
15	<i>Thermocouple</i>	1 pcs
16	Kontaktor	1 pcs
17	Skun Y	20 pcs
18	<i>Terminal Block</i>	10 pcs
19	<i>Relay MY4N-GS</i>	1 pcs
20	<i>Relay Omron 200/(220) V AC</i>	1 pcs
21	<i>Pilot Lamp Bohlam</i>	3 pcs
22	<i>Timer</i>	1 pcs

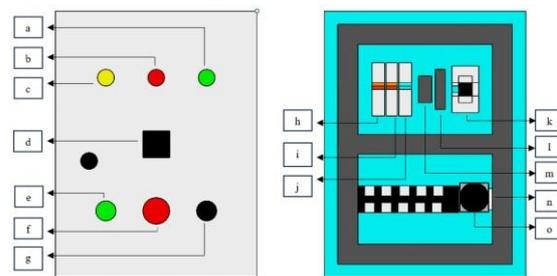
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Panel

Panel adalah alat yang berfungsi untuk membagi, menghubungkan, dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat atau sumber listrik ke komponen listrik lainnya.

Komponen-komponen elektrik yang digunakan pada penelitian ini disusun dalam sebuah kotak panel berukuran $300 \times 80 \times 400 \text{ mm}$. Tata letak antar komponen harus memperhatikan jarak untuk menghindari arus hubung singkat pada

rangkaian. Tata letak komponen elektrik dapat dilihat pada gambar 3.



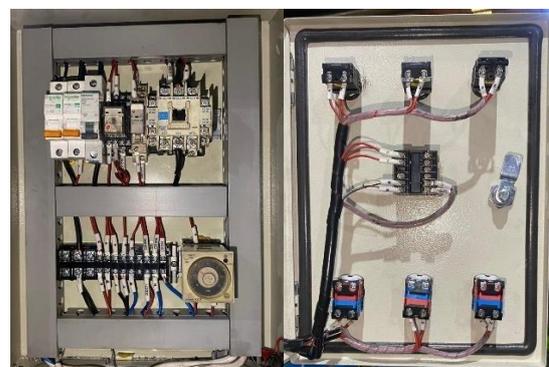
Gambar 5. Profil Panel

Keterangan gambar :

- Pilot Lamp Hijau (Pisau Outstroke)*
- Pilot Lamp Merah (Emergency)*
- Pilot Lamp Kuning (Sumber)*
- E5CC
- Push Button*
- Emergency*
- Selector*
- MCB 25 A
- MCB 4 A
- MCB 20 A
- Kontaktor
- Relay Omron 200/(220) V AC*
- Relay MY4N-GS*
- Terminal Hubung*
- Timer Omron H3CR*



Gambar 6. Panel Kontrol Bagian Luar



Gambar 7. Panel Kontrol Bagian Dalam

Perhitungan nilai arus MCB sangat penting karena spesifikasinya harus sesuai dengan besar arus pada sistem. Jika spesifikasinya tidak sesuai, MCB bisa terlalu cepat memutuskan arus atau tidak cukup cepat melindungi sistem, yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya pada peralatan dan keselamatan pengguna. Untuk menentukan nilai arus yang digunakan pada MCB, diperlukan pengukuran arus pada sistem. Dalam penelitian ini terdapat dua komponen yang akan berfungsi sebagai beban, yaitu *solenoid valve* dan *heater*. Pertamata, nilai *solenoid valve* dihitung berdasarkan tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *Solenoid Valve*

Parameter	Nilai
<i>Rated voltage</i>	AC 110/220 V
<i>Apparent power (P)</i>	37 VA

Sumber listrik (*V*) yang digunakan adalah 220 Volt, berdasarkan tabel 2. maka nilai arus dapat dihitung dengan persamaan (19):

$$P = V \times I$$

$$37 \text{ VA} = 220 \text{ V} \times I$$

$$I = 0,168 \text{ A}$$

Nilai arus MCB dihitung dengan persamaan (20):

$$\text{Nilai Arus MCB} = I \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 0,168 \text{ A} \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 0,2 \text{ A}$$

Berdasarkan tabel 2. nilai arus yang mendekati 0,2 A untuk MCB adalah sebesar 2 A. Mengingat ketersediaan komponen yang ada di *section splicing*, diputuskan untuk menggunakan MCB dengan nilai 4 A.

Setelah menghitung nilai arus MCB untuk solenoid, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai arus MCB pada *heater*. Terdapat empat buah *heater* dengan masing-masing daya sebesar 350 watt. Nilai tersebut tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi *Heater*

Parameter	Nilai
<i>Rated voltage</i>	AC 110/220 V
<i>Apparent power (P)</i>	4 x 350 VA

Sumber listrik (*V*) yang digunakan adalah 220 Volt, berdasarkan tabel 3. maka nilai arus dapat dihitung dengan persamaan (19):

$$P = V \times I$$

$$1.400 \text{ VA} = 220 \text{ V} \times I$$

$$I = 6,36 \text{ A}$$

Nilai arus dihitung dengan persamaan (20):

$$\text{Nilai Arus MCB} = I \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 6,36 \text{ A} \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 7,632 \text{ A}$$

Mengacu pada tabel 3. nilai arus pada MCB yang mendekati 7,632 A adalah 8 A. Mengingat ketersediaan komponen yang ada di *section splicing*, diputuskan untuk menggunakan MCB dengan nilai 20 A.

Setelah menghitung MCB untuk penggunaan pneumatik dan *heater*, langkah berikutnya adalah menghitung nilai arus untuk MCB sumber. Untuk menghitung daya pada MCB sumber, diperlukan data dari pneumatik yang menggunakan daya sebesar 37 watt dan *heater* yang menggunakan daya sebesar 1.400 watt. Informasi ini tercantum dalam tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Sumber

Parameter	Nilai
<i>Rated voltage</i>	AC 110/220 V
<i>Apparent power (P)</i>	37 + 1.400 VA

Sumber listrik (*V*) yang digunakan adalah 220 Volt, berdasarkan tabel 4. maka nilai arus dapat dihitung dengan persamaan (19):

$$P = V \times I$$

$$1.437 \text{ VA} = 220 \text{ V} \times I$$

$$I = 6,53 \text{ A}$$

Nilai arus persamaan (20) :

$$\text{Nilai Arus MCB} = I \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 6,53 \text{ A} \times 120\%$$

$$\text{Nilai Arus MCB} = 7,83 \text{ A}$$

Mengacu pada tabel 4. nilai arus pada MCB yang mendekati 7,632 A adalah 8 A. Mengingat ketersediaan komponen yang ada di *section splicing*, diputuskan untuk menggunakan MCB dengan nilai 25 A.

B. Sistem Kontrol Elektro Pneumatik

Pada tahap ini, dilakukan analisis dan perhitungan mulai dari penggunaan *actuator* dengan silinder *double acting* hingga sistem yang dikendalikan menggunakan *push button*. Selain itu, juga dilakukan analisis terhadap rangkaian kontrol utama dan cara kerja sistem pada alat pemotong *green stick tube*.

C. Menentukan Diameter Silinder

Untuk menentukan ukuran diameter minimal silinder yang digunakan, perlu dihitung terlebih dahulu beban yang diterima oleh silinder pneumatik.

D. Perhitungan Beban

Green stick tube dengan ukuran 6.00-9 memiliki ketebalan 2,35 mm sedangkan ukuran 6.50-10 memiliki ketebalan 2,45 mm dan lebar 150 mm.

Untuk menentukan gaya yang diperlukan agar dapat memotong *green stick tube* tersebut, digunakan persamaan (1):

$$F = A \times \tau$$

Sehingga gaya yang diperlukan untuk memotong *green stick tube size* 6.00-9:

$$F = A \times \tau$$

$$F = (w \times l) \times 3 \text{ Mpa}$$

$$F = (0,00235 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times 3.000.000 \text{ N/m}^2$$

$$F = 1.057,5 \text{ N}$$

Gaya yang diperlukan untuk memotong *green stick tube size* 6.50-10:

$$F = A \times \tau$$

$$F = (w \times l) \times 3 \text{ Mpa}$$

$$F = (0,00245 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times 3.000.000 \text{ N/m}^2$$

$$F = 1.102,5 \text{ N}$$

Gaya yang diperlukan untuk memotong *green stick tube size* 6.00-9 sebesar 1.057,5 N dan untuk *size* 6.50-10 sebesar 1.102,5 N.

E. Perhitungan Gesekan Silinder

Setelah mendapatkan gaya maksimal yang akan diterima silinder sebesar 2.223,37 N, langkah selanjutnya adalah menghitung gaya gesekan pada silinder dengan menggunakan persamaan (2):

$$R = 5\% \times F$$

$$R = 5\% \times 1.102,5 \text{ N}$$

$$R = 55,12 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh gaya gesekan pada silinder sebesar 55,12 N.

F. Perhitungan Diameter Silinder

Untuk menghitung diameter minimum silinder ditentukan menggunakan persamaan (3):

$$F = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times P\right) - R$$

$$1.102,5 \text{ N} = \left(\frac{3,14}{4} \times D^2 \times 500.000 \text{ N/m}^2\right) - 55,12 \text{ N}$$

$$D = 0,05429 \text{ m}$$

$$D = 54,29 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, didapatkan bahwa diameter minimum silinder yang dapat digunakan adalah 54,29 mm. Oleh karena itu, diputuskan untuk menggunakan silinder pneumatik SMC dengan diameter 80 mm dan tipe CDA2F80175Z sesuai ketersediaan *sparepart* di perusahaan.

G. Perhitungan Gaya Efektif Silinder

Silinder pneumatik dengan tipe CDA2F80175Z yang digunakan memiliki diameter silinder (D) sebesar 80 mm dan diameter batang torak (d) sebesar 25 mm, sebagaimana tercantum dalam lampiran 1. katalog silinder pneumatik. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan gaya efektif silinder pada saat *outsroke* dan *instroke* sebagai berikut:

H. Perhitungan Luas Penampang 1

Luas penampang silinder tanpa batang torak dapat dihitung menggunakan persamaan (5):

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$A_1 = \frac{3,14}{4} \times 80 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 5024 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 0,005024 \text{ m}^2$$

Diperoleh nilai luas penampang silinder tanpa batang torak sebesar 0,005024 m².

I. Perhitungan Gaya Outstroke Silinder

Setelah mendapatkan nilai A₁, kemudian dilakukan perhitungan gaya *outstroke* silinder menggunakan perhitungan (4):

$$F_{out} = A_1 \times P$$

$$F_{out} = 0,005024 \text{ m}^2 \times 500.000 \text{ N/m}^2$$

$$F_{out} = 2.512 \text{ N}$$

Diperoleh gaya efektif silinder pada alat bantu pemotong *green stick tube* pada saat *outsroke* sebesar 2.512 N. Sehingga dari gaya *outstroke* yang dihasilkan mampu memotong *green stick tube* yang membutuhkan gaya lebih dari 2.223,37 N.

J. Perhitungan Luas Penampang 2

Perhitungan luas penampang silinder dengan batang piston menggunakan persamaan (7):

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$$

$$A_2 = \frac{3,14}{4} \times (80^2 - 25^2)$$

$$A_2 = 4533,37 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 0,004533 \text{ m}^2$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai luas penampang silinder dengan batang torak sebesar 0,004533 m².

K. Perhitungan Gaya Instroke Silinder

Setelah mendapatkan nilai A₂, kemudian dilakukan perhitungan gaya *instroke* silinder dengan menggunakan perhitungan (6):

$$F_{in} = A_2 \times P$$

$$F_{in} = 0,004533 \text{ m}^2 \times 500.000 \text{ N/m}^2$$

$$F_{in} = 2266,5 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh gaya efektif silinder pada alat pemotong *green stick tube* saat *instroke* sebesar 2266,5 N.

L. Perhitungan Kebutuhan Daya Heater

Heater yang digunakan untuk memotong *green stick tube* adalah *heater* plat sebanyak empat buah, masing-masing dengan daya 350 *watt*. Penggunaan empat *heater* ini mempertimbangkan efektivitas waktu, sehingga efisiensi daya diabaikan. Massa besi

dudukan *heater* adalah 3,542 kg, dengan kapasitas kalor spesifik 460 J/kg°C.

M. Percobaan Suhu Heater Pada Proses Pemotongan

Untuk menentukan kebutuhan daya pada *heater*, pertama-tama perlu dilakukan uji coba suhu *heater* untuk menetapkan suhu dimana pada *green stick tube* dapat dipotong.

Tabel 5. Percobaan Suhu Heater

No.	Suhu	Hasil
1.	80 °C	
2.	90 °C	
3.	100 °C	
4.	110 °C	
5.	120 °C	

Dalam percobaan suhu pada *heater* tersebut, didapatkan hasil yaitu pada suhu 80 °C *green stick tube* belum terpotong dengan maksimal, pada suhu 90 °C *green stick tube* belum terpotong dengan maksimal, pada suhu 100 °C *green stick tube* sudah dapat di potong, pada suhu 120 °C *green stick tube* dapat di potong tetapi terlalu lengket. Dari percobaan tersebut, proses pemotongan yang optimal terjadi pada suhu 100 °C.

N. Heater On

Ketika *heater* dinyalakan dengan material, suhu awal adalah 31 °C dan suhu yang dicapai adalah 100 °C. Total daya *heater* yang dipasang secara paralel dapat dihitung dengan persamaan (7):

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Total}} &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \\
 &= 350 \text{ W} + 350 \text{ W} + 350 \text{ W} + 350 \text{ W} \\
 &= 1.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Untuk membuktikan efektivitas waktu terhadap energi yang diperlukan oleh *heater*, perhitungannya dapat dilakukan dengan persamaan (8):

$$\begin{aligned}
 Q &= m \times c \times \Delta T \\
 &= 3,542 \text{ kg} \times 460 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times (100^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C}) \\
 &= 112.423,08 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Waktu pemanasan *heater* terdapat pada tabel 6.

Tabel 6. Waktu Pemanasan Heater

No.	Suhu Heater	Waktu (detik)
1.		00.00,00
2.		01.01,02
3.		02.03,93
4.		03.04,61
5.		04.01,42
6.		05.19,58
7.		06.22,63
8.		07.00,15

Target waktu untuk memanaskan *heater* dari suhu awal 31 °C hingga suhu akhir 100 °C adalah 7 menit (420 detik). Daya yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan (9):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{Q}{t} \\
 &= \frac{112.423,08 \text{ J}}{420 \text{ s}} \\
 &= 267,674 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

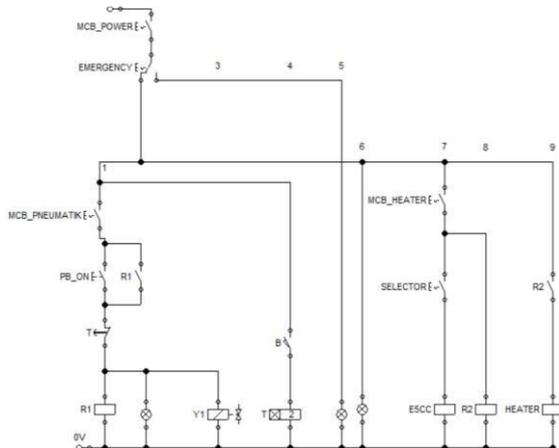
Jadi, untuk memanaskan empat *heater* dalam kondisi menyala dengan beban dari suhu awal 31 °C hingga suhu akhir 100 °C selama 7 menit, dibutuhkan daya sekitar 267,674 watt. Oleh karena itu, perhitungan kebutuhan daya diasumsikan sesuai dengan daya yang digunakan oleh *heater*.

O. Cara Kerja Alat Pemotong *Green Stick Tube*

No.	Flow Step	Description	Image
1	Mulai		
2	MCB Heater diaktifkan / MCB Pneumatik diaktifkan	<ul style="list-style-type: none"> MCB heater diaktifkan, ESCC dan Heater aktif. MCB pneumatik diaktifkan, untuk menyalakan Push Button. 	
3	Push Button ditekan	Push button ditekan untuk memberi sinyal kepada silinder pneumatik.	
4	Silinder Pneumatik Keluar	Silinder pneumatik <i>outstroke</i> , kemudian memberi sinyal kepada solenoid	
5	Solenoid men-trigger limit switch	Solenoid men-trigger limit switch, kemudian memberi sinyal kepada timer selama dua detik, cutter turun menyentuh alas meja dan memotong <i>green stick tube</i>	
6	Silinder Pneumatik Masuk	Ketika sudah mengenai limit switch, kondisi silinder pneumatik akan ke posisi semula	
7	Sistem Off	Sistem akan kembali berjalan ketika push button ditekan.	
8	Selesai		

Gambar 8. Cara Kerja Pemotong *Green tick Tube*

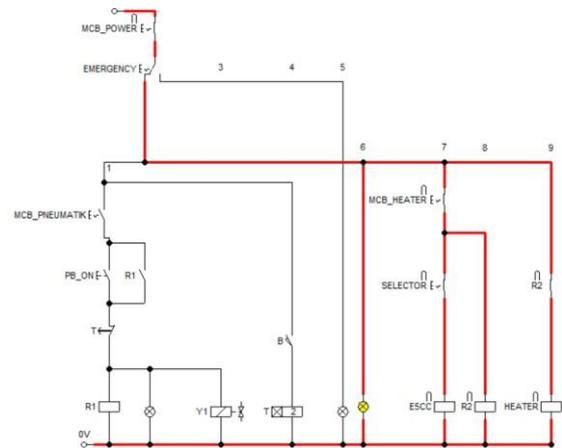
Wiring diagram cara kerja alat pemotong dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *fluidsim*. Kondisi awal rangkaian ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Kondisi *Heater Off*

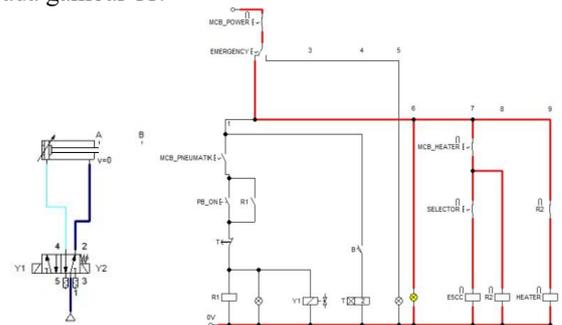
Ketika MCB kontrol dalam kondisi NO (*Normally Open*) dan terhubung saat ditekan menjadi NC (*Normally Close*), setelah MCB kontrol berada dalam kondisi NC, dilanjutkan dengan menekan MCB *Heater* yang akan menghubungkan ke *selector* untuk memberikan perintah untuk men-trigger ESCC, yang akan

menghubungkan ke *relay* yang berfungsi sebagai kontrol *heater*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.



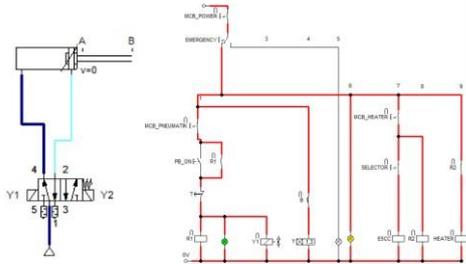
Gambar 10. Rangkaian Kondisi *Heater On*

Setelah menghubungkan rangkaian *heater*, langkah berikutnya adalah menghubungkan rangkaian pneumatik. Dibawah ini adalah rangkaian pneumatik dalam kondisi *off* seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.



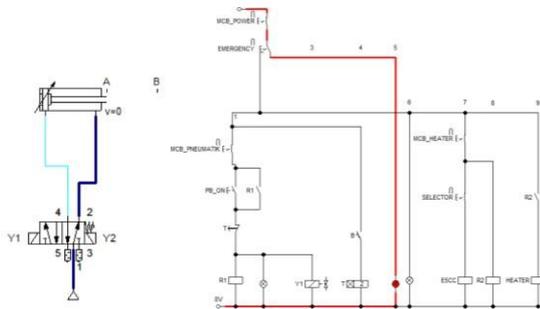
Gambar 11. Rangkaian Kondisi *Pneumatik Off*

Wiring pneumatik akan terhubung ketika MCB kontrol ditekan dari keadaan NO menjadi NC. Setelah berada dalam keadaan NC, langkah berikutnya adalah menekan MCB *Pneumatik*, yang akan terhubung ke PB ON. Ketika PB ON berada dalam keadaan NC, setelah ditekan akan berubah menjadi NO, yang akan memicu *relay* yang terhubung ke *coil solenoid*. Saat PB ON ditekan, solenoid akan langsung bergerak keluar dan mengenai *limit switch* yang akan ditahan oleh *timer* selama dua detik, kemudian solenoid akan bergerak masuk. Gambar 12. menunjukkan *wiring* pneumatik dalam kondisi *outstroke* (bergerak keluar).



Gambar 12. Rangkaian Kondisi Pneumatik On

Rangkaian pneumatik akan terhubung hanya Tabel 18. Lanjutan saat PB ON ditekan. Jika terjadi masalah, rangkaian akan terputus ketika *emergency switch* ditekan. Rangkaian pada gambar 13. menunjukkan posisi ketika *emergency switch* ditekan.



Gambar 13. Rangkaian Kondisi *Emergency* Ditekan

P. Uji Verifikasi Sistem Elektro Pneumatik

Pengujian pada sistem pneumatik dilakukan meliputi sistem kerja komponen dan fungsi komponen yang digunakan. Tabel 8. menunjukkan hasil uji verifikasi komponen elektro pneumatik yang digunakan.

Tabel 7. Uji Verifikasi Komponen Elektro Pneumatik

No.	Komponen	Fungsi	Hasil
1	MCB Power	MCB dapat memutus dan mengalirkan arus listrik dari power ke seluruh rangkaian jika arus listrik melebihi 25 A.	
2	MCB Pneumatik	MCB dapat memutus dan mengalirkan arus listrik dari power ke rangkaian pneumatik jika arus melebihi 4A.	

Tabel 8. Lanjutan

No.	Komponen	Fungsi	Hasil
3	MCB Heater	MCB dapat memutus dan mengalirkan arus listrik dari power ke rangkaian <i>Heater</i> jika arus melebihi 20A.	
4	Push button	Ketika push button ditekan arus listrik mengalir untuk mengendalikan pneumatik mengatur gerakan maju dan mundur pisau	
5	Selektor	Ketika selektor Diputar arus listrik dapat mengalir menuju <i>heater</i> ; <i>heater</i> akan berfungsi untuk memanaskan, apabila selektor diputar kemudian E5CC sebagai indikator menampilkan suhu yang diperoleh dari <i>heater</i> .	
6	Kontaktor	Sebagai saklar elektrik yang digunakan untuk mengendalikan arus selama kondisi operasional, kontaktor dapat memutuskan aliran listrik ketika alat pemotong digunakan.	

Tabel 8. Lanjutan

No.	Komponen	Fungsi	Hasil
7	Relay MY4N-GS	Sebagai saklar untuk mengendalikan aliran listrik pada tegangan rendah dalam sistem pneumatik.	
8	Relay Omron 200/(220) VAC	Sebagai saklar untuk mengendalikan aliran listrik pada tegangan tinggi dalam sistem heater.	
9	Solenoid valve	Mengatur aliran udara masuk dan keluar dari silinder pneumatik.	
10	Silinder Pneumatik Double Acting	Menggerakkan maju dan mundurnya piston dengan tekanan udara di kedua sisi.	
11	Heater	Heater sebagai pemanas cutter, suhu pada heater ditampilkan di E5CC.	
12	E5CC	Temperature control heater	
13	Thermocouple	Sensor suhu heater.	
14	Limit Switch	Untuk mendeteksi ketika pisau mengenai plat, kemudian ketika mengenai limit switch, pisau akan melakukan instroke	

Tabel 8. Lanjutan

No.	Komponen	Fungsi	Hasil
15	Timer	Ketika pisau dalam kondisi <i>outstroke</i> dan mengenai <i>limit switch</i> , <i>limit switch</i> akan memberikan sinyal kepada <i>Timer</i> , <i>Timer</i> akan aktif menahan pisau dalam kondisi <i>outstroke</i> selama dua detik.	
16	Pilot Lamp Bohlam Kuning	Untuk mengetahui indikator pada power apakah sedang aktif atau tidak.	
17	Pilot Lamp Bohlam Merah	Untuk mengetahui indikator pada <i>emergency</i> apakah sedang aktif atau tidak.	
18	Pilot Lamp Bohlam Hijau	Untuk mengetahui indikator pada <i>cutter</i> menunjukkan bahwa <i>cutter</i> dalam kondisi <i>outsroke</i> .	

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan alat bantu pemotong green stick tube dirancang menggunakan silinder pneumatik dan heater. Proses pemotongan yang sebelumnya dilakukan dengan gunting, kini digantikan oleh alat bantu semi otomatis dengan cara menekan Push Button pada panel kontrol alat bantu pemotong green stick tube. Alat ini memiliki tiga tombol kontrol, yaitu Push Button, Selector dan Emergency switch. Komponen - komponen yang membantu proses kerja alat ini meliputi thermocouple sebagai sensor suhu, yang akan mengirimkan sinyal ke E5CC sebagai indikator. Ketika suhu heater mencapai suhu maksimal yang telah ditentukan di E5CC, Relay akan memutuskan aliran. Ketika suhu kembali normal, Relay akan menyambungkan kembali aliran heater. Selanjutnya, ketika Push Button ditekan, sinyal akan dikirim ke solenoid. Solenoid akan keluar dan mengenai Limit switch, yang kemudian akan mengaktifkan Timer selama dua detik sebelum solenoid masuk kembali.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Razul Harfi, Fadil Gunawan, Veriah Hadi, and Edy Supriyadi, "Perancangan mesin pemotong karet alam dengan menggunakan metode VDI 2221," *JTTM : Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 57–68, Oct. 2022, doi: 10.37373/jttm.v3i2.277.
- [2] B. Ismoyo, M. Ridwan, and A. Cahyono, "Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle," 2021. [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- [3] G. A. Pangestu and P. M. Siahaan, "Modifikasi Heater Pisau Ib Menggunakan Heate Cylinder dengan Sistem Pemantauan dan Kendali," *Jurnal Instrumentasi dan Teknologi Informatika (JITI)*, vol. 5, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekgt.ac.id/index.php/jiti/ProgramStudiD3TeknikElektronikaPoliteknikGajahTunggal>
- [4] A. Maharani, I. Wahyuli, S. Supriyadi, A. Nalhadi, and F. Fathurohman, "Analisa Biaya Perawatan Sistem Pneumatic dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance dan Cost of Unreliability," *Jurnal Inovasi dan Kreativitas (JIKa)*, vol. 2, no. 1, pp. 10–19, Feb. 2022, doi: 10.30656/jika.v2i1.4722.
- [5] "Implementasi Motor Servo SG 90 Sebagai Penggerak Mekanik Pada E. I. Helper (Electronics Ingtegration Helmet Wiper)."
- [6] M. Mulia, J. Kalibaru, and T. Kelurahan, "Monitoring Besaran Listrik dan Suhu Menggunakan Power Meter dan Temperature Controller Berbasis SCADA pada Simulasi Sistem Pemanas."
- [7] R. Gazali, P. T. Elektronika, F. Teknologi, and S. Jakarta, "PROTOTYPE MODUL LATIH PNEUMATIC DAN MOTOR DC BERBASIS PLC."
- [8] P. Wibowo and D. A. Prasetya, "Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT (Internet Of Things) Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor Thermocouple," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 21, no. 02, 2021.
- [9] Rizki Juliansyah, Endah Fitriani, Nina Paramita, and Amsir Ariyadi, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor Feeder dan Monitoring Pakan Ikan Nila Berbasis Smart Relay Zelio ," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8, pp. 11157–11167, 2024.
- [10] P. Yosua, D. Budhi Santoso, A. Stefanie, U. H. Singaperbangsa Karawang Jl Ronggo Waluyo, and T. Jambe Timur, "Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan Rancang Bangun Automatic Washing and Drying System untuk Mesin Pencuci Cylinder Block Motor", doi: 10.5281/zenodo.5167080.
- [11] Sugianto, Ahmad Sadam Fahrezi, and Poedji Oetomo, "Perencanaan Instalasi Listrik Pada Gedung Rumah Sakit Electrical Installation Planning in Hospital Building," *Sinusoida*, vol. XXIV, pp. 18–25, Dec. 2022.
- [12] Raka Luthfi Pradana and Dini Fauziah, "Perancangan Sistem Instalasi Listrik pada Gedung Hotel 4 Lantai Berkapasitas 59.400 Watt ," *Prosiding Diseminasi FTI Genap*, 2021.
- [13] E. Agustian Yulanda, H. Kusnadi, S. Amalia, S. Rohim, and A. Tama, "Perbaikan Dan Penerapan Sistem Otomatis Lampu Penerangan Jalan Umum Di Desa Cibeteung".