

Modifikasi *Press Tread* Pada Mesin BMC

02.03 *Assembly Green Tire Plant B*

Bayu Ismoyo¹⁾

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
bayuismoyo29@gmail.com

M. Angga Gusti Irawan²⁾

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal
manggairawan13@gmail.com

Muhammad Dafa Dezan Rezaputra³⁾

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
dfdezanr@gmail.com

ABSTRAK

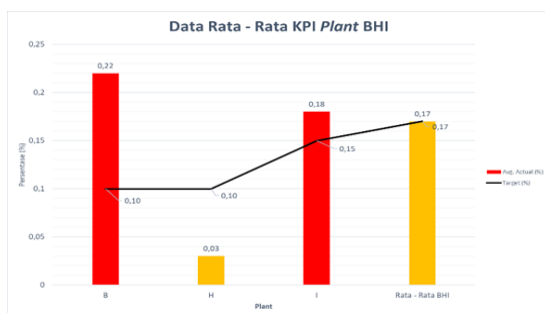
Dalam suatu perusahaan memiliki sebuah indikator untuk memonitoring kinerja produksi, salah satunya yaitu *Key Performance Indicator* (KPI). Plant B memiliki nilai persentase KPI terbesar dengan nilai 0,22% dengan target KPI Plant B yaitu 0,10% pada tahun 2020 dengan penyumbang data terbesar adalah *defect Tread Open Splice* (TOS) sebanyak 23,12%. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi konstruksi *press tread* dan menganalisis kekuatan material yang digunakan. Selain itu, melakukan perancangan kontrol pneumatik dan kekuatan tekanan angin untuk *press tread*. Pada sistem kontrol elektriknya dilakukan perancangan sistem kontrol *Programmable Logic Controller* (PLC) dan instalasi untuk *press tread*. Metode *improvement* yang dilakukan yaitu modifikasi sistem *press tread* pada mesin BMC 02.03. Data diperoleh dengan observasi secara sampel pada *building machine* secara langsung. Metode analisis data kuantitatif dengan pendekatan statistik deskriptif. Hasil perancangan desain konstruksi dan kekuatan material *press tread* dinyatakan aman digunakan karena nilai hasil perhitungan sesuai dengan standar yang diizinkan. Untuk tekanan yang baik digunakan pada *press tread* adalah sebesar 2 bar. Pada pengujian sistem kontrol elektrik yaitu %*error* tegangan *output* indikator *start/ready* 0,08%, *output* motor *conveyor* 0,04%, dan terminal *output solenoid press* 1,31%. Penurunan data *defect* TOS setelah modifikasi yaitu sebesar 0,87 % yang semula sebesar 1,84% menjadi 0,97%.

Kata Kunci : *Defect, Kekuatan Material, PLC, Pneumatik, Press Tread.*

I. PENDAHULUAN

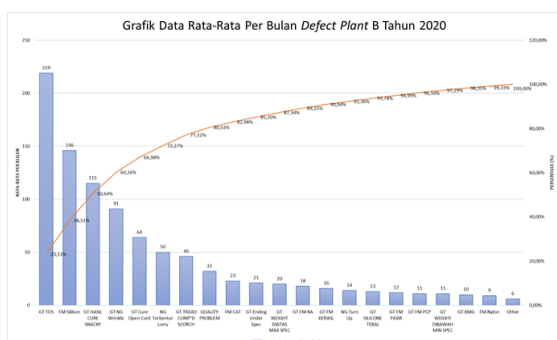
Pada perkembangan saat ini yaitu revolusi industri 4.0, yang memiliki potensi besar dalam bidang industri dengan teknologi yang berkemampuan tinggi. Perkembangan dan pembaharuan disetiap mesin merupakan penerapan dari ilmu pengetahuan dan penelitian industri yang terus dilakukan demi mendapatkan hasil produksi yang berkualitas dan bermutu tinggi [1].

Terdapat Salah satu indikator monitoring kinerja produksi, yaitu *key performance indicator* (KPI). Pada proses *assembly green tire* KPI *defect inprocess green tire hold* memiliki target maksimal 0,17 %.



Gambar 1. Rata-Rata Nilai KPI PT Tire Motorcycle [2]

Pada gambar 1, rata-rata Plant BHI nilai aktual KPI tidak melebihi target yaitu sebesar 0,17% namun pada setiap Plant di PT Tire Motor Cycle memiliki target KPI berbeda-beda, untuk Plant B dan H memiliki target KPI sebesar 0,10 %. Sedangkan untuk Plant I memiliki target KPI sebesar 0,15 %. Dari rata-rata KPI per Plant selama tahun 2020, terdapat Plant di PT Tire Motorcycle yang memiliki nilai KPI melebihi target. Plant B memiliki nilai persentase KPI terbesar dengan nilai 0,22 % atau melebihi 0,12 % dari target KPI Plant B dari rata-rata jumlah produksi *green tire* sebesar 476.816 pcs per bulan. Selanjutnya Plant I yang memiliki persentase KPI melebihi target, yaitu sebesar 0,18 % atau melebihi target sebesar 0,03 % dari rata - rata produksi *green tire* sebesar 902.396 pcs per bulan. Sedangkan untuk Plant H sendiri, memiliki persentase aktual KPI di bawah target yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,03 %.



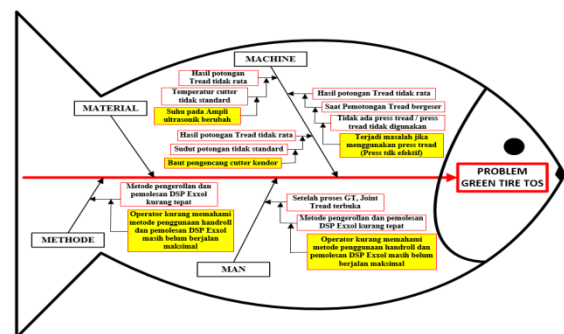
Gambar 2. Grafik Penyebab Defect Per Bulan [2]

Defect TOS (Tread Open Splice) menyumbang penyebab defect terbesar di Plant B dengan jumlah sebesar 23,12 % dari rata-rata jumlah perbulan sebesar 219. *Defect TOS* merupakan cacat produk karena terbukanya sambungan *tread* pada *green tire*. Ditemukan *defect* tersebut paling banyak pada mesin BMC 02.03 dengan rata-rata *defect* perbulan sebanyak 37 pcs dengan persentase 16,89 %.

Tabel 1. Mesin Penyumbang Defect TOS

Mesin	Rata-Rata/Bulan (Pcs)	%
02.03	37	16,89 %
02.02	29	13,24 %
02.01	26	11,87 %
02.04	24	10,96 %
02.07	23	10,50 %
04.01	21	9,59 %
04.03	16	7,31 %
02.08	13	5,94 %
02.05	11	5,02 %
04.02	10	4,57 %
Other	9	4,11 %
Total	219	

Dalam hal ini, untuk *defect TOS* sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari manusia, mesin, metode, dan material. Hal tersebut dapat dijabarkan menggunakan analisis *fish bone* seperti gambar 3.

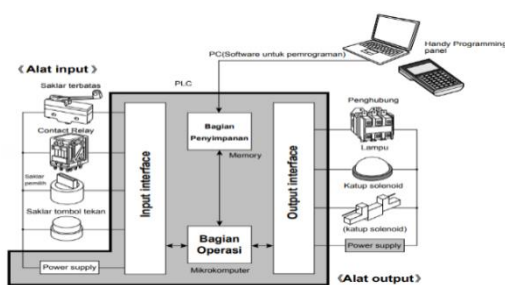


Gambar 3. Fishbone Problem Green Tire Defect TOS

Maka berdasarkan analisis permasalahan tersebut, perlu adanya modifikasi pada sistem *press tread* di mesin *assembly green tire*. Modifikasi alat tersebut dari beberapa unsur, yaitu unsur sistem kontrol elektrik *press tread*, sistem pneumatik, dan kekuatan material serta desain *press tread*.

Sistem kontrol elektrik pada *press tread* menggunakan PLC. PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah perangkat yang sangat *user friendly* berbasis *microprocessor*, merupakan komputer khusus yang memuat berbagai jenis dan kompleksitas fungsi kontrol. PLC dapat diprogram,

dikendalikan, dan dioperasikan oleh seseorang yang tidak terlalu pandai dalam mengoperasikan PC (*Personal Computer*) [3]. PLC dirancang dengan tujuan mengubah sistem kontrol secara konvensional menjadi sistem kontrol berbasis komputer. PLC pertama kali dirancang pada tahun 1968 oleh perusahaan *General Motor* (GM) dengan ide mensubstitusi *relay* yang digunakan untuk mengimplementasikan rangkaian kontrol [4]. PLC menggunakan bahasa pemrograman khusus yaitu *ladder diagram* (diagram tangga) untuk memprogram pada sistem PLC. *Ladder diagram* merupakan turunan dari teknologi *relay* konvensional, sehingga memudahkan *operator* dalam menggunakan PLC untuk pengendalian mesin industri. PLC dapat mengontrol proses sekuensial mesin melalui modul I/O berdasarkan program yang telah dibuat. PLC akan mengaktifkan *output* berupa *solenoid up*, *solenoid down*, yang mendapat *trigger* dari sensor dan *timer* [5]. Gambar 4 di bawah ini menunjukkan diagram blok PLC secara umum.



Gambar 4. Blok diagram PLC [6]

Teknologi PLC juga dirancang untuk dapat menahan banyak gangguan yang disebabkan oleh kebisingan, getaran, guncangan, suhu, dan kelembapan di lingkungan industri [7].

Dalam membuat program untuk perintah PLC Mitsubishi maka digunakan *software* GX-Developer/GX-Works. GX-Developer/GX-Works adalah sebuah *software* dari PLC *mitsubishi* yang digunakan untuk menuliskan sebuah *program* PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman yaitu *ladder diagram*. GX-Developer/GX-Works memiliki simbol – simbol perintah pemrograman yaitu *input* (X), *output* (Y), *Timer* (T), *Counter* (C). Lalu ada perintah logika dasar *AND*, *OR*, *SET*, *RESET*, *PULSE*, *Timer*, dan *Counter* [8].

Untuk mengaktifkan sistem kontrol pada PLC, diperlukan sebuah *trigger*, salah satunya sensor *photoelectric*. Sensor *photoelectric* prinsip kerjanya, secara umum *sensor* ini dibagi dalam dua jenis. Jenis yang pertama adalah tipe refleksi, dimana perangkat pemancar cahaya (*transmitter*) dan penerima cahaya (*receiver*) berada pada satu tempat yang sama [9]. Salah satu contoh sensor *photoelectric* OMRON tipe E3JM-R4M4-G. Tabel 2 berikut merupakan spesifikasi sensor

photoelectric OMRON tipe E3JM-R4M4-G.

Tabel 2. Spesifikasi Sensor *Photoelectric* E3JM-R4M4-G [10]

No	Item	Spesifikasi
1	<i>Sensing Methode</i>	<i>Retro-reflective model (with MSR function)</i>
2	<i>Sensing Distance</i>	4 meter
3	<i>Power Supply Voltage</i>	12 to 240 VDC±10%, ripple (p-p): 10% max. 24 to 240 VAC±10%, 50/60 Hz
4	<i>Power Consumption</i>	AC = 2 W max. DC = 2 W max.
5	<i>Control Output</i>	Relay output, SPDT 250 VAC, 3A (cosφ=1) max. 5 VDC, 10 mA min
6	<i>Respon Time</i>	<i>Operate or reset: 30 ms max.</i>

Selain sensor *photoelectric*, terdapat juga sensor *proximity*. Sensor tersebut mampu mendeteksi benda atau objek di dekatnya tanpa berkontak fisik (*noncontact*). Pada sensor *proximity inductive* benda yang mampu dideteksi yaitu benda logam seperti besi, baja, aluminium, dan lain – lain. Sedangkan *proximity capacitive* merupakan salah satu jenis sensor *proximity* yang mampu mendeteksi benda selain logam (*non logam*) seperti kayu, plastik, kaca, dan lain – lain [11]. Karakteristik sensor ini hanya bias membaca benda atau objek dengan jarak yang sangat dekat berkisar antara 1 mm hingga beberapa cm saja [12]. Salah satu sensor *proximity* yang cukup banyak dipasaran yaitu OMRON tipe E2E-X2E1-M1 dengan konfigurasi *output* 3 wire. Untuk lebih detailnya, berikut spesifikasi sensor *proximity* OMRON E2E-X2E1-M1 pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Sensor *Proximity* OMRON E3E-X2E1-M1 [13]

No	Item	Spesifikasi
1	Sensor Type	Inductive
2	Output Type	3-Wire Direct Current (DC), Negative-Positive-Negative (NPN)
3	Sensing Distance	2 mm ± 10%
4	Detectable Object	Ferrous Metal
4	Voltage	12 to 24 VDC, ripple(p-p): 10% max. (10 to 30 VDC)
5	Contact Configuration	Normally Open (NO)

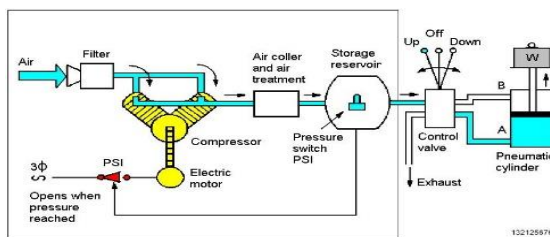
Kontak poin yang digunakan untuk *output* dari PLC yaitu *relay*. Pada prinsipnya, *relay* bekerja ketika *coil* mendapat sumber arus berupa arus *alternating current* (AC) maupun *direct current* (DC) tergantung dari jenis *coil* yang digunakan. Ketika *coil* pada *relay* telah bekerja, maka akan menggerakkan kontak poin untuk bekerja. Sehingga *relay* mampu bekerja dengan arus kecil namun dapat menghantarkan arus yang lebih besar melalui kontak poinnya [14]. Salah satu

contoh *relay* OMRON tipe MY4N. *Relay* tipe ini memiliki dua jenis sesuai dengan tegangan kerja *coil*-nya. Terdapat *relay* OMRON MY4N 24VDC, yang merupakan *relay* dengan *coil* arus searah atau DC. Tabel 4 berikut ini spesifikasi *relay* OMRON MY4N 220VAC dan 24VDC.

Tabel 4. Spesifikasi *Relay* MY4N[15]

No	Item	Spesifikasi
Coil Ratings		
1	Rated Voltage (V) Coil	220/240 Volt, 50/60 Hz; 24VDC
2	Rated Current (mA) Coil	AC = 50 Hz = 4,8 / 5,3 mA; 60 Hz = 4,2 / 4,6 mA DC = 36,3 A
3	Coil Resistance	AC = 18,7 kΩ DC = 662 Ω
Contact Ratings		
Rated Load		
1	a. Resistive Load	3 A at 220 VAC; 3 A at 24 VDC
	b. Inductive load (cos φ = 0.4, L/R = 7 ms)	0.8 A at 220 VAC; 1.5 A at 24 VDC
2	Maximum contact voltage	250 VAC, 125 VDC
3	Contact configuration	4PDT

Selain sistem kontrol elektrik, modifikasi *press tread* memanfaatkan sistem pneumatik. Pneumatik berasal dari bahasa Yunani *pneuma* yang berarti udara atau angin, jadi pneumatik mengacu pada udara yang terisi atau bergerak melalui udara [16]. Pneumatik adalah sistem otomatis yang menggunakan udara terkompresi sebagai media perantara. Udara terkompresi yang diperlukan dari tangki penyimpanan merupakan udara bertekanan yang diperoleh oleh kompresor.



Gambar 5. Sistem Pneumatik [17]

Terdapat beberapa komponen utama yang digunakan dalam sistem pneumatik. Semua komponen ini harus ada untuk dapat mengoperasikan sistem pneumatik dengan baik [17]. Berikut ini adalah komponen-komponen utama sistem pneumatik:

1. Sumber Energi (*supply energy*), seperti kompresor, tangki penyimpan udara (*reservoir*), perangkat layanan udara (*air service unit*), perangkat distribusi atau penyalur udara (*air distribution unit*), dan lain-lain.
2. Sistem penggerak, seperti *actuator* silinder kerja ganda, silinder kerja tunggal, dan lain-lain.

3. Komponen mengatur aliran udara (*control element*), seperti katup jenis 3/2, 5/2, *flow regulator*, dan lain-lain.
4. Komponen masukan (*input element*), seperti *push button*, sensor, pedal, *roller* dan lain sebagainya.

Dalam perhitungan pneumatik dilakukan perhitungan gaya normal. Rumus yang digunakan untuk mengetahui gaya normal (N) didapat dari persamaan (1) dimana perkalian dari tekanan press yang dibutuhkan dengan gravitasi [18].

$$F = m \times g \quad (1)$$

Dimana:

F = Gaya tekanan *press* (Newton)

m = Massa tekanan *press* (Kg)

g = Gaya Gravitasi (9,81 m/s²)

Ukuran silinder ditentukan oleh besarnya gaya yang diterima oleh silinder dan panjang langkah yang harus dilakukan oleh silinder untuk memindahkan beban. Untuk menentukan besarnya silinder, perlu mengetahui berapa beban yang akan didorong dan diangkat oleh silinder tersebut. Untuk menghitung diameter silinder yang efektif dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan (2) [18].

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

Dimana:

F = Gaya piston efektif (N)

P = Tekanan Kerja (bar)

R = Gesekan (N) yaitu: 3-20%

D = Diameter piston (mm)

Untuk mencari gaya *outstroke* silinder dapat dihitung dari besarnya diameter tabung silinder, diameter piston rod, dan tekanan udara dengan menggunakan persamaan (3) [18].

$$F_{\text{maju}} = A_1 \times P \quad (3)$$

Dimana:

F = Gaya yang diberikan (N)

A₁ = Luas penampang silinder tanpa batang torak (m²)

P = Tekanan Udara (N/m²)

Mencari gaya maju pada silinder apabila sudah diketahui diameter piston dan tekanan yang diberikan maka terlebih dahulu mencari luas penampang tanpa batang torak menggunakan persamaan (4) [18].

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (4)$$

Dimana:

A₁ = Luas penampang silinder tanpa batang torak (m²)

D = Diameter piston (mm)

Untuk mencari gaya *instroke* silinder dapat dihitung dari besarnya diameter tabung silinder, diameter piston rod, dan tekanan udara dengan menggunakan persamaan (5) [18].

$$F_{\text{mundur}} = A_2 \times P \quad (5)$$

Dimana:

F = Gaya yang diberikan (N)
A₂ = Luas penampang silinder dengan batang torak (m²)
P = Tekanan Udara (N/m²)

Mencari gaya maju pada silinder apabila sudah diketahui diameter piston dan tekanan yang diberikan maka terlebih dahulu mencari luas penampang tanpa batang torak menggunakan persamaan (6) [18].

$$A_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \quad (6)$$

Dimana:
A₂ = Luas penampang silinder tanpa batang torak (m²)
D = Diameter piston (mm)
d = Diameter rod piston (mm)

Dalam merancang sistem pneumatik diperlukan *software festo fluids* merupakan perangkat lunak yang biasa digunakan untuk menjalankan simulasi pada sistem pneumatik. Hasil rangkaian komponen yang akan digunakan dapat dilihat dari hasil simulasi pada *software festo fluids*. Setelah rangkaian sistem selesai dirancang, maka proses simulasi dapat dilakukan. Pengguna dapat melihat kinerja rangkaian yang telah dirancang secara *real time* dan dapat diatur secara *step by step*. Jika terdapat kekurangan kinerja pada sistem yang telah dirancang, maka rangkaian dapat segera diperbaiki [19].

Modifikasi dilakukan juga dengan merancang kekuatan material yang merupakan suatu kemampuan material untuk menahan beban secara maksimum sebelum terjadi deformasi atau patah. Saat mendesain suatu benda yang digunakan yaitu kekuatan luluh (*yield strength*), bukan kekuatan maksimum (*ultimate tensile strength*) [20].

Untuk menentukan reaksi pembebanan pada sebuah batang kantilever dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: [21]

$$RA = RB \frac{W}{2} \quad (7)$$

Defleksi maksimal yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [21]

$$y_c = \frac{wl^3}{48EI} \quad (8)$$

Keterangan:
y_c = Defleksi maksimal (mm)
w = Beban yang bekerja (Newton)
l = Panjang batang (mm)
E = Modulus Elastisitas (N/mm²)
I = Momen Inersia (mm⁴)
RA = Lengan batang 1 (mm)
RB = Lengan batang 2 (mm)

Sambungan ulir adalah sambungan yang menggunakan kontruksi ulir sebagai pengikat antara 2 komponen atau lebih. [22]. Maka dari itu perlu dihitung tegangan tarik pada baut menggunakan persamaan sebagai berikut: [21]

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma_t \quad (9)$$

Keterangan:
W = Gaya luar yang bekerja (N)
d_c = Diameter dalam baut (mm)

Selanjutnya tegangan geser pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [23]

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \tau \times n \quad (10)$$

Keterangan:
W = Gaya geser yang ditahan
τ = Tegangan geser baut (N/mm²)
σ_t = Tegangan tarik ijin pada baut (N/mm²)
d_c = Diameter mayor baut (mm)
n = Jumlah Baut

Teknik penyatuan pada besi dapat dilakukan dengan pengelasan. Sambungan las adalah tipe sambungan material atau plat permanen yang diperoleh dari paduan dua bagian tepi logam yang akan diabung secara bersama dengan pembakaran gas atau busur listrik [21]. Luas area sambungan las adalah sebagai berikut [21]

$$\begin{aligned} A &= t \times l \\ A &= s \times \sin 45^\circ \times l \\ A &= 0,707s \times l \end{aligned} \quad (11)$$

Keterangan:
A = luas area sambungan las (mm²)
t = ketebalan leher (*throat*) (mm)
s = ukuran sambungan las (mm)
l = panjang sambungan las (mm)

Kekuatan geser sambungan yang diijinkan untuk metode pengelasan *fillet ganda (double fillet weld)* yaitu [21]

$$\begin{aligned} P &= 2 \times 0,707 \times s \times l \times \tau \\ P &= 1,414 \times s \times l \times \tau \end{aligned} \quad (12)$$

Metode pengelasan circular fillet weld digunakan untuk pengelasan batang yang berbentuk lingkaran. Adapun rumus keliling lingkaran yaitu :

$$K = \pi \times D \quad (13)$$

Selanjutnya massa suatu benda dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut: [24]

$$m = \rho \times v \quad (14)$$

Keterangan
m = Massa Benda (kg)
ρ = Massa Jenis (kg/m³)
V = Volume (m³)

Berat suatu benda dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut: [24]

$$W = m \times g \quad (15)$$

Keterangan
m = Massa Benda (kg)
g = Gaya gravitasi (m/s²)

Factor safety atau faktor keamanan adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan [21]

- a) Perbandingan antara tegangan maksimum atau tegangan kerja aktual dengan tegangan.

$$F_s = \frac{\sigma_{maks}}{\sigma_{allowable}} \quad (16)$$

- b) Perbandingan antara tegangan *ultimate* dengan tegangan izin.

$$F_s = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{allowable}} \quad (17)$$

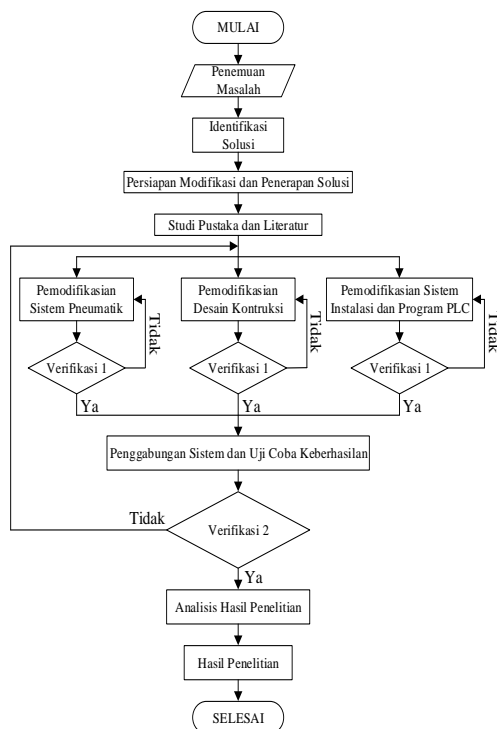
- c) Tegangan geser maksimum yang diizinkan adalah [21]

$$\tau = 0,3\sigma_{el} \text{ atau } 0,18\sigma_u \quad (18)$$

Dalam melakukan simulasi digunakan *software solidworks* yang merupakan sebuah *software* program rancang bangun yang banyak digunakan untuk merancang desain produk, desain mesin, desain *mould*, desain konstruksi, dan keperluan lainnya terutama pada bidang teknik. *Solidwork* dilengkapi dengan alat yang berfungsi untuk menghitung dan menganalisis hasil desain seperti tegangan, regangan, suhu, angin, dan lain-lain [25].

Dalam melakukan kajian ini, metode yang digunakan yaitu dengan melakukan modifikasi sistem *press tread*. Dengan metode pengambilan data teknik analisis data kuantitatif dengan statistik deskriptif. Tujuan penelitian yang dilakukan kali ini yaitu melakukan perancangan sistem kontrol PLC dan instalasi untuk *press tread*. Kemudian melakukan perancangan kontrol pneumatik dan kekuatan tekanan angin untuk *press tread*. Selain itu, tujuan penelitian memodifikasi desain konstruksi *press tread* dan menganalisis kekuatan material yang digunakan.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 6. Flow Chart Alur Penelitian

Metode yang digunakan yaitu melakukan modifikasi sistem *press tread*. Data yang diambil merupakan data *defect* pada tahun 2020 dan melakukan observasi data secara sampel pada *building machine* secara langsung untuk menyelesaikan masalah yang ada secara terstruktur. Pengujian yang dilakukan dengan analisis perbandingan terhadap sistem yang sudah ada sebelumnya pada *press tread* di mesin yang ada. Analisis yang dilakukan menggunakan metode analisis data kuantitatif dengan cara mengumpulkan parameter yang akan dianalisis, kemudian dilakukan pengujian terhadap penambahan sensor dan program yang telah dibuat. Pada *output* PLC dilakukan perhitungan persentase kesalahan tegangan (% *error*) dengan menggunakan persamaan xx di bawah ini [26].

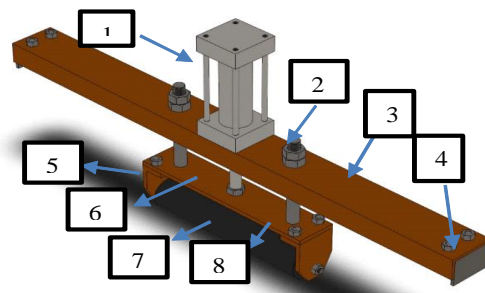
$$|\%error| = \frac{(V_{pengukuran} - V_{standar})}{V_{standar}} \times 100\% \quad (xx)$$

Selain itu untuk mengetahui pengaruh modifikasi dilakukan pengambilan data pada parameter berupa potongan *Tread* yang rata dan banyaknya *defect green tire* TOS. Analisis yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode uji *paired sample T test*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Alat

Desain alat *press* modifikasi yang dilakukan dengan mengubah kerangka konstruksi dari *press tread*, silinder pneumatik dibuat menjadi posisi vertikal, kontrol PLC untuk penambahan sensor, *adjuster* untuk mengatur ketinggian *press tread*, dan permukaan *press* menggunakan *rubber roll*.



Gambar 7. Gambaran Umum alat Press Tread

Tabel 5. Keterangan Part Number Desain

No	Komponen	Spesifikasi	Qty
1	Silinder Pneumatik	KCC 50 x 25 mm	1
2	Adjuster	20x150mm	2
3	Kerangka Utama Besi UNP	40x80x 920mm	1
4	Besi siku Penopang	50x80x 920mm	2
5	Dudukan Plat	70x90mm	2
6	Plat Press Roll	70x330mm	1

7	Rubber Roller	65x300mm	1
8	Baut&Mur	M10	12

Press tread sebelum modifikasi dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. *Press Tread* Sebelum Modifikasi

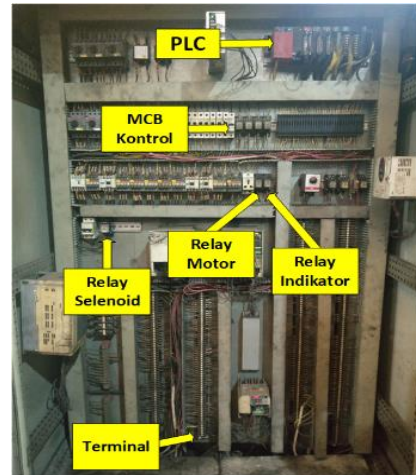
Perbedaan alat *press tread* sebelum dan sesudah modifikasi yaitu *press tread* sebelum modifikasi masih menggunakan sistem kerja pengungkit dengan pemasangan silinder pneumatik dipasang secara horisontal. Permukaan *press tread* menggunakan besi plat pipih. Sedangkan *press tread* yang telah dimodifikasi perubahan desain konstruksi dari alat *press*, sistem kerja *press tread* pneumatik diubah menjadi arah vertikal dan permukaan *press* menggunakan roll karet. *Press tread* setelah modifikasi dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. *Press Tread* Setelah Modifikasi

B. Hasil Perancangan Sistem Kontrol

Pada gambar 10 berikut adalah hasil perancangan dalam panel kontrol.



Gambar 10. Tampilan Fisik Perancangan Panel Kontrol

Selanjutnya pada gambar 11 merupakan hasil perancangan diluar panel.

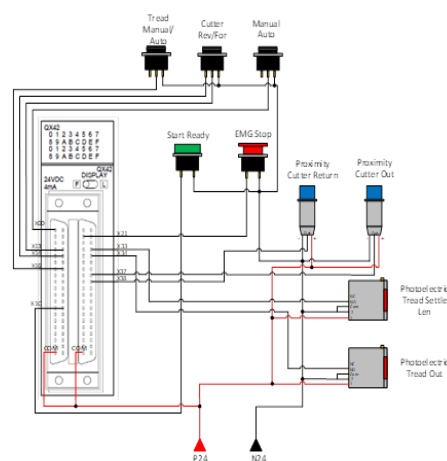


Gambar 11. Tampilan Fisik Input dan Beban Sistem Kontrol

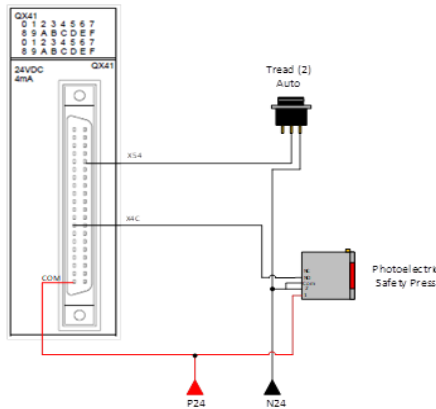
C. Wiring Diagram

1. Input Module

Wiring diagram sistem kontrol *press roll* untuk *input module* QX42 dapat dilihat pada gambar 12 dan *input module* QX41 pada gambar 13.



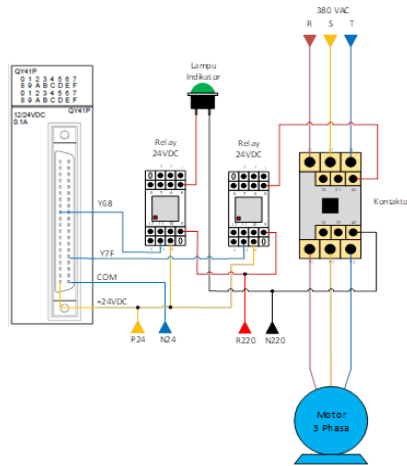
Gambar 12. Wiring Input Module QX42



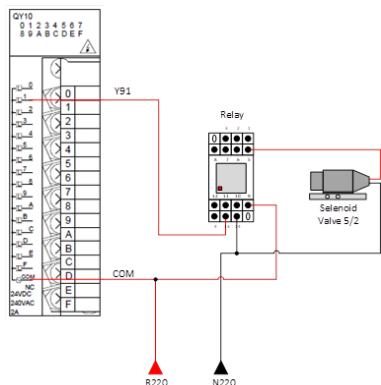
Gambar 13. Wiring Input Module QX41

2. Output Module

Wiring output yang digunakan pada sistem *press roll* kali ini yaitu QY41P pada gambar 14 dan QY10 pada gambar 15.



Gambar 14. Wiring Output Module QY41P



Gambar 15. Wiring Output Module QY10

D. Pengalamatan Modul PLC

Pada mesin *building tire machine*, PLC yang digunakan merupakan PLC Mitsubishi Q-Series dengan tipe CPU Q00CPU. PLC tersebut menggunakan *base unit* tipe Q38B yang memiliki 8

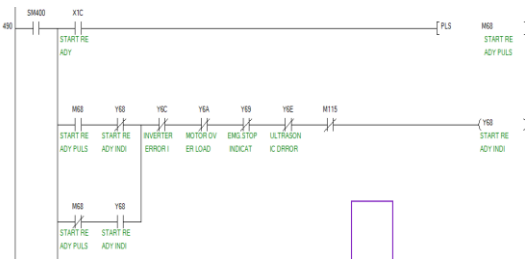
slot modul PLC. Untuk pin terminal yang digunakan pada sistem kontrol *press roll* alamat *input* dan *output* yang digunakan dijelaskan pada tabel 6.

Tabel 6. Pengalamatan *Input dan Output Module PLC*

No.	Alamat	I/O	Keterangan
1	X0	I	Selector switch manual/auto machine
2	X13	I	Selector switch cutter forward
3	X14	I	Selector switch cutter reverse
4	X16	I	Selector switch tread manual/auto
5	X1C	I	Push button start/ready
6	X21	I	Push button emergency stop
7	X33	I	Photoelectric sensor tread settle
8	X34	I	Photoelectric sensor tread out
9	X37	I	Proximity sensor cutter out
10	X38	I	Proximity sensor cutter return
11	X4C	I	Sensor photoelectric safety press
12	X54	I	Selector switch conveyor manual/auto
13	Y68	O	Indikator start/ready
14	Y7F	O	Motor conveyor belakang forward
15	Y91	O	Selenoid valve press roll

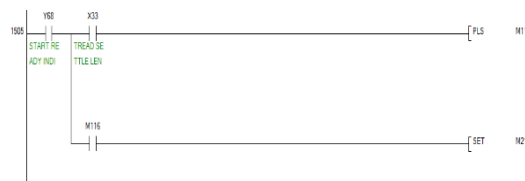
E. Perancangan Ladder PLC

Pada ladder mesin *building tire machine*, dibuat sistem pengaman dimana Y68 merupakan sebagai indikator *start / ready* sistem kontrol mesin. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Ladder Pengaman Sistem

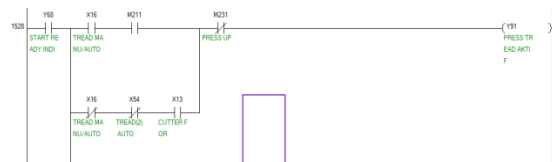
Dari gambar 16, bahwa apabila X1C atau *start/ready* aktif akan menghidupkan M68 sebagai *internal relay* untuk *start/ready*. Ketika M68 telah aktif maka Y68 atau indikator *start/ready* akan aktif. Y68 dikatakan sebagai pengaman karena apabila Y68 tidak aktif maka *ladder* sistem kontrol *press roll* akan tidak aktif.



Gambar 17. Ladder Internal Relay Press ON

Pada gambar 17, ketika X33 bekerja akan mengaktifkan *internal relay* M116 secara

pulse dimana sistem kerja *pulse* hanya menyala sebentar kemudian kembali *off*. Ketika M116 telah aktif secara *pulse*, maka akan mengaktifkan M211. Untuk menonaktifkan M211 perlu perintah *RESET* karena sistem menggunakan *SET*.



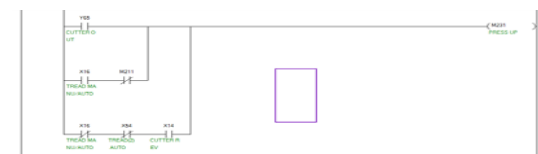
Gambar 18. Ladder Trigger Solenoid Press ON

Gambar 18, Y91 dapat bekerja apabila posisi *selector switch* X16 diposisi auto atau kondisi *normally close* (NC). Y91 juga dapat diaktifkan secara *manual*, dengan memanfaatkan *selector switch cutter forward* atau X13. Dimana pada *ladder* dibuat secara paralel antara M211 dengan X13 dengan kondisi *selector switch tread manual* (X16) dan *tread (2) auto* (X54) dalam kondisi *manual*. Sehingga *press roll* dapat bekerja dengan dua kondisi yaitu secara otomatis dan *manual*.



Gambar 19. Ladder Menonaktifkan Internal Relay

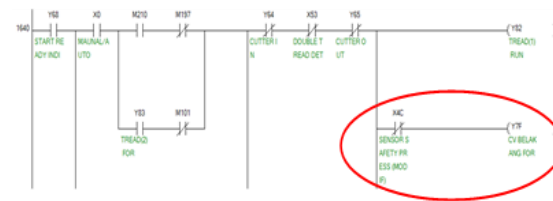
Gambar 19 menunjukkan *ladder* untuk menonaktifkan *internal relay* yang menjadi *trigger* untuk *solenoid valve press roll*. Dimana kondisi awal X37 yang merupakan *sensor cutter out* berada pada kondisi terbuka atau NO, karena sensor X37 tidak mendeteksi adanya *cutter*, posisi *cutter* berada di kondisi *return*. Ketika sensor X37 telah aktif, maka akan mengaktifkan M212, dimana ketika M212 aktif maka M211 akan menjadi *RESET*.



Gambar 20. Ladder Menonaktifkan Solenoid Valve

Pada gambar 20, untuk mengaktifkan M231 maka dapat dilakukan dengan berbagai cara karena pada *ladder* yang dibuat secara paralel. Dimana M231 dapat aktif ketika Y65 atau *output cutter out* kondisi aktif. Selain itu, M231 dapat bekerja ketika M211 aktif, dimana pada gambar 20 telah dijelaskan. M231 pun dapat bekerja secara *manual*, dengan memanfaatkan X14 atau *cutter reverse*,

namun ketika kondisi ini X16 dan X54 harus dalam posisi *manual*. Ketika M231 telah aktif maka akan memutus Y91 pada gambar 18.



Gambar 21. Ladder Safety Press Roll

Saat *press roll* bekerja atau aktif, maka akan terdeteksi oleh sensor X4C. Dimana sensor ini sebagai pengaman, ketika X4C aktif maka Y7F yang merupakan *conveyor input tread* belakang tidak bisa bekerja terlihat pada gambar 21. Sehingga tidak terjadi penumpukan *tread* sebelum proses *press* dan *cutting* selesai.

E. Pengujian Sistem Kontrol

1. Pengujian Input

Pengujian *input* dilakukan pada komponen *input* yang terdiri dari *push button*, *selector switch*, dan sensor yang digunakan pada sistem kontrol *press roll*. Pada tabel VIII dilakukan juga pengujian tegangan pada *input* sensor. Di mana sensor yang digunakan yaitu sensor *photoelectric* dan sensor *proximity*. Masing – masing sensor memiliki tegangan kerja sebesar 24 VDC.

Tabel 7. Pengujian Tegangan Terminal *Input* PLC Sensor

Rangkaian Sensor	Kondisi		Tegangan (VDC)	
	Open	Close	Open	Close
Sensor <i>Tread Settle Len</i> (X33)	High	Low	23,99	0
Sensor <i>Tread Out</i> (X34)	High	Low	24,01	0,02
Sensor <i>Cutter Out</i> (X37)	High	Low	24,03	0,01
Sensor <i>Cutter Return</i> (X38)	High	Low	23,97	0,01
Sensor <i>Safety Press</i> (X4C)	High	Low	24	0

Dari setiap pengujian tegangan pada terminal *input* PLC dapat diperoleh bahwa tegangan kerja pada sistem telah sesuai.

2. Pengujian Output

Pengujian pada terminal *output* dilakukan dengan mengambil sampel tegangan sebanyak 10 sampel pada saat sistem sedang aktif atau *ON*. Berikut data pengujian pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Pengujian Tegangan Terminal *Output* PLC

Sampel Ke-	Tegangan Terminal Output	
	QY41P (VDC)	QY10

	(VAC)		
	Y68	Y7F	Y91
1	24,12	24,02	221,5
2	23,99	23,78	222,9
3	23,97	24,05	221,8
4	23,99	23,99	223,8
5	24,14	23,96	224,7
6	23,89	24,04	224,6
7	24,12	24,03	224,5
8	23,99	24,01	223,1
9	23,98	24,07	221,6
10	24,04	23,99	220,7
Rata - Rata	24,02	23,99	222,9

Dari data tersebut dapat dihitung %error tegangan yang terjadi menggunakan persamaan (1). Pada output Y68 dan Y7F memiliki standar tegangan 24 VDC, sehingga %error tegangannya sebagai berikut:

$$|\%error| = \frac{(24,02-24)}{24} \times 100\% = 0,08\% \quad (2)$$

$$|\%error| = \frac{(23,99-24)}{24} \times 100\% = 0,04\% \quad (3)$$

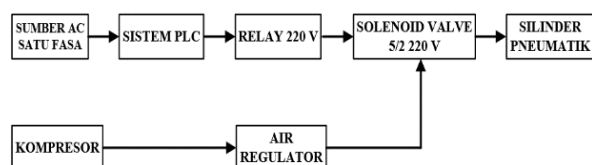
Hasil perhitungan persamaan (2) dan persamaan (3) dapat diartikan bahwa pada pengujian tegangan terminal Y68 memiliki %error sebesar 0,08% dan Y7F memiliki %error sebesar 0,04%.Selanjutnya pada terminal Y91 tegangan standarnya yaitu 220 VAC, berikut perhitungan %error sesuai dengan persamaan (1).

$$|\%error| = \frac{(222,9-220)}{220} \times 100\% = 1,31\% \quad (4)$$

Dari perhitungan persamaan (4) dapat diartikan bahwa %error tegangan pada pengukuran terminal Y91 sebesar 1,31%. Sehingga Y91 bekerja secara normal sesuai tegangan standar. Dari data tersebut dapat diartikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan perancangan dan sesuai dengan program yang telah dibuat.

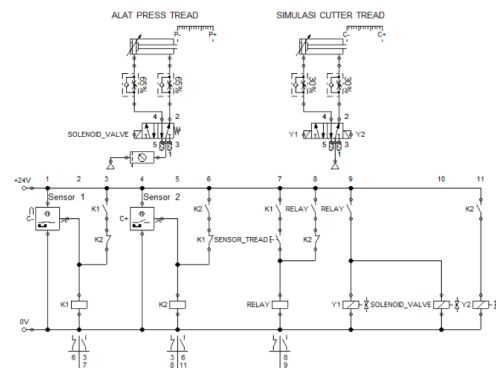
F. Sistem Kendali Pneumatik

Gambar 22 di bawah ini merupakan rangkaian sistem kendali pneumatik yang terdapat pada modifikasi *press tread* pada mesin BMC 02.03 *assembly green tire*.



Gambar 22. Mekanisme Pengendali Pneumatik

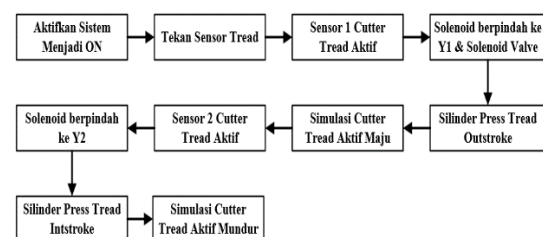
Gambar 23 dibawah ini merupakan rangkaian elektro pneumatik modifikasi *press tread* pada mesin BMC.



Gambar 23. Rangkaian Festo Fluidsim Pneumatik

G. Cara Kerja Rangkaian Pneumatik

Cara kerja berdasarkan Gambar 24 rangkaian elektro pneumatik yang sudah dibuat melalui aplikasi *festo fluidsims* adalah sebagai berikut:



Gambar 24. Cara Kerja Rangkaian Pneumatik

Penjelasan cara kerja rangkaian:

1. Ketika sistem dijalankan maka sensor 1 (C-) pada cutter akan *stand by* dan mengaktifkan koil (K1).
2. Kemudian ketika sensor *tread* aktif mendeteksi panjang *tread* maka *relay* akan aktif.
3. Setelah *relay* aktif maka akan menyebabkan *solenoid valve* aktif sehingga silinder pneumatik *press tread* bergerak maju untuk mengepres *tread* selama proses pemotongan *tread*.
4. Setelah silinder pneumatik *press tread* bergerak maju *relay* juga secara bersamaan mengaktifkan *solenoid* (Y1) sehingga mengaktifkan sistem *cutter tread* bergerak maju untuk melakukan pemotongan *tread*.
5. Selanjutnya apabila sistem *cutter tread* sudah bergerak maju untuk melakukan pemotongan *tread* maka sensor 2 (C+) akan aktif sehingga mengaktifkan koil (K2).
6. Setelah koil (K2) aktif maka *solenoid* (Y2) menjadi aktif sehingga silinder pneumatik *press tread* bergerak mundur setelah melakukan proses pemotongan *tread*.
7. Kemudian setelah silinder pneumatik *press tread* bergerak mundur maka sistem *cutter tread* akan bergerak mundur setelah melakukan proses pemotongan *tread*.

H. Silinder Pneumatik

Silinder Pneumatik yang digunakan adalah 1 Unit Silinder Pneumatik dengan merk KCC, dimensi diameter sebesar 50 mm, Panjang langkah

(Stroke) 100 mm dan diameter piston rod 20 mm. Penentuan dimensi silinder tersebut berdasarkan silinder yang tersedia dipabrik.

1. Menentukan Diameter Silinder Pneumatik

Untuk menentukan berapa besar diameter silinder yang digunakan hal pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung berapa besar gaya yang efektif untuk diberikan pada silinder pneumatik. Untuk mengetahui tekanan *press* efektif yang digunakan adalah dengan menyesuaikan spesifikasi dari *tread* melalui MTS (*Manufacturing Technical Standard*).

Tabel 9. *Manufacturing Techninal Standart Press* [27]

Kg/ cm ²	Mpa	PSI
1.5±0,5	0,15±0,5	21,34±7,11
2.0±0,5	0,20±0,5	28,45±7,11
2.5±0,5	0,25±0,5	35,56±7,11
3.5±0,5	0,34±0,5	49,78±7,11
4.5±0,5	0,44±0,5	64,01±7,11

Tabel 10. MTS *Pressure Press Green Tire BMC 02.03* [27]

Kode Size Green Tire	Pressure
G.015	
G.027	1,5 Bar
G.100	

Tabel 10. Lanjutan

G.114	
G.126	
G.138	
G.140	
G.148	
G.155	
G.310	
G.014	
G.063	
G.071	2 Bar
G.077	
G.087	
G.101	
G.108	2,5 Bar

Diketahui tekanan *press* yang efektif untuk mengepres *tread* dengan spesifikasi TJ96 untuk green tire G014 adalah sebesar 2 bar. Adapun hal yang perlu diketahui untuk menghitung besar gaya tekanan pada silinder pneumatik yaitu dilihat dari arah pemasangan silinder, pada modifikasi alat *press tread* ini silinder pneumatik dipasang vertikal ke bawah. Gravitasi yang digunakan pada perhitungan ini adalah 9,81 m/s².

Maka berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1) untuk menentukan besar diameter silinder didapatkan Gaya tekanan *press* sebesar

392,5 N. *Pressure* yang diberikan dilapangan sebesar 2 bar. R = 10%. Untuk menentukan besar silinder pneumatik penulis menggunakan persamaan (2).

Dari perhitungan menggunakan persamaan (2), maka didapatkan ukuran diameter silinder pneumatik sebesar 52 mm akan tetapi dikarenakan diameter silinder pneumatik sebesar 52 mm tidak tersedia dipabrik, maka pada penelitian ini penulis menggunakan diameter silinder pneumatik yang tersedia dipabrik yaitu dengan diameter 50 mm. Dengan penggunaan silinder pneumatik yang mendekati hasil dari perhitungan maka alat yang dihasilkan akan aman saat digunakan.

2. Mencari Gaya *Outstroke* Silinder

Berdasarkan penggunaan silinder pneumatik dengan diameter 50 mm maka dapat ditemukan gaya maju silinder dengan menggunakan persamaan (3) & (4). Berdasarkan hasil perhitungan, maka gaya yang bekerja pada saat silinder *outstroke* adalah sebesar 392,7 N.

3. Mencari Gaya *Instroke* Silinder

Berdasarkan penggunaan silinder pneumatik dengan diameter 50 mm maka dapat ditemukan gaya mundur silinder dengan menggunakan persamaan (5) & (6). Berdasarkan hasil perhitungan, maka gaya yang bekerja pada saat silinder *instroke* adalah sebesar 329,86 N.

I. Pengujian Fungsional Sistem Pneumatik

Pengujian fungsional yang dilakukan adalah untuk melihat dan menguji fungsi dari komponen-komponen yang digunakan untuk modifikasi alat *press tread*, apakah berfungsi dengan baik atau tidak. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 5. Pengujian Fungsional Komponen Sistem Pneumatik

Komponen	Performance	Keterangan
Silinder <i>Double Acting</i>	Berfungsi sebagai media penggerak untuk mengepres <i>tread</i> . Berfungsi untuk	Berfungsi Baik
<i>Solenoid Valve Single Coil 5/2</i>	menghubungkan udara yang masuk ke dalam silinder.	Berfungsi Baik
<i>Regulator Filter</i>	Untuk menghubungkan udara yang sudah difilter masuk ke dalam <i>solenoid valve</i> .	Berfungsi Baik
Kompresor	Untuk menghubungkan udara yang bertekanan ke dalam <i>regulator filter</i> .	Berfungsi Baik

Pengujian pada sistem pneumatik selanjutnya adalah dengan melakukan percobaan tekanan silinder yang sesuai untuk digunakan pada alat *press tread*. Peneliti melakukan percobaan dengan menggunakan tekanan 1-4 bar. Tabel 6 dibawah ini merupakan hasil pengujian dari percobaan tekanan pada sistem pneumatik.

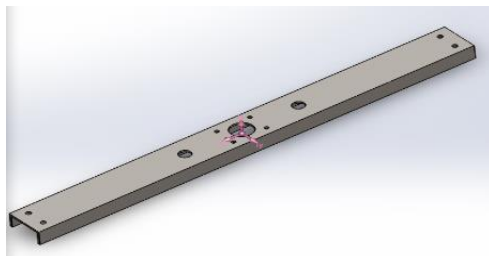
Tabel 6. Pengujian Tekanan Silinder Sistem Pneumatik

Item	Keterangan	Hasil
Percobaan Tekanan Silinder	Tekanan 1 bar	nerja silinder <i>press</i> lambat & kurang kuat.
	Tekanan 2 bar	nerja silinder <i>press</i> sesuai
	Tekanan 3 bar	nerja silinder <i>press</i> lebih cepat
	Tekanan 4 bar	nerja silinder <i>press</i> bekerja sangat cepat dan konstruksi <i>tread</i> sedikit berubah

J. Perhitungan Beban Bidang Datar

Berdasarkan seluruh perhitungan beban komponen moodifikasi *press tread* pada persamaan (15) didapatkan nilai sebesar 103,885 N.

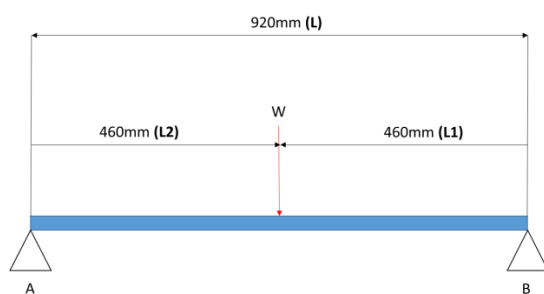
K. Perhitungan Reaksi Pembebanan



Gambar 25. Kerangka Utama Besi Kanal UNP

Total beban yang diterima rangka besi kanal UNP adalah sebesar 52,043 N.

L. Perhitungan Free Body Diagram (FBD)



Gambar 26. Free Body Diagram

Perhitungan Free Body Diagram

Diketahui:

$$\begin{aligned} L &= 0,92 \text{ m} \\ W &= 52,043 \text{ N} \\ L1 &= 0,46 \text{ m} \\ L2 &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan beban pada rangka besi peyangga utama pada persamaan (7) maka nilai dari RB adalah sebesar 52,04 N. Karena nilai L1 dan L2 sama dan juga pembebanan hanya pada satu titik maka:

$$\sum MB = \sum MA$$

$$RB = RA = 52,04 \text{ N}$$

Kerangka utama yang digunakan sebagai komponen penopang komponen lainnya, menggunakan material besi kanal UNP 80 x 45 x 5 dengan panjang 920 mm

$$\begin{aligned} \text{a. } I_y &= 19,4 \text{ cm}^4 = 19,4 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ \text{b. } E &= 200 \text{ Gpa} = 200 \times 103 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga defleksi maksimal pada kerangka utama menggunakan persamaan (8) didapatkan hasil sebesar $y_c = 0,22 \text{ mm}$. Sedangkan defleksi yang diizinkan pada kerangka utama didapatkan hasil sebesar 3,83 mm.

Tabel 7. Keamanan Pembebanan

No	Defleksi Yang Terjadi (mm)	Defleksi Yang Diizinkan (mm)	Status
1.	0,22 mm	3,83 mm	Aman

M. Perhitungan Kekuatan Sambungan Baut

Jika bahan baut yang digunakan dalam perancangan ini berasal dari Alloy Steel maka didapat tegangan tarik (σ) yaitu sebesar 723,8256 N/mm². Factor of Safety yang digunakan dalam perancangan baut ini adalah 4 hal ini dikarenakan baut menerima beban steady load. Sehingga didapatkan nilai tegangan tarik izin baut pada persamaan (16) sebesar (σ allowable) 180,95 N/mm².

Mencari tegangan geser izin komponen baut dapat dicari dengan menggunakan persamaan (18) dan didapatkan nilai sebesar (τ) 130,82 N/mm².

a) Tegangan Geser dan Tegangan Tarik Baut Pada Besi Siku

Beban total baut pada besi siku oleh komponen keseluruhan yang diterima adalah sebesar 96,897 Newton. Tegangan geser yang terjadi pada baut pada besi siku dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dan didapatkan nilai tegangan geser pada baut sebesar 0,31 N/mm². Sedangkan perhitungan tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan dapat diketahui bahwa nilai dari tegangan tarik pada baut adalah 1,22 N/mm²

Tabel 8. Keamanan Tegangan Geser Baut Besi Siku

No	Tegangan Geser Aktual (N/mm ²)	Tegangan Geser Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	0,31 N/mm ²	130,82N/mm ²	Aman

Tabel 9. Keamanan Tegangan Tarik Baut Besi Siku

No	Tegangan Tarik Aktual (N/mm ²)	Tegangan Tarik Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	1,22 N/mm ²	180,95N/mm ²	Aman

b) Tegangan Geser dan Tegangan Tarik Baut Pada Besi Kanal UNP

Beban total baut pada besi kanal UNP oleh komponen keseluruhan yang diterima adalah sebesar 75,549 Newton. Tegangan geser yang terjadi pada baut besi kanal UNP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dan didapat tegangan geser pada baut sebesar 0,38 N/mm². Sedangkan perhitungan tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan dapat diketahui bahwa nilai dari tegangan tarik pada baut adalah 1,50 N/mm²

Tabel 10. Keamanan Tegangan Geser Baut Besi Kanal UNP

No	Tegangan Geser Aktual (N/mm ²)	Tegangan Geser Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	0,38 N/mm ²	130,82N/mm ²	Aman

Tabel 11. Keamanan Tegangan Tarik Baut Besi Kanal UNP

No	Tegangan Tarik Aktual (N/mm ²)	Tegangan Tarik Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	1,50 N/mm ²	180,95N/mm ²	Aman

c) Tegangan Geser dan Tegangan Tarik Baut Pada Penopang Plat Roll

Beban total baut pada penopang plat roll oleh komponen keseluruhan yang diterima adalah sebesar 17,64 Newton. Tegangan geser yang terjadi pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dan didapat tegangan geser pada baut sebesar 0,056 N/mm². Sedangkan perhitungan tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9) dan dapat diketahui bahwa nilai dari tegangan tarik pada baut adalah 0,22 N/mm²

Tabel 12. Keamanan Tegangan Geser Baut Penopang Plat Roll

No	Tegangan Geser Aktual (N/mm ²)	Tegangan Geser Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	0,056N/mm ²	130,82N/mm ²	Aman

Tabel 13. Keamanan Tegangan Tarik Baut Penopang Plat Roll

No	Tegangan Tarik Aktual (N/mm ²)	Tegangan Tarik Yang Diizinkan (N/mm ²)	Status
1.	0,22 N/mm ²	180,95N/mm ²	Aman

N. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las

Dalam proses pengelasan ini menggunakan jenis elektroda 6013 dimana elektroda tersebut memiliki spesifikasi tegangan tarik sebesar 406,27 N/mm². Profil besi siku 50x70mm yang akan dilas yaitu mempunyai tebal (t) sebesar 5 mm, sehingga untuk melakukan pengelasan tebal las yang direkomendasikan untuk tebal 5 mm adalah 3 mm. Sedangkan untuk factor safety yang digunakan adalah 12.

a) Menghitung Tegangan Tarik Izin

Untuk menghitung tegangan tarik yang diijinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (17) dan dapat diketahui bahwa tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 33,85 N/mm².

b) Menghitung Tegangan Geser Izin

Untuk menghitung tegangan geser yang diijinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (18) dan didapatkan nilai tegangan geser izin sebesar 73,13 N/mm².

c) Beban Maksimal Sambungan Las Besi Siku

Pengelasan dilakukan pada komponen besi siku dengan bodi mesin sebagai penopang keseluruhan komponen modifikasi *press tread*. Sehingga beban total maksimal keseluruhan yang diterima adalah sebesar 106,041 N

d) Beban Maksimal Yang Diizinkan

Adapun beban maksimal yang diizinkan untuk menerima beban total keseluruhan pada pengelasan besi siku dengan bodi mesin berdasarkan persamaan (12) adalah sebesar (*Pijin*) 22.567,6 N

Tabel 14. Keamanan Beban Pengelasan

No	Beban Aktual (N)	Beban Maksimal Yang Diizinkan (N)	Status
1.	106,041 N	22.567,6 N	Aman

e) Kekuatan Sambungan Las Melingkar Adjuster

Beban maksimal yang diterima pengelasan pada adjuster yaitu sebesar 24,359 N. Untuk mengetahui luas area pengelasan terlebih dahulu mencari ketebalan leher las persamaan (11) dan didapat nilai 2,12 mm.

Setelah itu mencari luas lebar pengelasan dengan perhitungan menggunakan persamaan (11) dan persamaan (13) karena area penampang berbentuk lingkaran, didapat nilai 106,50 mm². Adapun beban maksimal yang diizinkan untuk menerima beban total dan tegangan tarik pada pengelasan melingkar adjuster berdasarkan persamaan (12) adalah sebesar (*Pijin*) 3.607,02 N

Tabel 15. Kekuatan Sambungan Las Melingkar Adjuster

No	Beban Aktual (N)	Beban Maksimal Yang Diizinkan (N)	Status
1.	24,359 N	3.607,02 N	Aman

O. Analisis Sebelum dan Setelah Modifikasi

Analisis yang dilakukan pada modifikasi *press tread* ini yaitu dengan menggunakan uji *paired sample T test* dengan pengambilan data sebanyak 20 data setiap melakukan pengujian. Berikut data yang diambil sebelum dilakukannya modifikasi sistem terdapat pada Tabel 16.

Tabel 16. Data Sebelum Modifikasi

Sample	Hasil
--------	-------

	Jumlah Sample (pcs)	Banyaknya Defect TOS (pcs)	Persentase (%)
1	185	2	1,081
2	201	3	1,493
3	210	6	2,857
4	198	4	2,020
5	200	4	2,000
6	189	3	1,587
7	202	4	1,980
8	200	1	0,500
9	200	3	1,500
10	195	5	2,564
11	203	4	1,970
12	200	6	3,000
13	202	4	1,980
14	198	1	0,505
15	205	5	2,439
16	200	4	2,000
17	200	5	2,500
18	195	1	0,513
19	205	6	2,927
20	206	3	1,456

Sedangkan untuk hasil pengujian setelah dilakukan modifikasi dengan pengambilan data sebanyak 20 data dapat dilihat pada Tabel 17 di bawah ini.

Tabel 17. Data Setelah Modifikasi

Sample	Hasil		
	Jumlah Sample (pcs)	Banyaknya Defect TOS (pcs)	Persentase (%)
1	200	1	0,500
2	205	2	0,976
3	198	0	0,000
4	195	3	1,538

Tabel 17. Lanjutan

5	203	1	0,493
6	210	2	0,952
7	203	2	0,985
8	200	1	0,500
9	205	1	0,488
10	195	3	1,538
11	200	1	0,500
12	205	2	0,976
13	200	2	1,000
14	195	3	1,538
15	200	0	0,000
16	200	1	0,500
17	194	0	0,000
18	201	1	0,498
19	205	2	0,976
20	200	2	1,000

Untuk melakukan analisis menggunakan uji *paired sample T test*, maka perlu menentukan dasar pengambilan keputusan. Salah satu aspek yang ditentukan adalah nilai signifikansi. Dimana nilai signifikansi yang umum digunakan yaitu 5 % atau 0,05 [28]. Sehingga dasar pengambilan keputusannya adalah sebagai berikut.

1. Jika nilai sig. (2 – failed) < 0,05, dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan yang

signifikan antara persentase data *before* dengan persentase data *after*.

2. Jika nilai sig. (2 – failed) > 0,05, dapat diartikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara persentase data *before* dengan persentase data *after*.

Berikut adalah hasil dari pengujian uji *paired sample T test* menggunakan aplikasi SPSS terdapat pada Gambar 27.

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Data Before	1.84366211	20	.773995816	.173070726
Data After	.97288723	20	1.060825707	.237207839

Gambar 27. Hasil Pengujian Paired Sample Statistic

Dari gambar 12, dapat diperoleh hasil yaitu rata – rata persentase *defect TOS* pada data sebelum modifikasi yaitu sebesar 1,84 % dari 20 kali pengambilan sampel data. Sedangkan pada data setelah modifikasi diperoleh rata – rata *defect TOS* yang terjadi selama pengambilan 20 sampel data yaitu sebesar 0,97 %.

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 Data Before - Data After	.870774675	1.475250937	.329876138	1.80336184	1.561213567	2.640	19	.016

Gambar 28. Hasil Pengujian Paired Sample Statistic

Pada hasil gambar 13, diperoleh bahwa nilai sig. (2-tailed) sebesar 0,016. Hal tersebut berarti nilai sig. (2-tailed) kurang dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya modifikasi *press tread* dapat mempengaruhi hasil dari *defect TOS* yang sering terjadi. Dari gambar 12, rata-rata penurunan *defect* dari data yang diambil sebanyak 20 data yaitu sebesar 0,87 %.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dengan dilakukan modifikasi alat *press tread* pada mesin BMC 02.03, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu pada pengujian sistem kontrol elektrik %*error* tegangan yang dihasilkan *output* indikator *start/ready* (Y68) yaitu 0,08% dan *output* motor *conveyor* (Y7F) yaitu 0,04% dengan tegangan standar 24 VDC serta terminal *output solenoid press* (Y91) yaitu 1,31% dengan tegangan standar 220 VAC. Dengan demikian tegangan keluaran pada setiap *output module* bekerja sesuai standar. Tekanan yang diperlukan pada sistem pneumatik pada alat *press tread* adalah sebesar 2 bar agar alat *press tread* bekerja dengan efektif mengacu pada hasil uji

verifikasi sistem kendali pneumatik. Kemudian analisa kekuatan material yang digunakan yaitu perhitungan pembebanan pada kerangka utama *press tread*, perhitungan kekuatan sambungan baut, dan perhitungan kekuatan sambungan las dengan hasil desain perancangan kontruksi *press tread* dinyatakan aman untuk digunakan karena nilai hasil perhitungan sesuai dengan standar yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prasetyo and W. Sutopo, "Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek Dan Arah Perkembangan Riset," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, p. 17, 2018, doi: 10.14710/jati.13.1.17-26.
- [2] Departemen Produksi, *Key Performance Indicator Building Plant B & H*. Tangerang: PT Tire Motorcycle, 2020.
- [3] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [4] A. N. Fadillah and A. Wirawan, "Modifikasi Sistem Kontrol Dancing Roll Menggunakan Proximity Analog Pada Mesin ATE-4," Politeknik Gajah Tunggal, 2019.
- [5] T. H. Saputra and C. Hendriarto, "Rancang Bangun Mesin Air Press Assy Otomatis Berbasis PLC," *J. Appl. Smart Electr. Netw. Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–4, 2020, doi: <https://doi.org/10.52158/jasens.v1i02.126>.
- [6] Mitsubishi Electric, "Your First PLC," [Online], 2016. <https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/satellite/data/jy997d57601c.pdf> (accessed May 22, 2021).
- [7] D. T. Nugroho, Y. Ramadhani, and T. Herdantyo, "Penerapan PLC HMI (Human Machine Interface) Untuk Monitoring Objek Pada Sistem Konveyor," pp. 1–11, 2018.
- [8] A. Mubyarto, W. Hp, A. Taryana, and M. Munawar, "Perancangan Prototipe Sistem Konveyor Di Industri Dilengkapi Dengan Sistem Pemisah Benda Berdasarkan Warna, Ukuran Dan Jenis Benda Berbasis PLC Mitsubishi FX2N," *Techno*, vol. 18, no. 1, pp. 7–14, 2017, doi: 10.30595/techno.v18i1.1418.
- [9] Kadirun, Hasanuddin, and Aryanto, "Penerapan Sistem Stop Sign Pada Pertigaan Jalan Berbasis Sensor Photoelectric Studi Kasus Pada PT Chevron Pacific Indonesia," *J. Fasilkom*, vol. 5, no. 2, pp. 1–9, 2016, doi: <https://doi.org/10.37859/jf.v5i2.793>.
- [10] Omron, "Built-in Power Supply Photoelectric Sensor E3JM," [Online], 2020. https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v7/e3jm_datasheet_en.pdf (accessed May 23, 2021).
- [11] R. A. Rukshna, S. Anusha, E. Bhuvaneshwarri, and T. Devashena, "Interfacing of Proximity Sensor With My-RIO Toolkit Using LabVIEW," *Int. J. Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 562–566, 2015.
- [12] R. G. Guntara and R. A. Famytra, "Pembangunan Aplikasi Panduan Memasak Menggunakan Sensor Proximity Sebagai Fitur Air Gesture Pada Platform Android," *J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [13] Omron Industrial Automation, "E2E Series 2 mm Sensing Distance Proximity Sensor With M12 4-Pin Connector," [Online], 2017. <http://products.omron.us/item/compact-cylindrical/e2e-dc-3-wire/e2e-x2e1-m1> (accessed May 24, 2021).
- [14] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," *J. Teknol. Elektro Univ. Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v8i2.1601>.
- [15] Omron, "Miniature Power Relays MY," [Online], 2018. http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/my_ds_e7_3_csm59.pdf (accessed May 24, 2021).
- [16] A. Syahril and M. F. Hidayat, "Perancangan Ulang Peralatan Pneumatik Berbasis Programmable Logic Control (PLC) Untuk Kegiatan Praktikum," *Konveksi Energi dan Manufaktur UNJ*, no. April, pp. 40–49, 2018.
- [17] E. P. Ismet and M. Haris, "Analisa Sistem Pneumatik Alat Pemotong Serat Alam," *J. Momentum*, vol. 19, no. 2, pp. 50–56, 2017, doi: 10.21063/JM.2017.V19.2.50-56.
- [18] Y. L. Bahtiar and F. T. Prasetyo, "Mesin Pengepres Plastik Dengan Sistem Penggerak Pneumatik," *J. Tek. Mesin*, pp. 1–9, 2018.
- [19] F. I. Anditha, T. Kabul, and W. Ym, "Perancangan dan Simulasi Elektro Pneumatik Holder Machinin Pada Sheet Metal Shearing Machine," *Profisiensi*, vol. 5, no. 1, pp. 51–60, 2017.
- [20] L. A. N. Wibawa, "Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas Di Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga," vol. 5, no. 2, pp. 45–50, 2019.
- [21] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A textbook of Machine Design*, 14th ed., no. I. NEW DELHI: Eurasia Publishing House, 2005.
- [22] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *Machine Design*, 5th ed., no. I. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [23] R. L. Mott, *Elemen - Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis: Perancangan Elemen Mesin Terpadu*, I. Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [24] A. R. Sukma and A. Ramadhan, "Modifikasi Lorry Sebagai Alat Pengangkut Bead Finish Di Area Bead Grommet Plant D&K PT GTR," Politeknik Gajah Tunggal, 2019.
- [25] E. Prasetyo, R. Hermawan, M. N. I. Ridho,

- and I. I. Hajar, "Analisis Kekuatan Rangka pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solid Works," vol. 13, no. 3, pp. 299–306, 2020.
- [26] S. H. Maharani and N. Kholis, "Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Persentase Nilai Error Karbonmonoksida (CO) Dan Hidro Hidrokarbon (HC) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (VGD)," *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. 03, pp. 569–578, 2020.
- [27] Departemen Technical, *Manufacturing Technical Standard Mesin HBT Tire Building*. Tangerang: PT Tire Motorcycle, 2021.
- [28] C. Montolalu and Y. Langi, "Pengaruh Pelatihan Dasar Komputer dan Teknologi Informasi Bagi Guru-Guru dengan Uji-T Berpasangan (Paired Sample T-Test)," *J. Mat. dan Apl.*, vol. 7, no. 1, p. 44, 2018, doi: 10.35799/dc.7.1.2018.20113.