

## Desain dan Pengembangan Mesin Press Biobriket Menggunakan *Elektro-Pneumatik* Sistem berbasis PLC

Muhammad Razi<sup>\*1</sup>, Turmizi<sup>2</sup>, Syukran<sup>3</sup>, Zulkifli<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

Email : <sup>1\*</sup>razi.pnl@pnl.ac.id, <sup>2</sup>turmizi@pnl.ac.id,

<sup>3</sup>syukran@pnl.ac.id, <sup>4</sup>zulkiflipnl5@pnl.ac.id

### Abstrak

**Abstrak**— Artikel ini menjelaskan tentang desain dan pengembangan mesin press biobriket menggunakan sistem elektro pneumatik sebagai penggerak utama untuk proses penekanan briket, pengisian bahan baku dan proses pengeluaran briket dari silinder pencetaknya. Mesin ini terdiri dari tiga silinder pneumatik yang masing masing berfungsi sebagai poros penekan dan mengeluarkan briket dari silindernya (*Ram*), memasukkan dan mengeluarkan silinder pengisi (*feeder*) dan pelat penahan cetakan (*die*) dari bawah tempat pemrosesan briket, dan tiga katup pengontrol tekanan dan katup pengatur arah, katup kontrol tekanan dan katup kontrol arah dikendalikan oleh logika yang di program pada ladder program PLC. Ladder logic dikembangkan di PLC untuk mengatur aktuasi (DCVs). DCVs membuat mesin press briket sepenuhnya bekerja secara otomatis tanpa ada intervensi manual sehingga akan meningkatkan akurasi dan efisiensi mesin press. Penelitian ini bertujuan menghasilkan mesin produksi biobriket yang bekerja secara otomatis dengan multi cyclus produksi, tekanan yang dapat di variasikan, dan mampu memproduksi biobriket dengan kapasitas dan kualitas yang tinggi. Pengaturan sistem gerak maju mundurnya silinder pencetak, poros penekan dan pelat penahan cetakan dikontrol oleh ladder program didalam PLC. Mesin ini menggunakan 3 unit double acting silinder bertekanan masing masing 10 bar untuk melakukan proses press biobriket, mengeluarkan dan memasukkan silinder cetakan dan die ketempat pemrosesan. Hasil penelitian menunjukkan mesin press bekerja secara efektif dengan multi siklus produksi. Dalam satu siklus produksi mesin ini mampu menghasilkan 40 briket dalam waktu 12 menit.

**Kata kunci ;** *Biobriket, PLC , Elektro-pneumatik, Digital Control Valves(DCVs), siklus produksi*

### Abstract

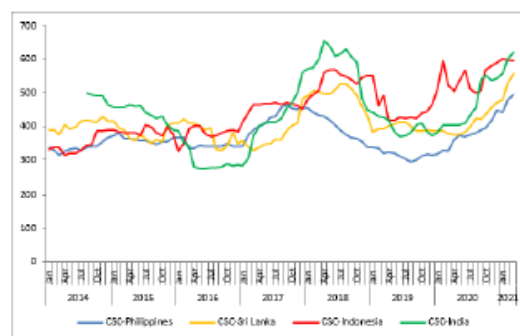
This article describes the design and development of a biobriquetting press machine using an electro pneumatic system as the main drive for the process of pressing briquettes, filling raw materials and the process of removing briquettes from the molding cylinder. This machine consists of three pneumatic cylinders, each of which functions as a pressing shaft and ejects briquettes from the cylinder (*Ram*), inserts and ejects the filling cylinder(*feeder*) and the mold retaining plate(*die*) from under the briquette processing frame, and three pressure control valves and direction control valves, pressure control valves and direction control valves controlled by logic programmed in the PLC ladder program. Ladder logic is developed in the PLC to regulate the actuation of DCVs. DCVs make the briquette press machine work fully automatically without any manual intervention so that it will increase the accuracy and efficiency of the press machine. This research aims to produce a biobriquette production machine that works automatically with multi-cycle production, pressure that can be varied, and is able to produce biobriquettes with high capacity and quality. The system settings of the back-and-forth motion

of the molding cylinder, the pressing shaft and the mold retaining plate are controlled by the ladder program in the PLC. This machine uses 3 units of double acting cylinders with a pressure of 10 bar each to press biobriquettes, remove and insert mold cylinders and dies into the processing area. The results showed that the press machine works effectively with multiple production cycles. In one production cycle this machine is capable of producing 40 briquettes in 12 minutes.

**Keywords**— *Biobriquettes, PLC, Electro-pneumatics, Digital Control Valves (DCVs), production cycle*

## 1. PENDAHULUAN

Tingginya permintaan biobriket khususnya biobriket dari tempurung kelapa dipasar internasional seperti; Timur Tengah, Turki, Eropa, Amerika, dan Jepang merupakan sebuahpeluang bisnis yang bisa dimanfaatkan oleh pengusaha yang ada di Indonesia khususnya Aceh. Pada Tahun 2018, total ekspor arang kelapa dari Indonesia ke Arab Saudi mencapai nilai \$ 36.554.000, . Sedangkan total impor negara ini untuk produk yang sama dari seluruh dunia bernilai \$ 64.993.000. Data ini menunjukkan bahwa Indonesia hanya menguasai 56% pasar arang Arab Saudi dan hanya memanfaatkan setengah kemampuan produksi arang kelapa. Potensi ekspor arang Indonesia sangat luas untuk Arab Saudi berdasarkan data Trademap, 2019 yang dapat dilihat pada gambar 1. Sebagaimana data BPS yang diolah Ditjen . Perkebunan tahun 2019 bahwa ekspor arang kelapa Indonesia termasuk didalamnya arang tempurung kelapa sebesar 188,05 ribu ton dengan nilai ekspor mencapai USD 145,09 juta. Produk arang kelapa Indonesia paling banyak diekspor ke negara China, Brazil, Jerman,Lebanon, Malaysia, Belanda, Rusia, Saudi Arabia, Srilangka dan Vietnam. Eksportir utama karbon aktif; produk mineral alam yang diaktifkan. Pengimpor terbesar didunia untuk komoditas produk ini pada tahun 2020 yaitu : Cina 18,5% dari ekspor dunia (\$464 juta), Amerika Serikat 14,2% (\$356 juta), India 8,9% (\$222 juta), Jerman 6,35% (\$ 159 juta), Belgia 5,77% (\$ 144 juta). ton dengan nilai ekspor mencapai USD 145,09 juta. Produk arang kelapa Indonesia paling banyak diekspor ke negara China, Brazil, Jerman, Lebanon, Malaysia, Belanda, Rusia, Saudi Arabia, Srilangka dan Vietnam. Eksportir utama karbon aktif; produk mineral alam yang diaktifkan. Pengekspor kelompok komoditas ini terbesar di dunia pada tahun 2020 yaitu : Cina 18,5% dari ekspor dunia (\$464 juta), AmerikaSerikat 14,2% (\$356 juta), India 8,9% (\$222 juta), Jerman 6,35% (\$ 159 juta), Belgia 5,77% (\$ 144 juta).



Gambar 1. Harga Arang Tempurung Kelapa dalam US\$/MT (FOB) Di Filipina, Sri Lanka, Indonesia, dan India Januari 2014-Januari 2021[1]

Pada 2019 ekspor arang kelapa Indonesia termasuk di dalamnya coconut charcoal sebesar 188,05 ribu ton dengan nilai ekspor mencapai USD 145,09 juta. Produk arang kelapa

Indonesia paling banyak diekspor ke negara China, Brazil, Jerman, Lebanon, Malaysia, Belanda, Rusia, Saudi Arabia, Srilangka dan Vietnam. Tingginya permintaan pasar internasional terhadap biobriket arang tidak diimbangi dengan kapasitas produksi, importir biobriket Indonesia kewalahan dalam memenuhi permintaan konsumen internasional karena terbatasnya mesin produksi briket dari arang kelapa, biobriket arang selama ini di produksi secara manual dengan mesin press hidrolik , mesin ini memiliki 36 silinder pencetak briket, dalam sekali cetakan menghasilkan 36 briket dalam waktu 10 menit, sehingga dalam satu jam bisa menghasilkan 302 batang briket [2], kekurangan mesin ini kapasitas tekanannya tidak bisa divariasikan dan proses pengisian bahan baku ke cetakan membutuhkan waktu yang relatif lama.

Penelitian sebelumnya , mesin pencetak biobriket menggunakan system elektro pneumatic dengan variasi tekanan antara 5 – 10 bar . Mesin di lengkapi dengan 4 buah silinder pencetak dan proses pengisian material briket sebelum proses pencetakan sedikit terkendala, hal ini disebabkan karena silinder pencetak biobriket tepat berada dibawah poros pencetak sehingga mengurangi ruang gerak operator saat melakukan pengisian bahan baku. Mesin pencetak ini mampu mencetak 4 unit biobriket padat dalam waktu 5 menit, dan dalam 1 jam mampu mencetak 120 unit biobriket [3, 4], sehingga kemampuan mesin ini perlu ditingkat lagi. Pada penelitian sebelumnya mesin pencetak biobriket yang telah di hasilkan oleh peneliti memiliki empat buah die and male menggunakan sistem elektro pneumaatik bertekanan 10 Bar [3,5]. Gerak maju sistem penekan dilakukan dengan sistem elektro pneumatik , dengan sistem pengisian bahan baku biobriket masih dilakukan secara manual, dimana hanya dilengkapi dengan satu unit double acting silinder yang berfungsi untuk menekan dan mengekuarkan biobriket dari selongsongnya, gerak maju dan mundurnya silinder penekan masih dilakukan secara manual, belum ada pengaturan gerak silinder dan juga belum ada pengaturan waktu gerak silinder penekan. Kondisi ini akan membahayakan operator pada saat proses pengisian bahan baku, jika pada saat pengisian bahan baku biobriket sedang berlangsung tanpa sengaja tertekan tombol gerak maju dari silinder penekan akan menimbulkan kecelakaan bagi operatornya.

Automatic Control of Hydraulic Machine using PLC. Pada penelitian ini sebuah PLC diaplikasi pada sebuah mesin press hidrolik semi otomatis, mesin tersebut digunakan untuk mengassembly bagian motor. Tekanan tinggi dari mesin hidrolik diberikan pada semua objek selama proses assembly, sebuah mesin hidrolik control otomatis ditawarkan menggunakan PLC, limit switch dihubungkan dengan unit control dari PLC. limit switch ini berfungsi untuk mengontrol gerakan naik turunnya solenoid dalam mesin hidrolik. Dengan menggunakan system kontrol ini bagian motor yang di assembly tidak akan mengalami kerusakan. [6][7].

Design and fabrication of hydraulically operated machine for making briquette from agricultural waste; Mesin ini digerakkan oleh dongkrak hidrolik, dongkrak hidrolik memberikan gaya mekanik untuk menggerakkan piston naik turun dalam silinder pencetak. Dongkrak hidrolik dilengketkan pada bagian bawah kerangka mesin, sedangkan piston digunakan untuk meneruskan energy dari dongkrak hidrolik kedalam silinder pencetak briket. terdiri dari enam belas silinder pencetak yang disatukan dalam satu selungkup, masing masing silinder terdapat sebuah piston pencetak yang meneruskan gaya tekan pada bagian bawah piston kedalam silinder pencetak briket Hasil pengujian peralatan menunjukkan konsentrasi pengikat tertinggi rasio, 30% dan 40% menghasilkan briket terbaik[8]

Design And Manufacturing Of Briquette Making Machine An Alternative Source of Energy. Mesin ini mempunyai bagian utama seperti motor listrik, pulley bel penggerak yang dihubungkan ke kopling dan hopper dengan screw , hooper berfungsi untuk memberikan umpan kepada screw press yang terdapat dalam mesin. Mesin ini mampu memproduksi briket

sebanyak 0.95 kg/s, dan mudah untuk difabrikasi [9].

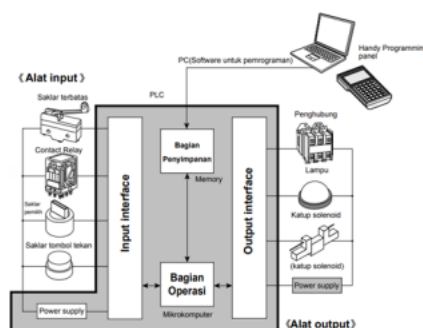
beberapa faktor yang mempengaruhi sifat briket bioarang adalah berat jenis bahan baku atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, tekanan pengempaan, dan pencampuran formula bahan baku briket. Briket yang baik adalah briket yang memiliki permukaan yang halus dan tidak meninggalkan bekas hitam pada tangan. Selain itu, briket bioarang juga harus mudah dinyalakan, emisi gas dari hasil pembakaran tidak mengandung racun, kedap air, bila disimpan dalam waktu yang lama briket tidak akan berjamur, menunjukkan upaya laju pembakaran yang baik.[10]

Briket biomassa dibandingkan pembakaran biomassa secara langsung menghasilkan panas lebih tinggi per satuan volume serta memudahkan transportasi karena briket biomassa dibuat dengan menekan limbah biomassa menjadi bentuk tertentu dan lebih padat. Briket yang baik juga harus memenuhi standar yang telah ditentukan, hal ini berguna sebagai data pembandingan, sehingga dapat diketahui kualitas briket yang dihasilkan. Standar kualitas briket dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar Kualitas Briket Secara Umum [10]

Parameter	Jepang	USA	Inggris	Indonesia (SNI 1/6235/2000)
Nilai kalor (Cal/G)	5000 – 6000	4000 – 6500	5870 ≤	5000
Kadar abu (%)	5 - 7	16	8 – 10	≤ 8
Kadar air (%)	6 – 8	6	3 – 4	≤ 8
Zat terbang(%)	15 – 30	19 – 28	16.4	≤ 15
Karbon terikat(%)	60 - 80	60	75	≤ 77

Programmable Logic Controller (PLC) 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 Personal Computer (PC) [11]. 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 [12]. Gambar 2 di bawah ini menunjukkan diagram blok PLC secara umum.

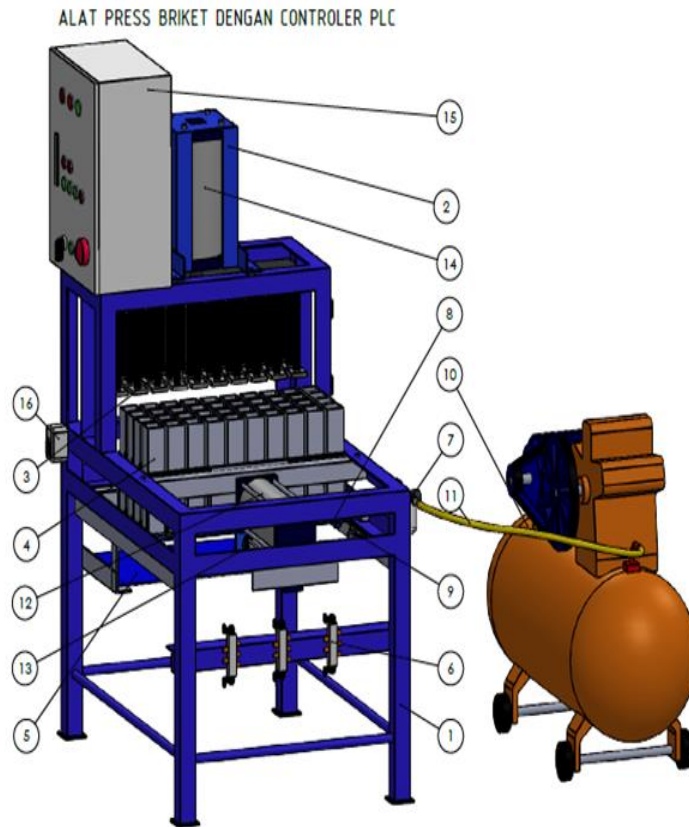


Gambar 2 . Blok Diagram PLC [11]

## 2. METODE PENELITIAN

## 2.1 Redesain Mesin

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya [3, 4], dengan melakukan redesain dan fabrikasi ulang mesin pencetak biobriket menggunakan system elektro pneumatik dengan tekanan maksimum 10 Bar, Redesain gambar mesin press biobriket ditunjukkan pada gambar 3



Gambar.3 Mesin pencetak biobriket dan komponen komponennya

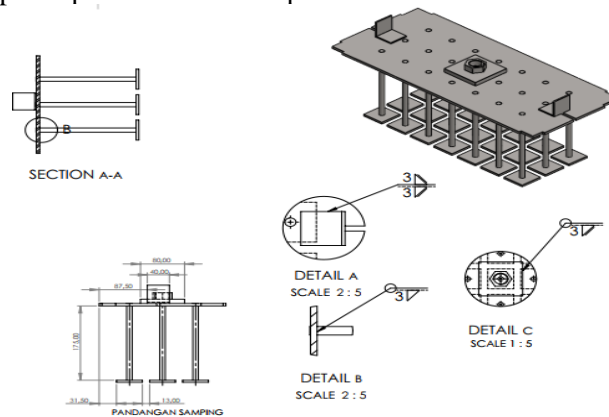
Keterangan Gambar :

1. Kerangka utama mesin
2. Frame dudukan Double Acting Silinder
3. Poros penekan
4. Silinder pengisian bahan baku
5. Pelat penahan cetakan (die)
6. Seleniod pressure control valve
7. Air filter compressor
8. Kerangka dudukan dan penahan piston pengisi bahan baku
9. Limit switch
10. Kompresor
11. Selang udara
12. Double Acting Silinder (B) berfungsi mengeluarkan dan memasukkan silinder pengisi
13. Double Acting Silinder © berfungsi mengeluarkan dan memasukkan papan cetakan briket

14. Double Acting Silinder (A) berfungsi mengepres briket dan mengeluarkan briket dari Ram.

## 2.2 Pengepress Biobriket

Pengepress biobriket didesain terdiri 40 poros pencetak yang berfungsi sebagai Ram , sedangkan bentuk cetakan biobriket berbentuk balok persegi Panjang dengan bagian tengah dari poros pencetak difabrikasi selain berfungsi sebagai penekan juga berfungsi sebagai pelubang bagian tengah dari biobriket , sehingga akan di hasilkan biobriket yang berlubang pada bagian tengahnya. . Gambar 4. poros penekan dan ram pencetak biobriket.



Gambar 4. Poros penekan (ram) dan die pencetak biobriket

## 2.3 Refabrikasi

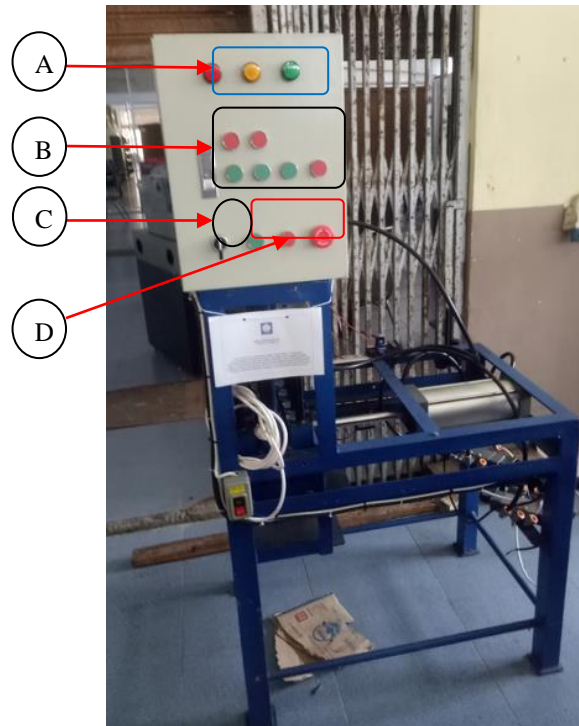
Fabrikasi ulang dilakukan dengan mengoptimalkan kinerja mesin press, jika pada penelitian terdahulu mesin press briket hanya terdiri dari 4 silinder pencetak, maka pada penelitian lanjutan jumlah silinder pencetak briket ditambah menjadi 40 silinder. Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan 1 double acting silinder sistem elektro pneumatik yang berfungsi hanya untuk proses press briket, pada penelitian ini mesin sudah menggunakan 3 double acting silinder elektro pneumatik sistem yang berfungsi untuk proses penekanan, proses mengeluarkan silinder pencetak (feeder) dan papan penahan (die) dari tempat pemofresan. Jika pada penelitian terdahulu sistem gerak mesin hanya bergerak dalam arah vertikal saja hanya untuk proses pengepresan dan di kontrol secara manual, maka pada penelitian ini sistem kerja mesin bergerak dalam dua sumbu absis yaitu vertikal dan horizontal, sistem gerak mesin telah di kontrol menggunakan PLC controller dan mesin bekerja full otomatis dan bekerja dengan multi siklus produksi. Hasil fabrikasi ulang mesin press biobriket dengan pengontrolan PLC dapat dilihat pada gambar 5.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Redesain dan Refabrikasi Mesin Press Biobriket

Mesin ini merupakan hasil dari pengembangan penelitian mesin sebelumnya [3 , 4] yang menggunakan system elektro pneumatic sebagai sumber penggerak dan hanya memiliki 4 silinder pencetak, sehingga produktivitas mesin tersebut masih kurang efisien, selain itu mesin press briket tersebut mempunyai beberapa kekurangan dibandingkan hasil redesain dan manufacturing mesin sekarang, terutama pada proses pengisian material dasar pembuat briket, silinder pengisi bahan baku bersifat kaku tidak bisa dikeluarkan dari tempat pemofresan cetakan sehingga akan menyulitkan proses pengisian bahan baku dan pengeluaran biobriket dari

cetakanya, hal ini tentu akan berpotensi menimbulkan kecelakaan bagi operatornya , karena letak poros penekan dengan silinder pengisi bahan baku berada pada satu sumbu dan bersifat kaku. Selain itu mesin press briket hasil fabrikasi terdahulu juga mempunyai keterbatasan dalam produktivitas , dimana dalam satu siklus produksi hanya mampu mencetak 4 buah briket padat



Gambar 5. Hasil redesign dan refabrikasi mesin press biobriket

Hasil desain dan fabrikasi sistem kontrol pada mesin briket ini dibagi dalam dua kelompok yaitu panel luar dan panel bagian dalam, komponen komponen yang terletak pada panel luar terdiri dari 4 komponen utama yaitu panel A terdiri dari tiga buah lampu dengan warna yang berbeda untuk menunjukkan status operasi mesin, lampu hijau menunjukkan mesin sedang beroperasi, lampu kuning menunjukkan bahwa mesin dalam proses persiapan untuk operasi atau bahwa ada proses persiapan tertentu yang harus diselesaikan sebelum mesin dapat berfungsi sepenuhnya. Sedangkan lampu merah menunjukkan bahwa mesin telah dihentikan atau tidak dapat dioperasikan karena alasan tertentu, seperti kegagalan sistem utama atau perlunya perawatan mendesak. Panel B menunjukkan selector switch mode manual , panel C merupakan selector switch untuk memindahkan mode operasi mesin, dan panel D menunjukkan selector switch mode auto. Seangkan panel bagian dalam dapat dilihat pada gambar 6.

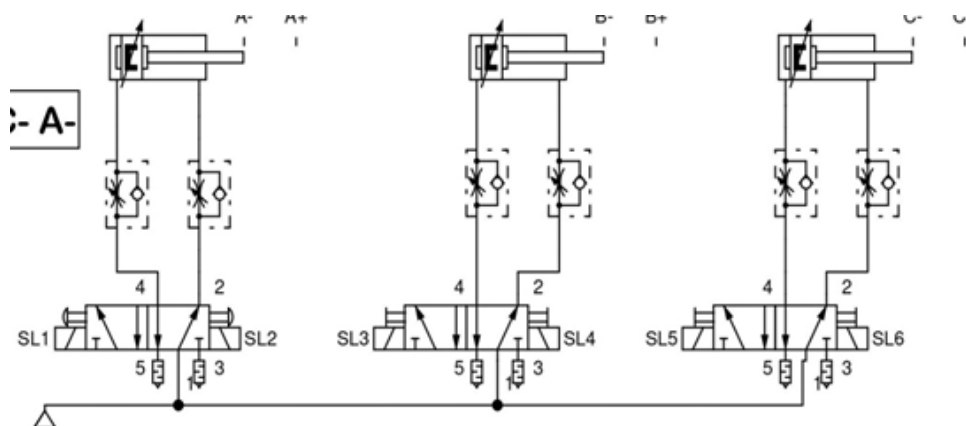


Gambar 6. Panel bagian dalam sistem kontrol mesin press biobriket hasil refabrikas

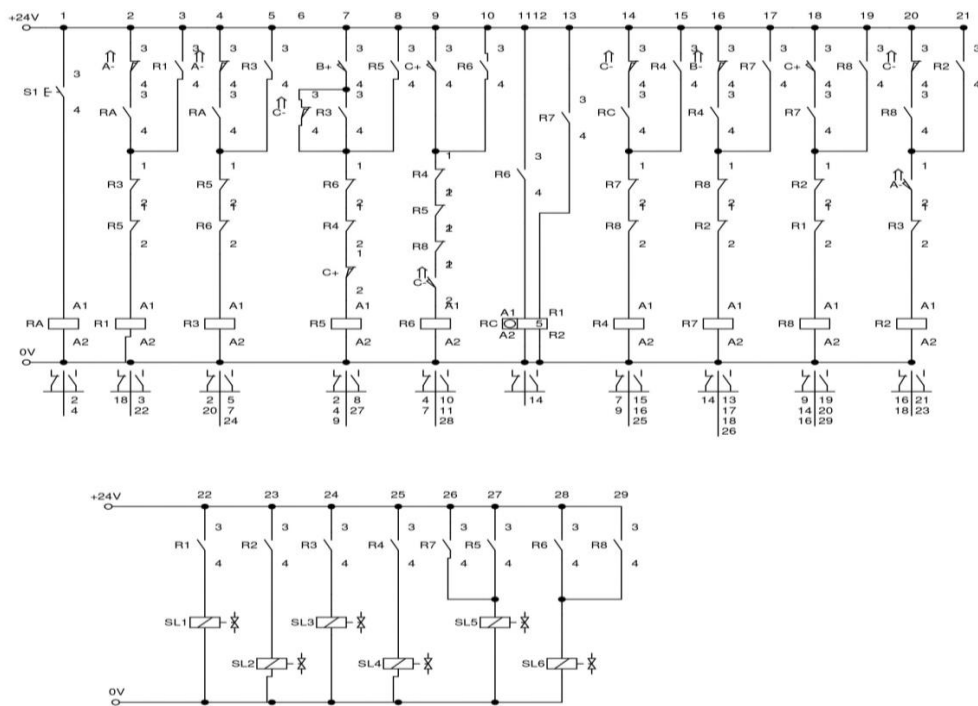
Gambar 6 menunjukkan komponen komponen kontrol yang terdapat pada panel bagian dalam mesin, yang terdiri dari perangkat keras PLC, miniaturre circuit breaker (MCB) 3 fasa power, kontraktor dan thermal overload relay (TOR), MCB 1 fasa selenoid MCB 1 fasa output PLC, power supply dan relay selenoid ram, feeder dan die.

### 3.2. Simulasi Rangkaian Pneumatik

Gambar 7 menunjukkan detail dari simulasi operasi mesin press dengan rangkaian elektro pneumatic menggunakan software FluidSIM Pneumatik, Sebelum langkah kerja sisttem elektro-pneumatik diaplikasikan pada mesin press briket, simulasi gerak tiga double acting silinder pada rangkaian elektro pneumatic dilakukan untuk menguji dan memverifikasi desain rangkaian elektro pneumatic sebelum diimplementasi pada mesin press . Ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah atau kekurangan dalam desain awal, disamping itu juga untuk menganalisa kinerja pergerakan silinder pada rangkaian elektro pneumatik. Adapaun komponen yang digunakan dalam simulasi ini antara lain gerak double acting cylinder, one way control valve,selenoid valve 5/2 tipe double acting dan air service.





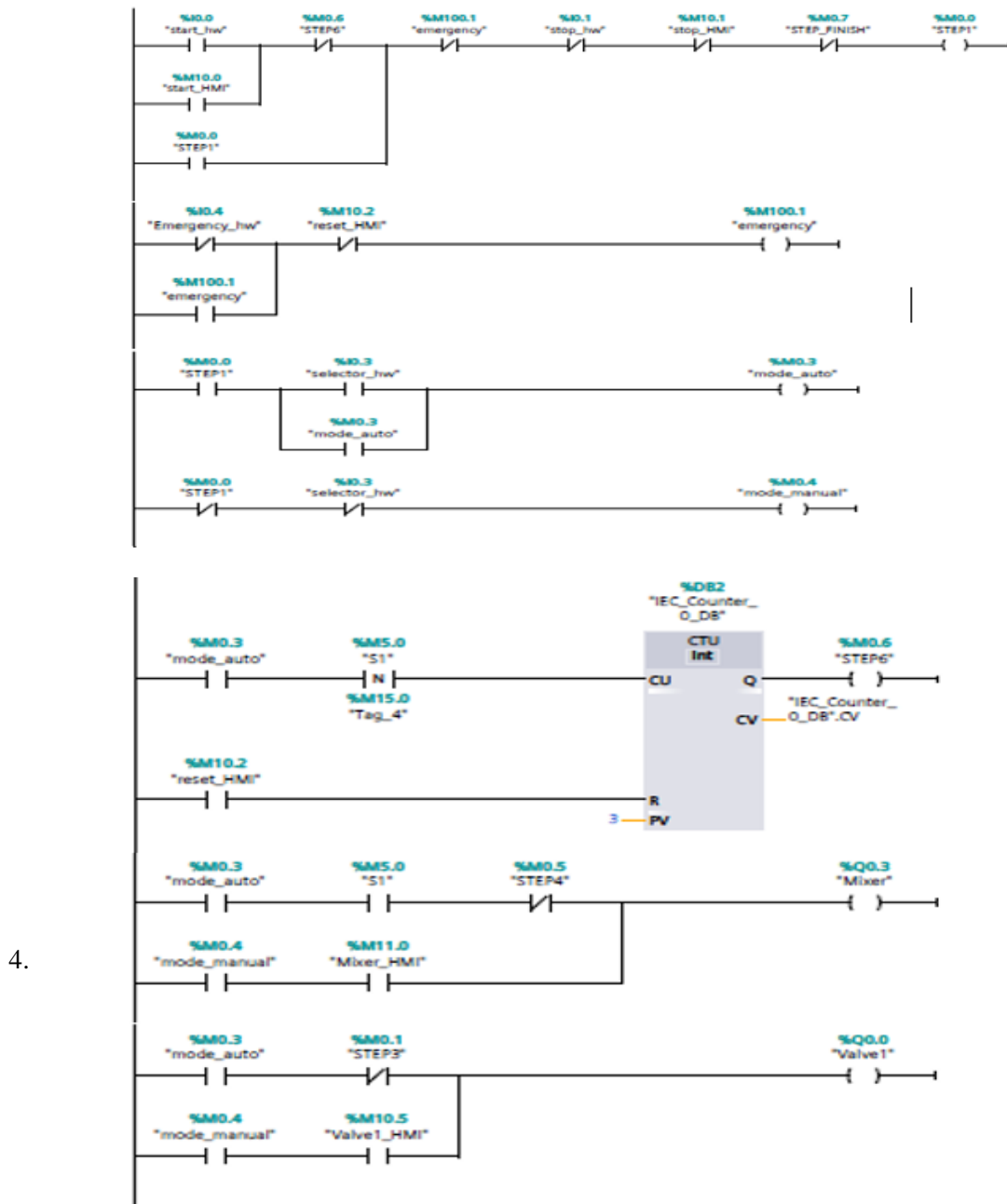


Gambar 7. Simulasi gerak Double Acting Cylinder pada mesin press

Hasil simulasi menunjukkan gerak tiga double acting silinder yang diperuntukkan untuk menggerakkan poros penekan, silinder pengisi bahan baku dan pelat penahan pada saat proses press briket berjalan sesuai yang direncanakan. Hasil simulasi ini selanjutnya di aplikasikan pada mesin press yang real seperti di tunjukkan pada gambar 5.

### 3.3 Desain Ladder Diagram mesin press biobriket

Wiring diagram kontrol mesin press briket dapat dilihat pada gambar 8, Proses gerak maju mundur silinder pencetak, silinder pengisi bahan baku dan pelat penahan cetakan serta waktu tunggu pengisian bahan baku , disusun dalam bentuk desain Ladder yang ditunjukkan pada gambar 8. Tujuan utama pembuatan ladder diagram pada mesin press ini adalah untuk mengendalikan proses-proses gerak maju mundurnya silinder penekan, feeder dan die dapat bekerja secara otomatis dengan menggunakan logika relai.



Gambar 8. Ladder Program model auto mesin press

Ladder program pada mesin ini menggunakan instruksi master control (MC) relay untuk mengatur perintah sistem auto atau sistem manual. Untuk perintah auto dengan mengaktifkan master control relay M100 dimana perintah dari alamat input X000 yang terhubung dengan selector mode mode Auto. Untuk mengimplementasikan instruksi master control (MC) relay untuk mengatur perintah sistem otomatis atau manual, dengan menggunakan input dari alamat input X000 yang terhubung dengan selector mode Auto, Dengan instruksi ladder ini, saat selector mode Auto dipilih (dengan X000 menjadi aktif), maka relay MC (M100) akan diaktifkan, mengizinkan mesin beroperasi dalam mode otomatis. Jika selector mode Auto tidak

dipilih, relay MC (M100) akan non-aktif, dan mesin mungkin beroperasi dalam mode manual atau mode lainnya tergantung pada logika yang diimplementasikan dalam program ladder. Untuk lebih jelasnya tentang instruksi mode auto dapat dilihat pada gambar 8.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan mesin press briket ini bekerja dengan efektif dan efisien pada satu siklus produksi, dimana dalam satu siklus produksi, mesin ini bekerja dengan prinsip tiga langkah, yang dimulai dengan langkah mundur, pada langkah ini silinder pengisi bahan baku dan pelat penahan bergerak dalam waktu yang bersamaan untuk pengisian bahan baku, selanjutnya silinder pengisi bahan baku dan silinder pelat penahan maju secara bersamaan, langkah selanjutnya silinder penekan melakukan langkah maju untuk menekan dan dilanjutkan dengan langkah mundur yang diikuti mundurnya silinder pelat penahan, dilanjutkan dengan majunya poros penekan untuk mengeluarkan briket dari selongsongnya, kemudian silinder pengisi bahan baku melakukan langkah mundur untuk melakukan proses pengisian ulang, keseluruhan langkah diatas disebut satu siklus produksi. Dalam satu siklus produksi mesin ini mampu menghasilkan 40 briket dalam waktu 12 menit..

## 5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya mesin press biobriket ini perlu ditambahkan load cell untuk mengetahui besarnya tekanan yang diterima oleh masing masing biobriket sehingga nantinya akan diketahui besarnya tekanan pada masing masing briket, dengan demikian akan menghasilkan penelitian lanjutan yang berhubungan dengan produk yang dihasilkan oleh mesin press briket ini. Selain itu untuk meningkatkan kapasitas produksi biobriket dan juga untuk meningkatkan sifat karakteristik dari biobriket yang dihasilkan oleh mesin ini menjadi lebih baik dan memenuhi standar ISO atau standar SNI, maka kapasitas tekanan double acting cylinder khususnya pada bagian press biobriket perlu ditingkatkan lagi dengan tekanan yang mampu mencapai 20 Bar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Politeknik Negeri Lhokseumawe dan manajemen P3M Politeknik Negeri Lhokseumawe yang telah memberi dukungan **financial** terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurhafika, "Peluang Ekspor Arang Tempurung Kelapa Indonesia Di Pasar Internasional Tahun 2020-2021," *Https://Medium.Com/*, vol. 8, pp. 1–16, 2021, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [2] E. Mardawati, A. K. R. amadhan, A. Kusnaty, I. Ardiansah, and H. N. Fitriana, "Biobriquette: A Mixture of Palm Kernel Shell and Coconut Shell, an Indonesian Study Case," *Ecol. Environ. Conserv.*, vol. 28, no. 3, pp. 1611–1618, 2022, doi: 10.53550/eec.2022.v28i03.070.
- [3] M. Sofnivagi, M. Razi, and H. Hasrin, "Rancang Bangun Sistem Elektro Pneumatik Untuk Mesin Pencetak Biobriket," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 4, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.30811/jmst.v4i1.1744.

- 
- [4] I. Ikhsan, M. Razi, and Z. Zulkifli, "RANCANG BANGUN KONSTRUKSI ALAT PENCETAK BIOBRIKET DENGAN SISTEM ELEKTRO PNEUMATIK," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 2, pp. 102–106, 2021.
- [5] Z. Fona, M. Hidayat, U. Habibah, and M. Razi, "Pengaruh waktu pencetakan dan jumlah lubang terhadap karakteristik pembakaran briket arang tempurung kelapa Effect of Pressuring Time and Number of Holes on the Combustion Characteristics of Coconut Shell Char Briquettes," *J. Polimesin*, vol. 20, no. 1, p. 2022, 2022.
- [6] "Automatic Control of Hydraulic Machine using," vol. 2, no. 10, pp. 1070–1074, 2016.
- [7] F. F. Z, C. J. J, A. W. S, B. Jayson, N. A. P, and M. E. P, "Plc-Based Automatic Briquette Machine".
- [8] S. Solanki, D. Kotadia, P. Shah, S. Soni, and S. Shah, "Design and Fabrication of Automated Biomass Briquetting Machine," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 5798–5802, 2020.
- [9] G. Agidi, T. Onatola, and I. M. Gana, "Design and fabrication of hydraulically operated machine for making briquette from agricultural waste," no. April, 2017.
- [10] M. Thabuot, T. Pagketanang, K. Panyacharoen, P. Mongkut, and P. Wongwicha, "Effect of Applied Pressure and Binder Proportion on the Fuel Properties of Holey Bio-Briquettes," *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 890–895, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.583.
- [11] M. D. D. Rezaputra and M. R. A. Cahyono, "Perancangan Sistem Kontrol Otomatis Press Roll Berbasis PLC Mitsubishi Type-Q Pada Building Tire Machine," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 92–101, 2021, doi: 10.26740/inajet.v3n2.p92-101.
- [12] S. Xu, "Application of PLC in computer numerical control machine," *Futur. Energy, Environ. Mater. II*, vol. 1, no. Iea, pp. 344–349, 2015, doi: 10.2495/feem140431.
-