

Implementation of the Omron CP1E PLC on Continuous Automatic Plastic Shredding Machine Prototype [Implementasi PLC Omron CP1E pada Prototype Mesin Pencacah Plastik Otomatis Bekelanjutan]

Mochammad Rizki Adam¹⁾, Arief Wisaksono ^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: Ariefwisaksono@umsida.ac.id

Abstract. *Currently, the industrial world cannot be separated from plastic waste, one of which is sheet plastic waste, where this type of waste is very difficult to decompose in the soil, so it is necessary to recycle plastic waste by crushing it and then melting it in processing media such as plastic injection machine. Sheet plastic is usually processed through a shredding or crushing process using a plastic cutting machine. Most of the shredding machines in the industrial world still add plastic waste manually, with the shredding machine components still using a single motor which is used to drive the plastic shredding machine. To solve the above problem by adding several components to the plastic waste shredding machine so that it can be operated automatically using an Omron CP1E PLC, adding a blower motor and a traction motor that uses an inverter or PWM (Pulse Width Modulation) which functions to pull the remaining sheets. The plastic is then shredded by a grinder motor and the shredded results are moved by a blower motor to a special waste bin. This research applies research and development methods with a focus on designing a plastic chopping machine that operates automatically with a continuous system, based on a PLC using CX-One software. This research proves that automatic plastic shredding machines can increase efficiency, work safety and reduce production costs.*

Keywords - plastic waste; PLC; induction motor; CX-One

Abstrak. *Pada saat ini dunia industri tidak lepas dari sampah plastik, salah satunya yakni sampah plastik lembaran (sheet) dimana jenis sampah tersebut sangat sulit terurai dalam tanah sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) sampah plastik dengan cara dihancurkan kemudian dilelehkan pada media pengolahan seperti mesin injeksi plastik. Plastik lembaran biasanya diproses melalui proses pencacahan atau penghancuran menggunakan mesin pemotong plastik. Sebagian besar mesin pencacah pada dunia industri masih memasukkan sampah plastik secara manual menggunakan tenaga manusia, dengan komponen mesin pencacah yang masih menggunakan satu motor yang dipakai untuk penggerak mesin pencacah plastik. Untuk menyelesaikan permasalahan di atas dengan menambahkan beberapa komponen pada mesin pencacah sampah plastik agar dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan PLC Omron CP1E, penambahan motor blower dan motor penarik (traction) yang menggunakan inverter atau PWM (Pulse Width Modulation) yang berfungsi untuk menarik sisa lembaran plastik yang kemudian dicacah oleh motor grinder dan hasil cacahannya dipindahkan oleh motor blower ketempat khusus hasil cacahan sampah. Penelitian ini menerapkan metode research and development dengan fokus pada perancangan mesin pencacah plastik yang beroperasi secara otomatis dengan sistem berkelanjutan, berbasis PLC menggunakan software CX-One. Penelitian ini membuktikan bahwa mesin pencacah plastik otomatis dapat meningkatkan efisiensi, keselamatan kerja, dan mengurangi biaya produksi.*

Kata Kunci - sampah plastic; PLC; motor listrik; CX-One

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri yang sangat pesat membuat kehidupan manusia menjadi lebih mudah. Pada saat ini dunia industri tidak lepas dari sampah plastik, salah satunya yakni sampah plastik lembaran (*sheet*) dimana jenis sampah tersebut sangat sulit terurai dalam tanah sehingga perlu dilakukan daur ulang (*recycle*) sampah plastik dengan cara dihancurkan kemudian dilelehkan pada media pengolahan seperti mesin injeksi plastik. Plastik lembaran biasanya diproses melalui proses pencacahan atau penghancuran menggunakan mesin pemotong plastik [1]. Pencacahan sampah plastik dapat dilakukan menggunakan mesin, dengan cara ini maka akan lebih efisien waktu maupun tenaga.

Sebagian besar mesin pencacah pada dunia industri masih memasukkan sampah plastik secara manual, dengan komponen mesin pencacah yang masih menggunakan satu motor yang dipakai untuk penggerak mesin pencacah plastik, seperti pada penelitian [2], yang menunjukkan bahwa memasukkan limbah ke dalam hopper adalah salah satu proses dari pencacahan plastik oleh mata pisau yang digerakkan oleh motor induksi dan melewati saringan sebelum hopper out. Pada [3], juga melakukan penelitian mengenai mesin pencacah plastik dengan komponen mesin terdiri

dari unit masukan material, unit pemotong, dan unit pengeluaran material yang menunjukkan adanya pandangan mengenai mesin pencacah yang menampilkan sistem transmisi daya mesin pencacah plastik yang menggunakan satu motor. Secara Umum mereka memanfaatkan mesin pencacah untuk merubah plastik dalam bentuk serpihan, yang kemudian dijual ke industri menengah dan besar untuk di olah kembali, atau bisa diolah sendiri untuk bahan tambahan suatu mesin yang memproduksi plastik [4][5].

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat permasalahan yakni untuk memasukkan sampah plastik ke dalam mesin pencacah masih menggunakan tenaga manusia dan beresiko lebih tinggi, maka penulis merancang mesin pencacah plastik otomatis berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) yang bertujuan untuk mengembangkan kemajuan bidang industri, meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja dengan mengurangi keterlibatan manusia melalui otomatisasi.

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas dengan menambahkan beberapa komponen yaitu motor penarik dan motor blower pada mesin pencacah sampah plastik dengan proses kerja yang berkelanjutan secara otomatis menggunakan PLC Omron CP1E [6][7]. Penambahan motor penarik (*traction*) dengan control speed inverter atau PWM (*Pulse Width Modulation*) yang berfungsi untuk menarik sisa lembaran plastik yang kemudian dicacah oleh motor grinder dan hasil cacahannya dipindahkan oleh motor blower ketempat khusus hasil cacahan sampah [8][9][10]. Mesin pencacah ini bisa digunakan pada industri yang memproduksi plastik, dimana mesin utamanya menimbulkan sisa sampah plastik disetiap prosesnya menggunakan motor sebagai komponen penggeraknya.

Salah satu komponen yang digunakan adalah Motor DC (*direct current*), suatu perangkat yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi gerakan, motor ini sering digunakan di lingkup industri maupun kebutuhan rumah tangga [11][12][13]. Dalam [14] bahwa motor DC memiliki kelemahan dalam hal pengaturan kecepatan yang tidak mudah dilakukan, karena itu diperlukan PWM, yang merupakan suatu teknik yang melibatkan memanipulasi lebar sinyal yang diungkapkan melalui pulsa dalam suatu periode tertentu. Dalam hal ini juga diperlukan adanya sistem pengendalian untuk mendukung proses otomatisasi agar faktor-faktor produksi dapat terpenuhi seperti PLC yang merupakan salah satu pengontrol yang paling banyak digunakan [15][16][17][18].

Kelebihan dan kekurangan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang.

- Penelitian terdahulu
Memberikan informasi dan pengetahuan dasar tentang desain dan kinerja mesin pencacah plastik. Namun terdapat kekurangan yaitu masih menggunakan tenaga manusia untuk memasukkan sampah plastik ke dalam mesin pencacah.
- Penelitian sekarang

Pengembangan teknologi pencacah baru dengan cara otomatisasi, agar tidak menggunakan tenaga manusia lagi untuk memasukkan sampah plastik ke mesin pencacah dan mengurangi tingkat kecelakaan kerja. Namun terdapat kekurangan yaitu biaya pengembangan mesin pencacah plastik yang tinggi.

II. METODE

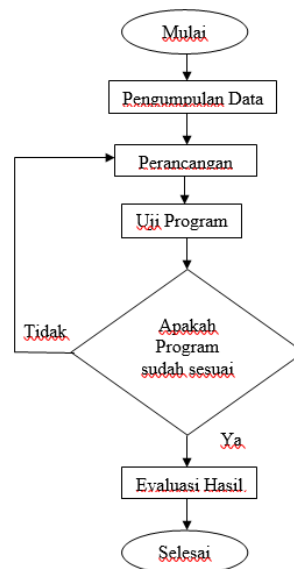
A. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode *research and development* dengan fokus pada perancangan mesin pencacah plastik yang beroperasi secara otomatis dan berkelanjutan, berbasis PLC menggunakan *software CX-One* [19][20]. Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama yaitu :

- **Meningkatkan Efisiensi:** Proses pencacahan sampah plastik tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Sistem ini bekerja secara otomatis, sehingga operator hanya perlu memantau dan mengontrol prosesnya.
- **Meningkatkan Keselamatan Kerja:** Sistem ini dilengkapi dengan sensor dan PLC yang mengendalikan seluruh proses pencacahan sampah plastik. Hal ini memungkinkan operator untuk mengoperasikan mesin dari jarak jauh, sehingga risiko kecelakaan kerja berkurang.
- **Mengurangi Biaya Produksi:** Sistem ini dapat mengurangi biaya tenaga kerja. Sistem ini tidak memerlukan banyak tenaga kerja dan dapat beroperasi dengan stabil dan handal.

Pengumpulan data dilakukan observasi dengan memperhatikan proses dan tahap cara mesin pencacah plastik bekerja serta melakukan wawancara pada operator mesin pencacah plastik. Penelitian ini dirancang dengan struktur

dan alur kerja yang sesuai untuk memastikan pencapaian yang telah ditetapkan. Diagram alir penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian [1]

1. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan langsung pada mesin pencacah plastik dengan memahami proses kerja mesin pencacah plastik agar bisa membuat program yang diinginkan. Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan kepada penanggung jawab mesin pencacah plastik untuk mendapat informasi tambahan dalam menanggulangi masalah yang sering terjadi dengan menambahkan *safety* pada kontrol mesin pencacah plastik.
2. Perancangan dilakukan dengan membuat prototype mesin pencacah plastik otomatis dan kontrol program PLC nya, dengan memikirkan setiap kemungkinan *trouble shooting*nya, sehingga dapat meminimalisir kerusakan pada part – part mesin pencacah.
3. Uji program dilakukan dengan cara menjalankan prototype mesin pencacah plastik otomatis dan memonitoring *step by step* langkah program dari digital *input* sampai digital *output*nya.

B. Perancangan Sistem

1. Penelitian terdahulu

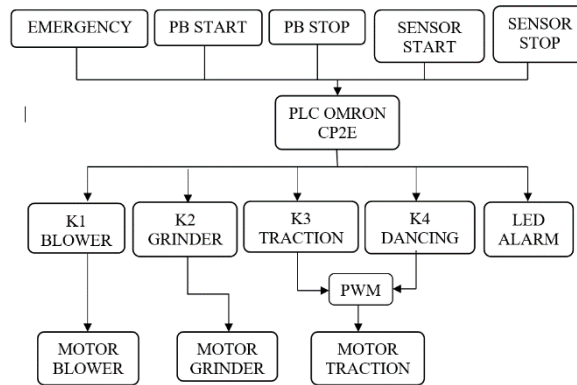
Penelitian [1], [3], dan [5] masih menggunakan mesin pencacah plastik dengan kontrol manual menggunakan 1 motor induksi. Diagram blok penelitian terdahulu bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram penelitian terdahulu [2]

2. Penelitian sekarang

Perancangan mesin pencacah plastik otomatis bisa dilihat diagram blok pada Gambar 3. Penelitian ini terdiri dari beberapa input, dan output yang dikontrol oleh PLC dengan sistem kerja otomatis.

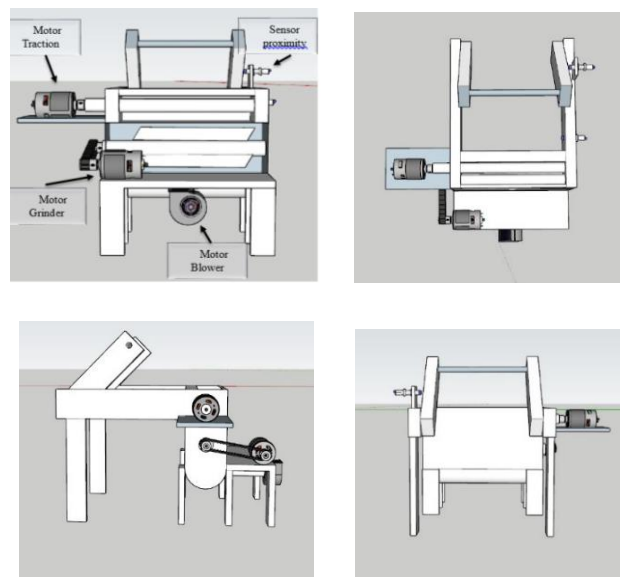


Gambar 3. Blok diagram penelitian sekarang [3]

Prinsip kerja : ketika *pb start* ditekan dan memberikan *input* ke PLC, PLC kemudian memberikan *output* ke K1 *blower*, K2 *grinder*, dan K3 *traction* secara berurutan. Sensor *start* dan *stop* berfungsi sebagai *trigger on* dan *off traction*. Ketika tombol *stop* ditekan dan memberikan *input* ke PLC, PLC akan memutus arus ke K3 *traction*, K2 *grinder*, dan K1 *blower* secara berurutan. Emergency berfungsi untuk memutus semua kontrol ketika dalam keadaan darurat, sehingga mesin pencacah langsung *stop* keseluruhan.

C. Design Alat

visualisasi desain perancangan prototype mesin pencacah plastik yang dibuat dengan detail dan informatif bisa dilihat pada gambar 4. Gambar ini memberikan gambaran menyeluruh tentang struktur dan komponen utama mesin, memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang cara kerja dan fungsinya.



Gambar 4. Design Drawing [4]

Cara kerja :

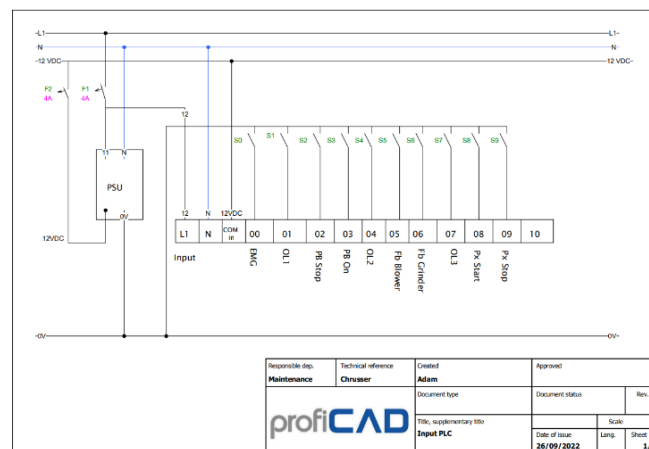
1. sampah plastik lembaran (*sheet*) dimasukkan ke *traction* melewati jalur *dancing*.
2. ketika *sheet* kendor, maka posisi *dancing* akan mendeteksi sensor *start* dan motor *traction* on menarik *sheet*.
3. *sheet* yang ditarik *traction* akan menuju *grinder* (pencacah)
4. hasil cacahan akan dihisap *blower* dan dipindahkan ke tempat lain.
5. ketika *sheet* ketat, maka posisi *dancing* akan mendeteksi sensor *stop* dan motor *traction* off (kondisi *standby*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Wiring Diagram

Wiring diagram kontrol *input* PLC yang menjadi otak dari sistem otomatisasi mesin pencacah plastik ini bisa dilihat pada gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa PLC menerima beberapa *input*, yaitu:

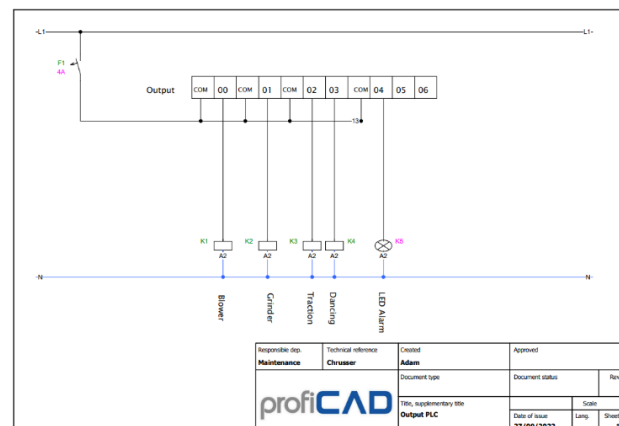
- *Push button (start, stop, dan emergency)* : *push button* ini berfungsi untuk proses *start, stop, dan stop* pada keadaan darurat pada kontrol mesin pencacah plastik.
- *Overload* : berfungsi untuk menghentikan proses kontrol pada motor induksi yang *overload* pada mesin pencacah plastik.
- *Feedback* : berfungsi sebagai *safety control* yang menunjukkan bahwa pada rangkaian kontrol konvensional sudah aktif.
- Sensor proximity (*start dan stop*): Sensor ini berfungsi untuk memulai proses start dan proses stop motor penarik.



Gambar 5. Wiring Diagram Mesin Pencacah Plastik 1 [5]

PLC kemudian memproses *input* dari sensor-sensor tersebut untuk menghasilkan *output* yang sesuai bisa dilihat pada gambar 6. *Output* yang dihasilkan PLC antara lain:

- *Output* untuk mengaktifkan motor *blower* : *Output* ini berfungsi untuk menggerakkan motor *blower*.
- *Output* untuk mengaktifkan motor pencacah : *Output* ini berfungsi untuk menggerakkan pisau pencacah.
- *Output* untuk mengaktifkan motor penarik (*Traction*) : *Output* ini berfungsi untuk menggerakkan motor penarik dengan kontrol kecepatan menggunakan PWM.
- *Output* untuk menyalakan alarm (*alarm output*): *Output* ini berfungsi untuk menyalakan alarm jika terjadi kesalahan pada mesin pencacah.



Gambar 6. Wiring Diagram Mesin Pencacah Plastik 2 [6]

B. Ladder Diagram

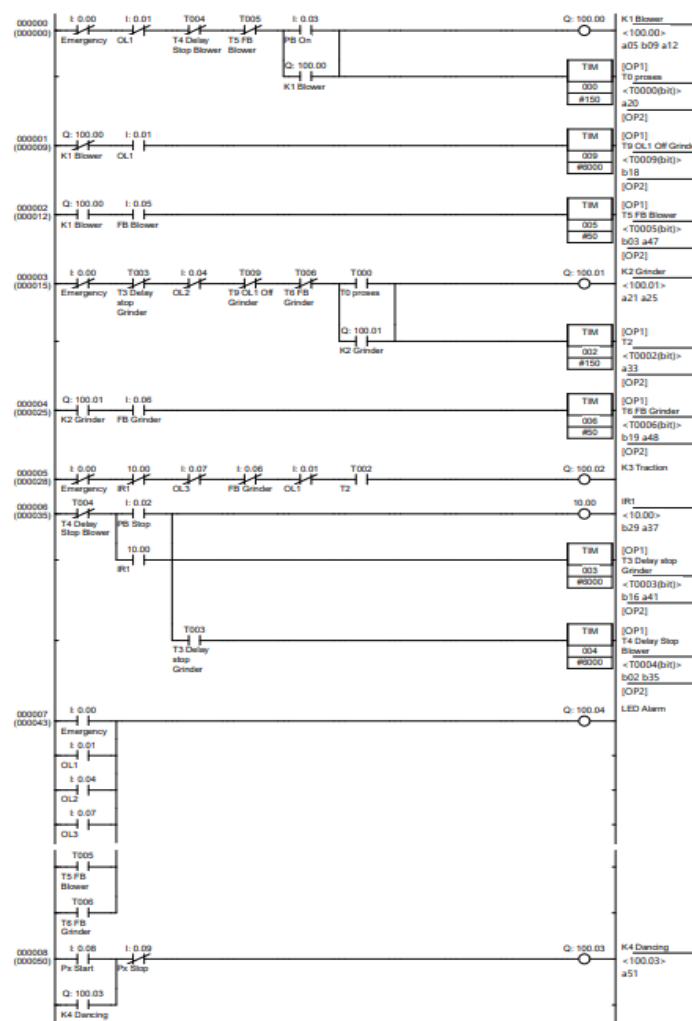
Kode mnemonic dari Ladder diagram mesin pencacah plastik otomatis pada Gambar 7 menunjukkan urutan proses kerja program mesin pencacah plastik otomatis dari *input* program, komponen dalam program seperti relay, timer dan coil sebagai outputnya

Run	Step	Instruction	Operand	Value	Comment
0	0	LDNOT	I 0.00		Emergency
	1	ANDNOT	I 0.01		OL1
	2	ANDNOT	T004		T4 Delay Stop Blower
	3	ANDNOT	T005		T5 FB Blower
	4	LD	I 0.03		FB On
	5	OR	Q 100.00		K1 Blower
	6	ANDLD			
	7	OUT	Q 100.00		K1 Blower
	8	TIM	#00		T0 proses
			#150		
1	9	LDNOT	Q 100.00		K1 Blower
	10	AND	I 0.01		OL1
	11	TIM	#009		T9 OL1 Off Grinder
2	12	LD	Q 100.00		K1 Blower
	13	AND	I 0.05		FB Blower
	14	TIM	#005		T5 FB Blower
			#50		
3	15	LDNOT	I 0.00		Emergency
	16	ANDNOT	T003		T3 Delay stop Grinder
	17	ANDNOT	I 0.04		OL2
	18	ANDNOT	T009		T9 OL1 Off Grinder
	19	ANDNOT	T005		T5 FB Grinder
	20	LD	T000		T0 proses
	21	OR	Q 100.01		K2 Grinder
	22	ANDLD			
	23	OUT	Q 100.01		K2 Grinder
	24	TIM	#02		T2
			#150		
4	25	LD	Q 100.01		K2 Grinder
	26	AND	I 0.06		FB Grinder
	27	TIM	#06		T6 FB Grinder
			#50		
5	28	LDNOT	I 0.00		Emergency
	29	ANDNOT	I 0.00		IR1
	30	ANDNOT	I 0.07		OL3
	31	ANDNOT	I 0.06		FB Grinder
	32	ANDNOT	I 0.01		OL1
	33	AND	T002		T2
	34	OUT	Q 100.02		K3 Traction
6	35	LDNOT	T004		T4 Delay Stop Blower
	36	LD	I 0.02		FB Stop
	37	OR	I 0.00		IR1
	38	ANDLD			
	39	OUT	I 0.00		IR1
	40	TIM	#03		T3 Delay stop Grinder
			#0000		
	41	AND	T003		T3 Delay stop Grinder
	42	TIM	#04		T4 Delay Stop Blower
			#0000		
7	43	LD	I 0.00		Emergency
	44	OR	I 0.01		OL1
	45	OR	I 0.04		OL2
	46	OR	I 0.07		OL3
	47	OR	T005		T5 FB Blower
	48	OR	T006		T6 FB Grinder
	49	OUT	Q 100.04		LED Alarm
8	50	LD	I 0.08		Px Start
	51	OR	Q 100.03		K4 Danding
	52	ANDNOT	I 0.09		Px Stop
	53	OUT	Q 100.03		K4 Danding

Gambar 7. Kode Mnemonic Mesin Pencacah Plastik Otomatis [7]

Ladder diagram mesin pencacah plastik otomatis bisa dilihat pada gambar 8. Cara kerja mesin pencacah plastik otomatis :

- Proses start : ketika pb *start* ditekan dan memberikan *input* ke PLC, lalu PLC memberikan *output* ke K1 *blower* dan motor *blower on* , selang beberapa detik PLC akan memberikan *output* ke K2 *grinder* dan motor *grinder on*, selang beberapa detik PLC akan memberikan *output* ke K3 *traction* dan *traction* posisi *stanby*. Saat sensor *start on* dan memberika *input* ke PLC, lalu PLC akan memberikan *output* ke K4 *dancing* dan motor *traction on* dengan *speed* yang diatur oleh PWM, sebaliknya saat sensor *stop on* dan memberikan *input* ke PLC, PLC akan memutus arus K4 *dancing* dan motor *traction off*.
- Proses Stop : ketika pb *stop* ditekan dan memberikan *input* ke PLC, PLC akan memutus arus K3 *traction* dan motor *traction off*, selang beberapa menit, PLC memutus arus K2 *grinder* dan motor *grinder off*, selang beberapa menit PLC memutus arus ke K1 *blower* dan motor *blower off*. *Emergency* digunakan saat keadaan darurat, ketika tombol *emergency* ditekan dan memberikan *input* ke PLC, PLC akan memutus semua kontrol sehingga semua motor akan *off*.



Gambar 8. Ladder Diagram Mesin Pencacah Plastik Otomatis [8]

Alur proses kerja programnya bisa dilihat pada tabel 1, 2, dan 3, ada proses *start*, *stop*, dan *trouble shooting* mesin pencacah plastik otomatis.

Tabel 1. Proses Start Mesin Pencacah Plastik Otomatis [9]

Input	Output		
	ON	Volt	OFF
0.03 (PB ON)	100.00 (K1 Blower)	T0 (15s)	220 VAC
T0	100.01 (K2 Grinder)	T2 (15s)	220 VAC
T2	100.02 (K3 Traction)		220 VAC
0.08 (PX Start)	100.03 (K4 Dancing)	Traction Run	220 VAC
0.09 (PX Stop)			K6 Dancing Traction Stop

Tahapan jalannya program PLC (*Input dan output*) pada saat proses *start* mesin pencacah plastik otomatis mulai dari PB on ditekan dan memberikan inputan ke PLC sampai indikator *lamp ready* (Hijau) menyala bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 2. Proses Stop Mesin Pencacah Plastik Otomatis [10]

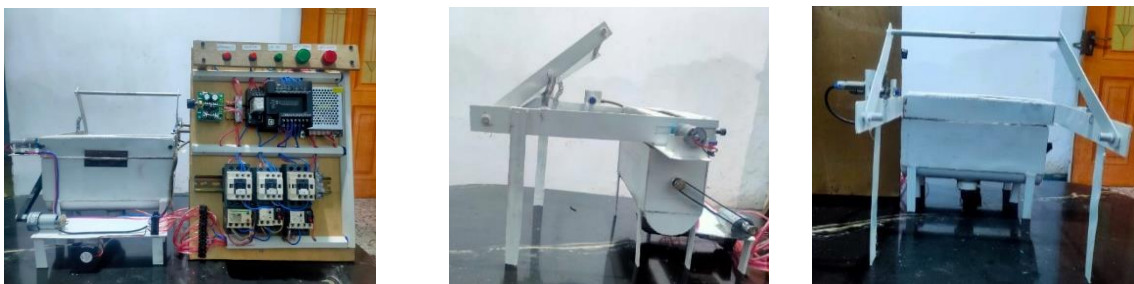
Input	Output			
	ON	OFF	Volt	
0.02 (PB Stop)	IR1	T3 (10mnt)	100.02 (K3 Traction)	0
T3		T4 (10mnt)	100.01 (K2 Grinder)	0
T4			100.00 (K1 Blower)	IR1

Tahapan jalannya program PLC (*Input dan output*) pada saat proses *stop* mesin pencacah plastik otomatis mulai dari PB *stop* ditekan dan memberika *input* ke PLC sampai semua *output* berhenti bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Trouble Mesin Pencacah Plastik Otomatis [11]

Input	Output		
	ON	Volt	OFF
0.00 (Emergency)			Semua Kontrol
0.01 (OL1)	T9		K1 Blower K3 Traction
T9			K2 Grinder
0.04 (OL2)		LED ALARM	K2 Grinder K3 Traction
0.07 (OL3)		220 VAC	K3 Traction
FB Blower	T5		Blower
T5			K1 Blower
FB Grinder	T6		Grinder
T6			K2 Grinder

Tahapan jalannya program PLC (*Input dan output*) pada saat terjadi *trouble* pada mesin pencacah plastik otomatis mulai dari indikator alarm (Merah) menyala sampai analisa penyebab *trouble* bisa dilihat pada tabel 3.



Gambar 9. Prototype Mesin Pencacah Plastik Otomatis [12]

Pengembangan sistem kerja mesin pencacah sampah plastik otomatis telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dalam bentuk prototype. Sistem ini dilengkapi dengan sensor proximity yang mengaktifkan motor penarik (*traction*) untuk menarik sampah plastik lembaran yang kemudian dicacah oleh motor *grinder* dan hasil cacahannya dipindahkan oleh motor *blower* ketempat khusus hasil cacahan sampah dengan proses kerja berkelanjutan secara otomatis menggunakan PLC. Sistem ini telah diuji dan disempurnakan untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan yang diinginkan, proses kerja sistem mesin pencacah plastik otomatis berkelanjutan ini bisa dilihat pada tabel 1, 2, dan 3. Hasil prototype mesin pencacah plastik otomatis bisa dilihat pada gambar 9.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem pencacah sampah plastik otomatis dengan sistem berkelanjutan yang dikembangkan pada penelitian ini terbukti efektif meningkatkan efisiensi dalam mengurangi tenaga kerja, mengurangi biaya produksi dan meningkatkan keselamatan kerja. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk pengelolaan sampah plastik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yth. Indah Sulistiyowati dan Shazana Dhiya Ayuni Atas kesediaan dan waktunya untuk menjadi penguji dalam sidang seminar hasil penelitian jurnal saya yang berjudul Implementasi PLC Omron CP1E pada Prototype Mesin Pencacah Plastik Otomatis Berkelanjutan. Saya sangat berterimakasih atas masukan, saran, dan kritik yang membangun yang telah diberikan selama sidang berlangsung. Hal tersebut sangat bermanfaat untuk pengembangan diri kami dan penyempurnaan jurnal kami.

REFERENSI

- [1] A. Indriani, A. Mardian, N. Kholik, dan Y. Suhartini, "METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal Analisis tegangan pada struktur mesin pencacah plastik menggunakan metode elemen hingga (MEH) dan uji kerja mesin pencacah plastik," vol. 5, no. 1, hal. 9–16, 2021.
- [2] R. Huzein, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Jenis Pet (Polyethylene Terephthalate) Kapasitas 50 Kg/Jam," *J. Teknol. Mesin Uda*, vol. 1, hal. 88–95, 2020.
- [3] Y. F. Silitonga, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Jenis Pet Skala Industri Rumah Tangga (Home Industry)," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 3, no. 2, hal. 7, 2021, doi: 10.32662/gojise.v3i2.1197.
- [4] J. H. Wong, M. J. H. Gan, B. L. Chua, M. Gakim, dan N. J. Siambun, "Shredder machine for plastic recycling: A review paper," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1217, no. 1, hal. 012007, 2022, doi: 10.1088/1757-899x/1217/1/012007.
- [5] Y. S. Handayani, J. Haidi, dan A. Mardian, "Analisis Sistem Kelistrikan pada Beban Motor Mesin Pencacah Sampah Plastik," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 1, hal. 3–7, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i1.61278.
- [6] U. Wiralodra dan W. Java, "Design and control of an automatic cable- cutting machine with the implementation of a stepper control program using PLC Haris Prayogo," vol. 14, hal. 1281–1291, 2023.
- [7] A. Setiawan, "Stirring System Design for Automatic Coffee," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 3, hal. 390–401, 2021.
- [8] M. S. Azis, I. Sulistiyowati, A. Ahfas, dan I. Anshory, "Dust Cleaning System on Panel PET Preform Injection Machine BM500," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 2, no. 2, hal. 0–6, 2022, doi: 10.21070/pels.v2i2.1277.
- [9] M. Lamatenggo, I. Wiranto, dan W. Ridwan, "Perancangan Balancing Robot Beroda Dua Dengan Metode Pengendali PID Berbasis Arduino Nano," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, hal. 39–43, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.6906.
- [10] H. Priyandha dan D. A. R. Wati, "Perancangan Prototipe Sistem Kendali Otomatis Pada Pengereng Pakaian Berbasis Air Heater," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, hal. 71–78, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.17212.
- [11] P. P. Baja, "Analisis THD Tegangan pada Penggunaan Motor DC dalam Proses Penggilingan Baja 1," vol. 07, no. 01, hal. 1–12, 2023.

- [12] M. . Afandy, A. A. Akbar, dan A. H. Mubarak, “Rancang Bangun Sistem Distribusi Grease Secara Otomatis Dengan Metode Penjadwalan,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 2, hal. 130–135, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i2.17193.
- [13] M. Ismail, R. K. Abdullah, dan S. Abdussamad, “Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, hal. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [14] T. Y. Candra dan T. Taali, “Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Berbeban dengan Teknik Kontrol PWM Berbasis Arduino,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, hal. 199, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107877.
- [15] S. Yahya, S. W. Jadmiko, K. Wijayanto, dan A. R. A. Tahtawi, “Design and implementation of training module for control liquid level on tank using PID method based PLC,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 830, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/830/3/032065.
- [16] A. Haryawan, T. Nurhidayat, dan A. E. Prakoso, “Implementasi PLC Omron CP1E-E20SDR-A untuk Pengisian dan Penutupan Botol Otomatis,” vol. 21, no. 1, hal. 6–11, 2022.
- [17] Y. Yuliza, R. Muwardi, D. W. Pratama, M. H. Santoso, dan M. Yunita, “Modification of Control Oil Feeding with PLC Using Simulation Visual Basic and Neural Network Analysis,” *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, hal. 38–50, 2022, doi: 10.26555/jiteki.v8i1.22336.
- [18] S. K. Sawidin, Y. R. Putung, A. P. Y. Waroh, dan T. Marsela, “Rancang Bangun Kontrol Pengolahan Gula Aren Dengan Programmable Logic Controller,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 2, hal. 179–184, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i2.19839.
- [19] C. S. Murinda, I. Islahuddin, dan N. A., “Firm Value: Does Corporate Governance and Research & Development Investment Matter?,” *J. Reviu Akunt. dan Keuang.*, vol. 11, no. 2, hal. 266–284, 2021, doi: 10.22219/jrak.v11i2.16786.
- [20] Okpatrioka, “Research And Development (R & D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan,” *J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, hal. 86–100, 2023.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.