

Perancangan dan Implementasi Mesin Daur Ulang Sampah Botol Plastik Menggunakan Arduino Mega dan PLC

Guntur Petrus Boy Knight

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Informatika dan Teknik Elektro, Institut Teknologi Del, Laguboti, 22381, Indonesia

E-mail: guntur.siboro@del.ac.id

Received : 10 Juni 2022 Revision : 22 Juni 2022 Accepted : 29 Juni 2022

Abstrak: Mesin daur ulang (pemanfaatan kembali) sampah botol plastik menjadi paving block bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah botol plastik. Mesin daur ulang ini menggunakan sensor, Arduino Mega 2560, dan PLC CP1E Omron agar proses ini terjadi secara otomatis. Pengolahan sampah botol plastik melalui tiga tahapan yaitu, tahapan pencacahan, tahapan pemanasan dan tahapan pencetakan. Pada proses pencacahan botol plastik akan dicacah menjadi ukuran yang cukup kecil, sehingga hasil cacahan ini pasti akan meleleh ketika dilewatkan ke proses pemanasan. Suhu pada proses pemanasan adalah sekitar 300C. Pada akhirnya lelehan botol plastik ini akan dimasukkan ke cetakan untuk membuat paving block.

Kata kunci: Mesin Daur Ulang, paving block, , Sensor, Arduino Mega 2560, PLC CP1E Omron

Abstract: The purpose of plastic bottle waste recycling machine is to reduce the number of plastic bottle waste in general. The recycling machine used sensor, Arduino Mega 2560 and PLC CP1E Omron to make all this automatic. The recycling process consists of three substate, namely grinding stage, heating stage, and casting stage. The grinding process will grind plastic bottle waste in to a small part to make sure each part will melt when they pass the heating process. The temperature in the heating process is around 300C. In the end the mold will be cast in to a paving block.

Keywords: recycling machine, paving block, sensor, Arduino Mega 2560, PLC CP1E Omron

PENDAHULUAN

Produksi sampah saat ini terus meningkat seiring dengan perkembangan industri-industri dan peningkatan jumlah penduduk yang semakin pesat. Salah satu jenis sampah yang menjadi perhatian adalah sampah plastik, dimana plastik merupakan bahan polimer yang kita temukan pada hampir keseluruhan barang-barang yang ada disekitar kita. Kontribusi sampah plastik terhadap total produksi sampah nasional mencapai 15% dengan pertumbuhan rata-rata mencapai 14,7% per tahun dan menempatkan sampah plastik sebagai kontributor terbesar kedua setelah sampah organik [1]. Penelitian lain mengungkapkan bahwa plastik adalah suatu produk kimia yang telah dikenal dan termasuk bagian polimer thermoplastic dan menyebabkan masalah lingkungan yang semakin besar [2].

Dari permasalahan yang terjadi diatas, penulis melakukan perancangan mesin daur ulang sampah minuman plastik kemasan untuk dijadikan sebagai paving block dengan memanfaatkan beberapa jenis sensor dan mikrokontroler. Perancangan mesin dan Implementasi mesin daur ulang sampah botol plastik Menggunakan Pogramnable Logic Controller dan Arduino mega ini terdiri dari tiga proses utama yaitu proses pencacahan, proses peleburan, dan proses pencetakan yang dimana seluruh proses terhubung ke sebuah PLC Omron CP1E dengan Arduino Mega 2560 sebagai alat yang mengeksekusi data dari sensor untuk kemudian dikerjakan oleh PLC sebagai pengendali utama mesin. Mesin Daur ulang akan bekerja otomatis dari awal proses hingga

menghasilkan sebuah lelehan plastik pada cetakan paving block, dimana untuk 1 buah paving block berbentuk bata membutuhkan 50 buah botol plastik ukuran sedang (400-600 ml).

DESAIN DAN METODOLOGI

A. Mesin Daur Ulang

Mesin daur ulang sampah botol plastik ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu:

1. Tahap Pencacahan
Pencacahan pada proses ini bertujuan untuk memperkecil ukuran bahan, merusak struktur bahan untuk memudahkan pencacahan dan menghaluskan bahan dalam bentuk serbuk [2]. Dengan adanya tahapan pencacahan, botol-botol plastik yang tadinya berukuran cukup besar akan dicacah menjadi ukuran lebih kecil.
2. Tahap Pemanasan
Pada tahap pemanasan, cacahan botol plastik akan dipanaskan pada temperatur sekitar 300°C. Hasil dari tahapan ini berupa leburan cacahan botol plastik yang kemudian akan di cetak menjadi *paving block*.
3. Tahap Percetakan
Pada tahapan pencetakan ini, lelehan hasil pemanasan cacahan botol plastik disalurkan kedalam wadah pencetakan. Cetakan yang dihasilkan dari proses ini adalah *paving block*.

B. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan Perangkat sistem kontrol yang user friendly (mudah diguna-kan) dimana pengguna dapat meminimalkan penggunaan relai pada perancangan sebuah system [3]. Adapun perangkat PLC yang digunakan pada pembuatan mesin daur ulang sampah ini adalah PLC Omron CP1E.

C. Arduino Mega

Jenis arduino yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Mega 2560. Adapun pemrogramannya menggunakan Arduino IDE [4].

D. Sensor Ultrasonic

Penggunaan sensor ultrasonik dengan mekanisme yang diimplementasikan pada [5] digunakan juga pada penelitian ini. Pada sensor diberikan batas pengukuran dengan melihat kondisi dari wadah pencetak, sehingga diperoleh informasi bahwa wadah pencetak dalam kondisi terisi. Sensor ultrasonik yang digunakan oleh peneliti ialah sensor HC-SR04.

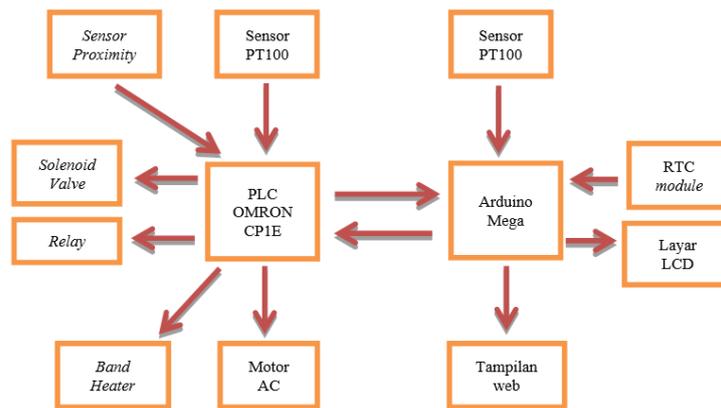
E. Motor AC

Jenis motor listrik yang digunakan oleh penulis ialah Motor listrik AC 1 HP dan 1,5 HP, dimana kedua motor AC ini berfungsi sebagai pencacah sampah botol plastik dan pendorong lelehan hasil peleburan cacahan botol plastik.

F. Kawat Nikelin

Elemen pemanas merupakan elemen terpenting pada proses daur ulang sampah botol plastik ini. Dimana proses peleburan untuk mengubah wujud padat dari plastik menjadi wujud cair agar hasil akhir daur ulang mudah dibentuk menjadi paving block. Peneliti memilih menggunakan kawat nikelin sebagai elemen pemanas cacahan botol plastik.

G. Diagram System



Gambar 1. Diagram Sistem Kontrol

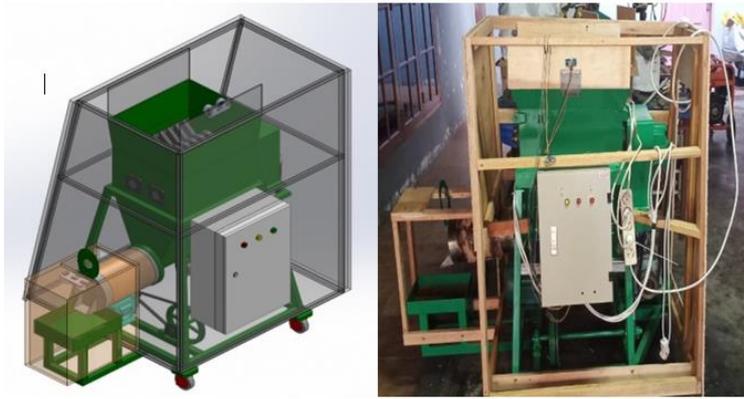
Diagram di atas merupakan diagram sistem kontrol dari mesin daur ulang sampah botol plastik menggunakan kontroler Arduino Mega dan PLC. Berikut ini penjelasan dari diagram sistem tersebut:

1. Tegangan sumber diambil dari jala-jala 220 VAC. Beberapa komponen elektronika pada sistem memiliki spesifikasi yang berbeda, seperti PLC, Arduino Mega, sensor, komunikasi, ataupun aktuator. Tegangan 220 VAC akan diubah menjadi tegangan 24 VDC dan 5 VDC dengan trafo AC *step down*.
2. Sensor *proximity inductive* akan mendeteksi keberadaan objek botol plastik pada mesin pencacahan, dimana sensor akan memantulkan gelombang elektromagnetik ke sisi seberang penggiling yang berbahan logam untuk mendeteksi keberadaan logam. Saat sensor tidak dapat mendeteksi keberadaan logam, maka kondisi sinyal “*High*” yang berarti sensor mendeteksi keberadaan botol plastik, demikian berlaku sebaliknya.
3. Selama sensor *proximity inductive* mendeteksi benda, PLC akan menerima sinyal input *high* yang terhubung kepada rangkaian *relay* 5 VDC sebagai *input* terhadap kerja motor AC penggerak dari alat penggiling. Saat sinyal *input low* terhadap PLC, maka motor AC berhenti bergerak dengan *delay* waktu 5s. Hal ini bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja yang diakibatkan kelalaian manusia.
4. Motor pada penggiling dan pengaduk serta *solenoid valve* pendorong barang bekerja pada tegangan 24 VDC sebagai *output* dari PLC.
5. Sensor PT100 sebagai pengukur perubahan suhu pada peleburan, modul RTC untuk menghitung waktu pengerjaan setiap proses, serta LCD yang digunakan untuk menampilkan informasi dari proses yang sedang berjalan terhubung ke Arduino Mega 2560.
6. Arduino Mega 2560 akan memberikan sinyal keluaran dalam bentuk logika *high* ataupun *low* terhadap PLC agar dapat diproses dan kemudian menggerakkan aktuator yang terhubung ke PLC yaitu motor pada pengaduk dan *relay* yang terhubung dengan *heater band* serta *solenoid valve* pada pipa penyalur.
7. Logika *high* yang dikeluarkan oleh Arduino Mega 2560 akan merepresentasikan nilai tegangan 5 VDC dan logika *low* bernilai 0 VDC. Dikarenakan nilai keluaran Arduino Mega 2560 hanya bernilai 5VDC, sedangkan tegangan masukan PLC adalah 24 VDC, maka *logic* tersebut harus dimasukkan pada rangkaian penggerak relay sehingga tegangan masukan akan menjadi bernilai 24 VDC.
8. Data perubahan suhu dan lama waktu dari setiap proses yang akan disimpan akan dikirim ke *database* melalui *modul* komunikasi *wireless esp8266*. Data tersebut akan digunakan untuk menampilkan informasi pada web yang dapat diakses oleh pengguna.

HASIL DAN IMPLEMENTASI

A. Hasil Implementasi Produk

Pada implementasi akhir mesin (Gambar 2), perangkat keras seperti aktuator (motor AC) dan perangkat kontrol seperti (arduino dan PLC) telah berhasil terpasang dan bekerja dengan baik. Pada sistem pencacah, penulis menggunakan gear box dan motor AC 1,5 HP dengan kecepatan konversi menjadi 30 rpm.

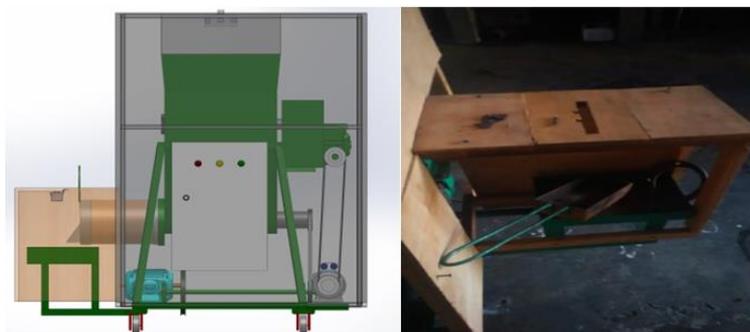


Gambar 2. Perbandingan desain dan implementasi akhir sistem pencacah



Gambar 3. Perbandingan desain dan implementasi akhir pemanas

Pada perancangan sistem pencetakan lelehan plastik menjadi *paving block*, peneliti menggunakan *valve* penghubung dari pemanas ke wadah pencetak. Fungsi *valve* pada sistem pencetak ini adalah untuk mengalirkan lelehan plastik ke wadah pencetak. Peneliti memilih untuk menggunakan pintu penghalang karena posisi tabung pemanas yang sudah membentuk sudut 35° dengan ujung yang langsung menuju ke wadah pencetak (Gambar 3).

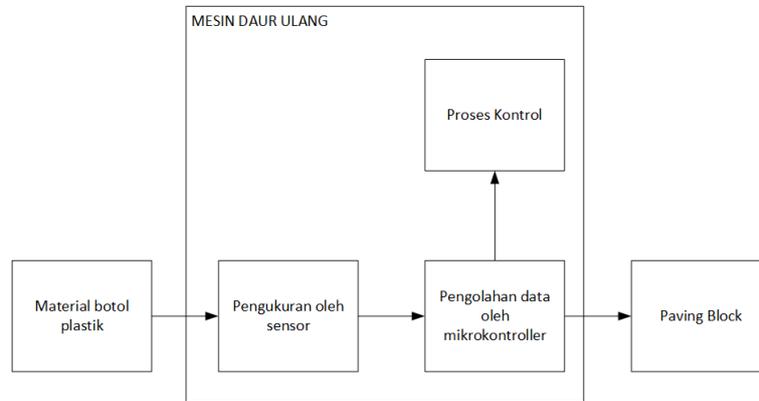


Gambar 4. Implementasi akhir sistem pencetak

Dalam tahap implementasi mesin daur ulang, penulis melakukan perancangan desain penutup mesin dari kayu dan triplek (Gambar 4), dimana hal tersebut bertujuan untuk menghindari kesalahan manusia terutama saat mesin sedang melakukan proses pemanasan atau peleburan.

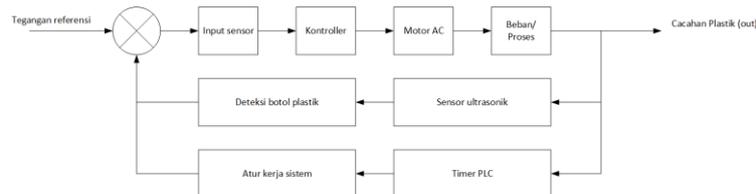
B. Implementasi Sistem Kontrol

Pada implementasi mesin daur ulang, peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino Mega dan PLC. Data pengolahan dari setiap sensor akan disimpan oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560. Setiap sub sistem akan bekerja bergantian secara real time dan otomatis menurut program yang telah di set pada PLC. Untuk kerja mesin secara keseluruhan berhasil diaplikasikan dengan didukung oleh perancangan sistem kontrol yang baik. Adapun diagram kerja dari keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 5.



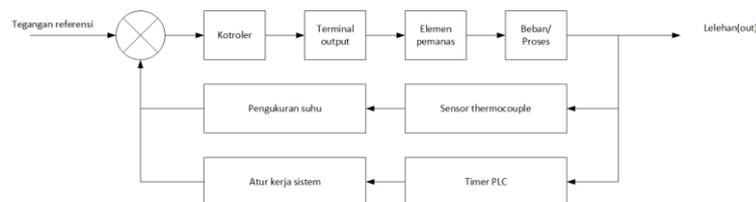
Gambar 5. Diagram kerja proses mesin daur ulang

Pada sistem kontrol untuk proses pencacahan botol plastik (Gambar 6), material yang berada pada wadah penampungan kemudian akan dikendalikan oleh Arduino Mega sebagai mikrokontroler dengan parameter sensor ultrasonik. Jarak pengukuran sensor ultrasonik akan di set berdasarkan nilai yang diinginkan. Saat nilai pengukuran lebih kecil dari nilai yang ditetapkan, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal menuju relay SPST yang kemudian sinyal ini diteruskan ke pin input PLC melalui sebuah terminal. Adapun diagram kerja proses pada sistem pencacah ditunjukkan oleh gambar di bawah.



Gambar 6. Diagram kerja proses sistem pencacah

Dengan kondisi PLC menerima sinyal masukan dari Arduino, maka *user* selanjutnya akan menekan *push button start* untuk menggerakkan motor pencacah. Setelah menekan *push button start*, mesin akan otomatis menjalankan seluruh proses daur ulang hingga menghasilkan produk berupa *paving block*. Setiap sub sistem pada mesin daur ulang dihubungkan dengan kontaktor, hal ini bertujuan untuk menghindari hubung singkat yang terjadi saat proses sedang berjalan. Pada mesin ini juga terdapat *push button stop* yang berfungsi untuk menghentikan kerja seluruh sistem pada mesin.



Gambar 7. Diagram kerja proses sistem pemanas

Pada sistem kontrol untuk proses pemanasan (Gambar 7), material cacahan botol plastik dari proses pendorong kemudian akan dikendalikan oleh PLC sebagai mikrokontroler dengan parameter timer PLC. Elemen

pemanas pada proses ini akan mulai bekerja memanaskan cacahan botol plastik dan sensor *thermocouple* kemudian akan mulai mendeteksi perubahan suhu yang terjadi.

Saat proses pemanasan cacahan botol plastik sedang berlangsung, peneliti mendapatkan nilai konsumsi daya pada proses ini sekitar 1100 watt. Adapun tujuan dari proses pemanasan ialah untuk mengubah wujud padat cacahan botol menjadi lelehan botol plastik, yang kemudian lelehan ini akan menuju wadah pencetakan yang berukuran 500 cm^3 .

C. Kebutuhan Daya Listrik

Peneliti melakukan pengambilan data konsumsi daya terhadap aktuator dan pemanas selama proses daur ulang berlangsung. Berdasarkan pengukuran, total daya yang diperlukan oleh mesin daur ulang sampah bernilai sebesar 6000-6200 VA.

D. Hasil Produk Daur Ulang (*Paving Block*)

Pada bagian akhir dari proses pengujian mesin daur ulang, diperoleh lelehan bahan non organik yang kemudian di cetak menjadi paving block. Adapun karakteristik hasil daur ulang yaitu berwarna kecoklatan, tidak berbau, tekstur batu padat, dan memiliki warna yang mengkilap seperti pada Gambar 8 di bawah ini. Namun, ketika produk didiamkan selama 1 malam di suhu ruangan, penulis mendapatkan produk paving block mengalami retakan yang merata di seluruh permukaan paving block seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. Produk keluaran pada kondisi panas



Gambar 9. Paving block setelah dibiarkan satu malam dalam suhu ruangan

Dengan melakukan beberapa kali pengujian terhadap setiap sub sistem proses pada mesin daur ulang, peneliti kemudian berhasil memperoleh hasil berupa *paving block* dengan karakteristik yang mirip dengan *paving block* pada umumnya. Tetapi pada saat penulis mendinginkan produk selama 1 malam di suhu ruangan, penulis mendapatkan produk paving block mengalami retakan yang merata di seluruh permukaan *paving block*. Perubahan fisik *paving block* yang terjadi dalam satu malam ini tidak diharapkan, karena berdasarkan [6], setelah 1 jam penampakan fisik paving block tetap solid. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi permasalahan retakan yang terjadi pada paving block ini.

Untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan dari hasil produksi diperlukan pengujian laboratorium yang lebih lanjut. Berikut ini merupakan beberapa hasil pengujian dan pengukuran yang dilakukan kepada proses pencacah dan pemanas pada mesin.

Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan motor dan hasil cacahan

Pengujian	Kecepatan Motor (rpm)	Kecepatan Motor Gearbox (rpm)	Hasil Cacahan Yang Terbuang
1	1400	70	Cukup Banyak
2	1400	65	Cukup Banyak
3	1400	60	Cukup Banyak
4	1400	55	Banyak
5	1400	50	Banyak
6	1400	45	Banyak
7	1400	40	Sedikit
8	1400	35	Sedikit
9	1400	35	Sedikit
10	1400	35	Sedikit

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuat mesin daur ulang yang memproduksi paving block yang bahannya adalah sampah botol plastik. Hanya saja paving block yang dihasilkan belum sesuai harapan, karena terjadi perubahan fisik pada paving block setelah dibiarkan 1 malam. Dilihat dari sisi penggunaan daya, mesin daur ulang ini menggunakan daya listrik yang besar yaitu sekitar 6000-6200 VA. Berdasar pada penelitian ini, penulis juga memberikan saran untuk perbaikan dan pengembangan alat ke depannya, yaitu agar membuat penambahan sistem pemadat dengan tujuan agar hasil produk *paving block* tidak mengalami retak dan menghasilkan produk daur ulang yang berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Wahyudi, H. T. Prayitno, and A. D. Astuti, "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif," *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 4, no. 1, pp. 58–67, 2018, doi: <https://doi.org/10.33658/jl.v14i1.109>.
- [2] Y. Yetri, H. Sawir, and R. Hidayati, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah dan Limbah Plastik," in *SENADIMAS: Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2016, pp. 375–384.
- [3] A. Saputra and A. W. F. Rahman, "Sistem Koreksi Otomatis pada Mesin Packaging dengan Pengendali PLC," *J. Teknol. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 54–57, 2017, doi: <https://dx.doi.org/10.22441/jte.v8i1.1376>.
- [4] "Arduino," [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560> [Diakses: 10 Januari 2020].
- [5] A. Permana, D. Triyanto, and T. Rismawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume dan Pengisian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA8," *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 76–87, 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.26418/coding.v3i2.10785>.
- [6] K. I. Sari and A. B. Nusa, "Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE (*High Density Polythylene*) sebagai Bahan Pembuatan Paving Block," *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 29–32, 2019.