

SISTEM PENGATURAN MOTOR SATU FASA PADA MESIN PENGADUK BUBUR KERTAS

**Agustiawan¹⁾, Wan M.Faizal²⁾, Heri Susanto³⁾, Rozy Mulyadi⁴⁾,
M. Aprinizar Prajuna⁵⁾, Muammar Nazli⁶⁾**

^{1,2,3,4,5,6}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis

E-mail: agustiawan@polbeng.ac.id¹, wanfaizal@polbeng.ac.id², Heri@polbeng.ac.id³,
ozimulyadi10@gmail.com⁴, aprinizar2304@gmail.com⁵, muammarnazli@gmail.com⁶

Abstract

The excessive use of paper has led to an increase in waste paper, posing significant environmental concerns. Recycling used paper is an effective solution, with pulp processing being one of its key stages. To improve the efficiency of this process, a continuous mixing system is required. This study presents the design and implementation of a semi-automated pulp mixing system using a single-phase motor as the main actuator, controlled by a Programmable Logic Controller (PLC) with an open-loop configuration. Experimental results show that under no-load conditions, the system achieves an average motor speed error of 1%, indicating a high level of measurement accuracy. However, when operating under load (mixing paper pulp), the average motor speed decreased to 43.6%, demonstrating that mechanical load has a considerable impact on system performance.

Keywords: *Paper recycling, pulp mixing, motor speed, PLC*

PENDAHULUAN

Penggunaan kertas yang banyak menyebabkan peningkatan limbah kertas, yang menimbulkan permasalahan lingkungan. Daur ulang kertas bekas merupakan solusi yang efektif, salah satu tahapan daur ulang adalah bagian pengaduk bubur kertas, mesin pengaduk bubur kertas merupakan komponen esensial dalam industri pulp dan kertas, terutama pada tahapan homogenisasi bahan baku. Untuk memastikan proses pengadukan berlangsung secara optimal tanpa menyebabkan degradasi terhadap struktur serat, mesin ini memerlukan sistem penggerak berupa motor listrik yang didukung oleh sistem kendali yang dapat diatur secara presisi. Motor induksi satu fasa umumnya digunakan pada aplikasi ini karena karakteristiknya yang andal, efisien, serta memiliki biaya operasional yang relatif rendah.

Pada sektor industri kecil dan menengah, proses pengadukan bubur kertas dilakukan secara manual atau menggunakan mesin konvensional tanpa sistem kendali otomatis. Pendekatan ini berpotensi menghasilkan campuran yang tidak homogen serta meningkatkan risiko kegagalan motor akibat beban berlebih yang tidak terdeteksi. Oleh karena itu, diperlukan perancangan

sistem kendali motor listrik berbasis otomatisasi yang mampu mengatur parameter operasional, seperti kecepatan dan durasi pengadukan sesuai dengan karakteristik proses dan kebutuhan produksi.

Menurut penelitian dengan judul *Desain dan Implementasi Sistem Kontrol Penimbangan pada Mesin Pencacah dan Pengaduk Bubur Kertas*, sistem kontrol didefinisikan sebagai perangkat yang berfungsi untuk mengatur, mengendalikan, dan memberikan perintah pada suatu sistem. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol penimbangan dengan kapasitas 1 kg, serta pengaturan otomatis fungsi *on/off* motor AC yang menggerakkan mata pisau pencacah (*crusher*) dan pengaduk bubur kertas. Metode yang digunakan mencakup tahap perancangan sistem kontrol pada mesin *hydropulper*, yang terdiri dari pembuatan gambar desain sistem, diagram blok, instalasi sistem kontrol, serta tahap pembuatan dan pengujian. Proses pengembangan melibatkan perancangan sistem kontrol berbasis mikrokontroler, pembuatan perangkat keras (*hardware*), pemrograman, serta integrasi sistem kontrol dengan mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol penimbangan yang dikembangkan mampu mengatur operasi *on/off* motor AC secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, berdasarkan pembacaan massa cacahan kertas yang telah mencapai 1 kg. Sistem ini memiliki tingkat error sebesar 5,1%. (Sirwani, 2020).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Prasetyo et al. (2024), berjudul *Rancangan Mesin Bubur Kertas Kapasitas 20 L/5 Menit dengan Metode Perancangan VDI 2222*, membahas proses pencacahan dan pengadukan dalam pembuatan bubur kertas sebagai bahan dasar kerajinan tangan. Saat ini, masih banyak pengrajin yang melakukan proses tersebut secara manual untuk menghasilkan produk seperti topeng, patung, gantungan kunci, dan berbagai hiasan lainnya. Proses manual memerlukan waktu yang cukup lama, terutama pada tahap perendaman kertas yang membutuhkan waktu 1–2 hari agar mudah dicacah secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pencacah dan pengaduk bubur kertas yang mampu meningkatkan efisiensi produksi. Metode yang digunakan mengacu pada prosedur perancangan VDI 2222, yang mencakup tahapan identifikasi kebutuhan, pengembangan konsep, perancangan, analisis simulasi pembebanan, dan analisis perhitungan teknis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin menggunakan sistem penggerak motor AC berdaya 2 HP, dengan sistem transmisi berupa *pulley-belt* dan roda gigi. Sistem pencacah dan pengaduk

dirancang dengan mekanisme putar untuk mengolah bahan secara simultan. Berdasarkan hasil analisis teknis, mesin yang dirancang mampu menghasilkan 20 liter bubur kertas dalam waktu 5 menit dalam satu siklus operasi.

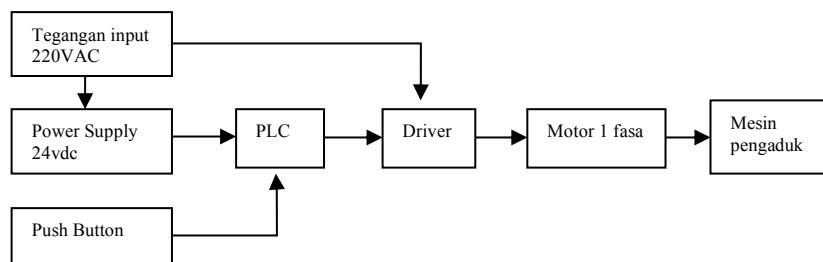
Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian tersebut, diketahui bahwa perancangan mesin pengolah bubur kertas menggunakan sistem kendali konvensional dan berbasis mikrokontroler. Oleh karena itu, Penelitian ini menerapkan sistem kendali berbasis PLC (Programmable Logic Controller) pada mesin pengaduk bubur kertas berkapasitas 40 liter.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara experimental dengan menerapkan sistem kendali open loop pada motor satu fasa yang berfungsi sebagai pengaduk bubur kertas, sistem open loop dipilih karena karakteristiknya yang sederhana sehingga sesuai diterapkan pada sistem yang memiliki tingkat kompleksitas rendah.

1. Diagram blok

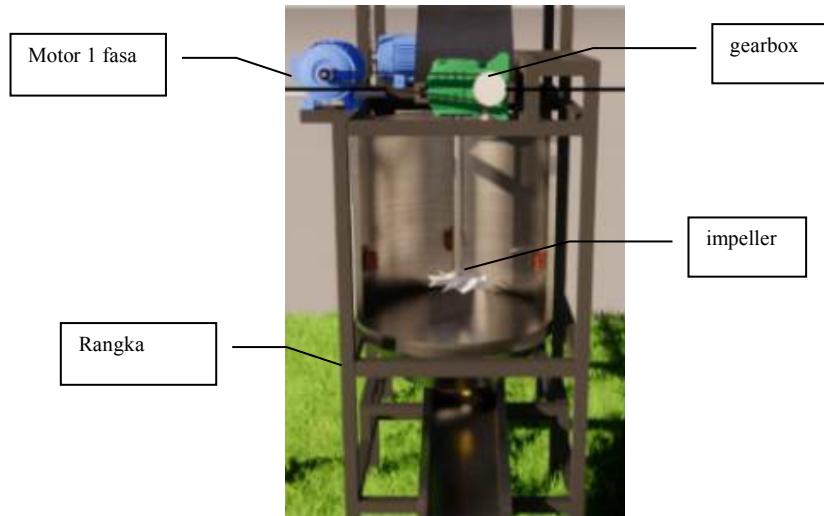
Desain sistem kontrol on-off motor satu fasa pada mesin pengaduk bubur kertas ditunjukkan Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Blok Diagram

Gambar 1 menunjukkan sumber AC adalah sumber listrik utama sistem yang menyediakan arus bolak-balik AC satu fasa. Power supply sebagai penyerah yang digunakan untuk memberikan arus searah pada PLC. Perangkat PLC yang digunakan jenis outseal v2 yang berperan sebagai pengendali utama, menerima input dari push button, mengatur kapan motor pengaduk harus aktif atau nonaktif, kemudian driver menerima sinyal dari PLC untuk

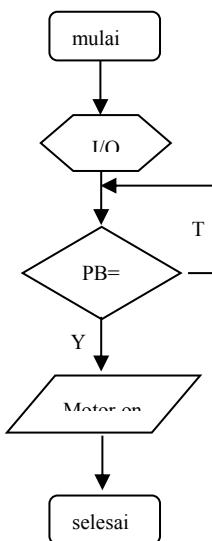
menghubungkan atau memutus aliran listrik dari sumber AC ke motor pengaduk. Motor satu fasa dengan kecepatan 2800 rpm digunakan untuk menggerakkan sistem pengadukan atau pencampuran bubur kertas yang dihubungkan ke transmisi gearbox melalui *pulley-belt*. Rancangan mekanik pengaduk bubur kertas ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan pengaduk bubur kertas

2. flowchart

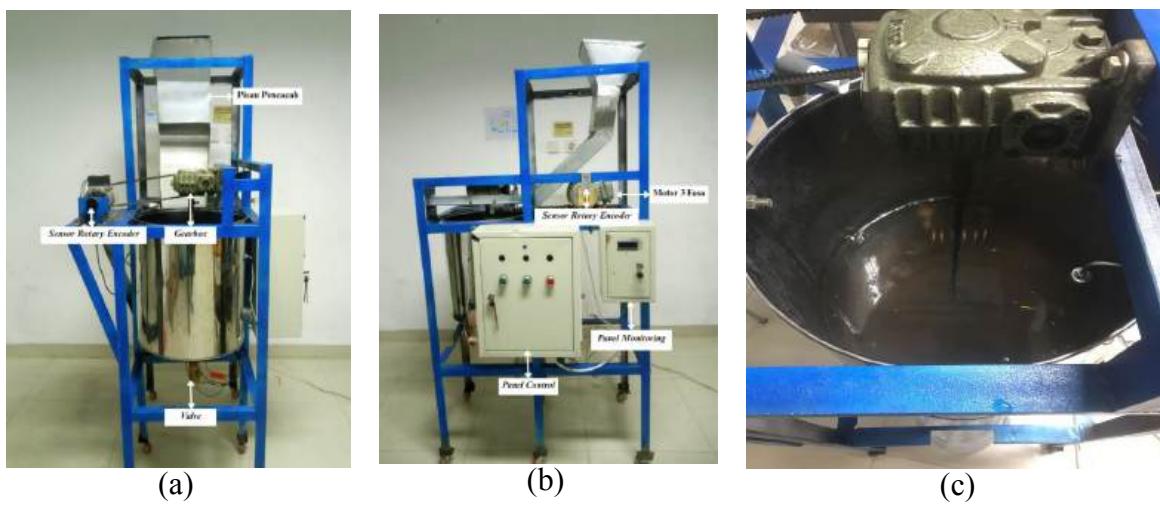
Adapun sistem kerja dari mesin pengaduk ini diawali dengan proses inisialisasi input dan output (I/O) pada unit kendali PLC, kemudian sistem akan masuk ke mode *standby* dan menunggu sinyal masukan dari *push button* sebagai pemicu operasi. Ketika *push button* ditekan dan memberikan sinyal logika tinggi (bernilai satu), sinyal tersebut akan diproses oleh PLC dan diteruskan sebagai sinyal keluaran menuju driver motor. Selanjutnya, driver akan mengaktifkan motor satu fasa yang berfungsi untuk menggerakkan sistem pengaduk melalui transmisi mekanik yang telah dirancang. Hal ini ditunjukkan dalam flowchart pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan alat menunjukkan bahwa perangkat berhasil direalisasikan sesuai dengan rancangan awal. Secara keseluruhan, komponen utama yang digunakan dalam sistem meliputi motor listrik satu fasa, yang berfungsi sebagai penggerak utama. Motor ini menggerakkan *pulley* dan *belt* untuk mentransmisikan daya mekanik ke *gearbox*, yang kemudian mengatur proses pengadukan. *Gearbox* berperan dalam mengurangi kecepatan putaran motor sekaligus meningkatkan torsi, sehingga *impeller* pengaduk dapat bekerja secara optimal. Tangki pengaduk berfungsi sebagai wadah utama untuk proses pengolahan kertas yang telah dicacah menjadi bubur kertas. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan pompa air yang berfungsi untuk memasok air ke dalam tangki, guna mempermudah proses pencampuran dan mempercepat homogenisasi bubur kertas. Adapun mesin pengaduk bubur kertas yang telah direalisasikan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Tampak Kiri (b) Tampak Kanan (c) Tampak dalam tanki

Pengambilan data dilakukan dalam dua tahap pengujian, yaitu pada kondisi tanpa beban dan kondisi dengan beban. Pada tahap pertama, pengujian dilakukan tanpa beban dengan cara mengukur putaran motor secara langsung. Pada tahap kedua, pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa bubur kertas untuk membandingkan pengaruh beban terhadap kinerja putaran motor. Pengukuran kecepatan motor dilakukan menggunakan alat ukur *tachometer* untuk memperoleh data yang akurat.

Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali dengan kondisi tanpa beban dan beban tetap, adapun data pengujian ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Pengukuran parameter motor 1 fasa

No.	Kondisi	Kecepatan (rpm)	Arus (A)	Frekuensi(Hz)	Daya(W)	Tegangan (V)	Cos φ
1.	Tanpa beban	2960	1,35	50	301,9	233	0,96
2.	Tanpa beban	2965	1,17	50	215,1	202	0,91
3.	Tanpa beban	2955	1,20	50	221,9	201	0,92
4.	Beban bubur kertas	2083	1,36	50	312,4	232	0,99
5.	Beban bubur kertas	1340	1,36	50	313,7	233	0,99
6.	Beban bubur kertas	1620	1,63	50	374,4	232	0,99

Perhitungan kecepatan motor menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$n = \frac{120 \cdot F}{P} \quad (1)$$

Keterangan:

n = kecepatan motor

F = frekuensi

P = pole

$$n = \frac{120 \cdot 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

Perhitungan persentase *error* dari data pengujian kecepatan motor menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Tanpa beban:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Nilai ukur} - \text{Nilai Teori}}{\text{Nilai Teori}} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = \frac{2960 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 1 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{2965 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 1 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{2955 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 1 \%$$

2. Beban bubur kertas:

$$\% \text{ Error} = \frac{2083 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 30 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{1340 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 55 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{1620 - 3000}{3000} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 46 \%$$

Rata-rata persentase error kecepatan motor saat diberi beban 40L bubur kertas sebesar 43,6%, hal ini menunjukkan beban mempengaruhi kecepatan dengan signifikan, dengan sistem open loop, kecepatan motor tidak dapat mencapai kecepatan yang stabil.

Perhitungan daya pada motor 1 fasa dapat menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Keterangan:

P = Daya (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

Cos φ = Faktor daya

Perhitungan daya pada motor diperoleh dari hasil pengukuran beberapa parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

1. Tanpa beban:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 233 \text{ V} \cdot 1,35 \text{ A} \cdot 0,96$$

$$P = 301,9 \text{ Watt}$$

$$P = 202 \text{ V} \cdot 1,17 \text{ A} \cdot 0,91$$

$$P = 215,1 \text{ Watt}$$

$$P = 201 \text{ V} \cdot 1,20 \text{ A} \cdot 0,92$$

$$P = 221,9 \text{ Watt}$$

2. Beban bubur kertas

$$P = 232 \text{ V} \cdot 1,36 \text{ A} \cdot 0,99$$

$$P = 312,4 \text{ Watt}$$

$$P = 233 \text{ V} \cdot 1,36 \text{ A} \cdot 0,99$$

$$P = 313,7 \text{ Watt}$$

$$P = 232 \text{ V} \cdot 1,63 \text{ A} \cdot 0,99$$

$$P = 374,4 \text{ Watt}$$

SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa sistem mesin pengaduk bubur kertas yang dapat bekerja relatif stabil pada kondisi tanpa beban, dengan persentase error 1%. Namun pada kondisi diberi beban (bubur kertas), kecepatan motor rata-rata menurun sebesar 43,6% dan cenderung tidak stabil, hal ini menunjukkan beban kerja mempengaruhi performa motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Prasetyo, D.K., Fauziyah, M., dan Adhisuwigno, S. (2024) Rancangan Mesin Bubur Kertas Kapasitas 20 L / 5 Menit Dengan Metode Perancangan VDI 2222, *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 2(6), 11-16.
- Hartawan, F.Y., dan Galina, M. (2022) Implementasi Programmable Logic Control (PLC) Omron CP1E Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta Untuk Kebutuhan Industri, *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 98-106.
- Rangkuti, S., Iksal, dan Zakaria, M. (2022) Rancang Bangun Prototipe Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Dengan Metode PWM Menggunakan Multivibrator Astble, *Jurnal Sosial dan Sains*, 2(5), 616-625.
- Sani, A., dan Jannah, E.E.N. (2020) Purwarupa Pengendali Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa Via Android, *Jurnal Integrasi*, 12(2), 88-91.
- Sirwani, A., Kabib, M., dan Qomaruddin. (2020) Desain Dan Implementasi Sistem Kontrol Penimbangan Pada Mesin Pencacah Dan Pengaduk Bubur Kertas, *Jurnal CRANKSHAFT*, 3(1), 35-44.
- Wisesa, T. (2024) *Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa Dengan PWM Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino*, Universitas Bengkulu, Bengkulu.