

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses pembuatan bubur kertas, tahap pencampuran bahan kimia merupakan langkah penting yang menentukan kualitas hasil akhir produk kertas. Bahan kimia seperti lem, pewarna, atau pelarut digunakan untuk memperkuat serat kertas, memberikan warna, serta meningkatkan karakteristik fisik kertas yang dihasilkan. Proses pencampuran yang baik harus mampu menghasilkan bubur kertas yang homogen agar mutu kertas, baik dari segi kekuatan maupun tekstur permukaan, dapat terjaga secara konsisten.

Namun, berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, proses pencampuran bahan kimia pada alat pengaduk bubur kertas masih banyak dilakukan secara manual. Kondisi ini menyebabkan hasil campuran sering kali tidak homogen, membutuhkan waktu yang relatif lama, serta kurang efisien dari segi tenaga dan penggunaan bahan. Proses pencampuran manual juga memiliki kelemahan dari sisi ketepatan takaran dan keamanan kerja, karena operator harus menambahkan bahan kimia secara langsung sehingga berpotensi menimbulkan paparan terhadap zat berbahaya. Selain itu, perbedaan durasi pengadukan dan kecepatan putaran pengaduk dapat menyebabkan hasil bubur kertas menjadi tidak konsisten.

Permasalahan terkait ketidakstabilan proses pengadukan tersebut diperkuat oleh hasil penelitian (Rozy Mulyadi, 2025) yang menyatakan bahwa kinerja mesin pengaduk bubur kertas sangat dipengaruhi oleh kondisi beban dan pengendalian kecepatan motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa beban, *error* kecepatan motor mencapai 10,08%, sedangkan pada kondisi beban bubur kertas *error* meningkat menjadi 15,79%. Temuan ini menunjukkan bahwa beban kerja secara signifikan memengaruhi performa mesin dan akurasi pembacaan kecepatan motor. Ketidakstabilan kecepatan pengaduk tersebut berpotensi menyebabkan proses pencampuran menjadi tidak merata, sehingga berdampak pada kualitas bubur kertas yang dihasilkan.

Oleh karena itu, diperlukan inovasi berupa sistem otomatis yang mampu mengatur proses pencampuran bahan kimia secara tepat, terukur, dan konsisten. Penerapan sistem kendali otomatis dinilai mampu mengurangi ketergantungan terhadap operator serta meminimalkan kesalahan akibat faktor manusia. Hal ini sejalan dengan penelitian (Muhammad Aprinizar Prajuna, 2025) yang menyatakan bahwa proses pengolahan bubur kertas yang dilakukan secara manual cenderung menimbulkan ketidakefisienan dan risiko keselamatan kerja. Dengan menerapkan sistem kendali otomatis berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*, proses penghancuran dan pengolahan bubur kertas dapat berjalan secara otomatis melalui integrasi sensor, motor, dan pompa, sehingga meningkatkan efisiensi, keamanan, dan akurasi proses.

Kemajuan teknologi otomasi dan mikrokontroler memberikan peluang besar untuk mengembangkan sistem pencampur zat kimia pada bubur kertas secara otomatis. Dengan memanfaatkan sistem kendali berbasis mikrokontroler, proses pencampuran dapat dilakukan berdasarkan waktu dan volume yang telah diprogram. Penggunaan sensor level cairan, motor pengaduk, serta pompa otomatis memungkinkan proses pencampuran berjalan secara stabil dan konsisten tanpa perlu intervensi langsung dari operator. Pendekatan ini sejalan dengan konsep sistem kendali terpusat yang dikemukakan oleh (Rozy Mulyadi, 2025) dan (Muhammad Aprinizar Prajuna, 2025), yang menekankan pentingnya pengendalian proses secara otomatis untuk meningkatkan performa mesin dan kualitas hasil pengolahan bubur kertas.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Pencampur Cairan Kimia Otomatis pada Alat Pengaduk Bubur Kertas di Politeknik Negeri Bengkalis.” Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem otomatis yang mampu mencampur cairan kimia secara efisien, aman, dan konsisten. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat diterapkan dalam kegiatan praktikum maupun produksi skala kecil di Politeknik Negeri Bengkalis, serta menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi otomasi di bidang pengolahan bahan berbasis serat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pencampur cairan kimia otomatis yang dapat bekerja secara efisien dan terintegrasi dengan alat pengaduk bubur kertas di Politeknik Negeri Bengkalis?
2. Bagaimana cara kerja mikrokontroler dalam mengendalikan proses pencampuran cairan kimia secara otomatis sesuai dengan waktu dan volume yang telah ditentukan?
3. Bagaimana menentukan desain mekanik, sistem kelistrikan, dan perangkat lunak yang sesuai agar alat pencampur cairan kimia dapat bekerja secara stabil dan aman?
4. Sejauh mana alat pencampur cairan kimia otomatis ini mampu meningkatkan homogenitas campuran serta efisiensi waktu dalam proses pengadukan bubur kertas?
5. Bagaimana hasil pengujian kinerja alat setelah diimplementasikan pada sistem pengaduk bubur kertas di Politeknik Negeri Bengkalis?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan pembuatan alat pencampur cairan kimia otomatis yang terintegrasi dengan alat pengaduk bubur kertas yang digunakan di Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Sistem kendali yang digunakan pada alat ini berbasis mikrokontroler Arduino Uno, yang berfungsi untuk mengatur waktu, kecepatan, serta volume pencampuran cairan kimia.
3. Jenis cairan kimia yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada bahan kimia non-korosif dan aman untuk percobaan laboratorium, seperti lem cair (PVA) dan pewarna cair.
4. Proses pencampuran difokuskan pada skala laboratorium pendidikan, bukan untuk skala industri besar.

5. Penelitian ini tidak membahas aspek reaksi kimia detail antar bahan maupun pengujian kualitas kimiawi hasil campuran, tetapi hanya meninjau kinerja alat dari sisi mekanik, elektrik, dan sistem kontrol otomatis.
6. Sumber daya listrik yang digunakan berasal dari daya DC 12 Volt yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Tujuan dan Manfaat dari penelitian Rancang Bangun Sistem Pencampuran Zat Kimia pada Bubur Kertas secara Otomatis ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Rancang Bangun Sistem Pencampuran Zat Kimia pada Bubur Kertas secara Otomatis ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang dan membangun alat pencampur cairan kimia otomatis yang terintegrasi dengan alat pengaduk bubur kertas untuk meningkatkan efisiensi proses pencampuran.
- b. Mengembangkan sistem kendali berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang mampu mengatur waktu, volume, dan kecepatan pencampuran secara otomatis.
- c. Menguji kinerja alat dalam proses pencampuran cairan kimia agar diperoleh hasil campuran yang homogen dan konsisten.
- d. Menerapkan sistem otomasi sederhana yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan penelitian di lingkungan Politeknik Negeri Bengkalis.
- e. Menilai efektivitas alat dalam mengurangi keterlibatan operator secara langsung terhadap bahan kimia, sehingga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kerja.

2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian Rancang Bangun Sistem Pencampuran Zat Kimia pada Bubur Kertas secara Otomatis ini adalah :

- a. Bagi Institusi (Politeknik Negeri Bengkalis): Hasil penelitian ini dapat menjadi media praktikum dan pembelajaran bagi mahasiswa dalam bidang

teknik elektro, mekatronika, dan teknik mesin terkait penerapan sistem otomasi.

- b. Bagi Mahasiswa dan Peneliti: Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam merancang sistem otomatis berbasis mikrokontroler, sekaligus menambah wawasan tentang integrasi antara sistem mekanik dan elektronik.
- c. Bagi Industri atau Bengkel Pendidikan: Alat ini dapat menjadi contoh penerapan teknologi otomasi sederhana yang mampu meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi risiko keselamatan dalam proses pencampuran bahan kimia.
- d. Bagi Lingkungan dan Keselamatan Kerja: Sistem otomatis ini membantu mengurangi kontak langsung operator dengan bahan kimia, sehingga lebih aman dan ramah terhadap lingkungan kerja laboratorium.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan rancang bangun (*Research and Development*), yaitu dengan merancang, membuat, dan menguji sebuah alat pencampur cairan kimia otomatis yang terintegrasi dengan alat pengaduk bubur kertas di Politeknik Negeri Bengkalis. Sistem ini dikembangkan untuk mencampurkan beberapa bahan kimia utama dalam proses pengolahan bubur kertas, yaitu larutan PVA cair, aluminium sulfat, hidrogen peroksida (*bleaching agent*), dan pati (*starch*) dengan dosis tertentu yang dihitung berdasarkan persentase terhadap berat pulp kering. Metode ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan pencampuran manual yang kurang efisien, tidak konsisten, serta berisiko terhadap keselamatan kerja.

Tahapan penyelesaian masalah diawali dengan analisis kebutuhan sistem, yaitu mengidentifikasi permasalahan pada proses pencampuran bahan kimia secara manual, seperti ketidakhomogenan campuran, ketidaktepatan takaran, serta tingginya keterlibatan operator. Pada tahap ini ditentukan karakteristik bahan kimia yang akan dicampurkan, meliputi PVA cair yang memiliki sifat hidrofilik dan viskositas tinggi, aluminium sulfat sebagai koagulan bermuatan positif yang bersifat korosif, hidrogen peroksida sebagai agen pemutih selulosa, serta pati

(*starch*) yang berperan dalam pembentukan struktur dan sifat mekanik bubur kertas. Selain itu, ditetapkan pula rentang dosis bahan kimia, yaitu PVA cair 1-5% (± 300 gram), aluminium sulfat 0,5-2% (± 100 gram), bleaching agent 1-3% (± 200 mL), dan pati 2-10% (± 500 gram) dari berat pulp. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi sistem kendali dan komponen elektronik yang digunakan.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang meliputi perancangan mekanik, sistem kelistrikan, dan perangkat lunak. Sistem kendali utama menggunakan Arduino Uno berbasis mikrokontroler ATmega328P yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali seluruh komponen. Arduino Uno dipilih karena memiliki jumlah pin *input/output* yang memadai, kemudahan pemrograman, serta kompatibilitas dengan berbagai sensor dan aktuator. Pengaturan mekanisme buka-tutup aliran bahan kimia dilakukan menggunakan motor servo, yang mampu mengatur posisi sudut secara presisi berdasarkan sinyal pulsa dari Arduino.

Untuk menjaga kestabilan suplai daya, sistem menggunakan *Power supply* DC yang berfungsi mengonversi tegangan AC menjadi DC, dilengkapi dengan *buck converter* LM2596 sebagai penurun tegangan agar sesuai dengan kebutuhan komponen seperti sensor dan mikrokontroler. Komponen kelistrikan ditempatkan dalam *box* panel yang berfungsi sebagai pengaman, pengontrol, serta pendistribusi daya listrik. Pengkabelan antar komponen dilakukan menggunakan kabel jumper yang memudahkan proses perakitan dan pengujian rangkaian.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian atau volume cairan dalam wadah bahan kimia, sehingga volume injeksi dapat dikontrol secara otomatis dan akurat. Untuk menjaga kestabilan tegangan dan meredam gangguan listrik pada rangkaian, digunakan kapasitor sebagai penyimpan muatan sementara. Seluruh komponen tersebut dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam mendukung proses pencampuran bahan kimia secara otomatis.

Tahap pembuatan dan perakitan alat dilakukan dengan merealisasikan desain ke dalam bentuk fisik alat pencampur cairan kimia otomatis. Pada tahap ini, seluruh komponen mekanik dan elektronik dirakit, dipasang dalam *box* panel, serta

diintegrasikan dengan alat pengaduk bubur kertas. Perangkat lunak pada Arduino Uno diprogram untuk mengatur urutan pencampuran, volume injeksi, dan waktu pengadukan sesuai dosis yang telah ditentukan.

Setelah alat selesai dibuat, dilakukan pengujian dan evaluasi kinerja sistem. Pengujian meliputi pengujian fungsional komponen elektronik, kinerja sistem kendali otomatis, serta hasil pencampuran bahan kimia terhadap bubur kertas. Parameter yang diamati mencakup homogenitas campuran, ketepatan dosis, waktu pencampuran, kestabilan kerja alat, serta penurunan tingkat keterlibatan operator.

Tahap terakhir adalah analisis hasil dan penyempurnaan sistem, yaitu menganalisis data hasil pengujian untuk mengetahui kelebihan dan keterbatasan alat. Apabila ditemukan kekurangan, dilakukan penyesuaian pada desain mekanik, rangkaian elektronik, maupun program mikrokontroler agar alat dapat beroperasi secara optimal, aman, dan sesuai dengan kebutuhan praktikum di Politeknik Negeri Bengkalis.