

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk yang besar sehingga menghasilkan volume sampah yang tinggi setiap tahunnya. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK) tahun 2025, Indonesia menghasilkan 31,46 juta ton sampah per tahun. Salah satu jenis sampah yang banyak dihasilkan adalah limbah kertas. Dari data tersebut, sampah kertas mencapai 3,57 juta ton dan berdasarkan komposisinya, sampah kertas memiliki jumlah tertinggi ketiga setelah sampah sisa makanan dan sampah kayu atau ranting. Daur ulang limbah kertas merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah sekaligus meningkatkan nilai guna limbah menjadi produk baru yang bermanfaat.

Pada umumnya, masyarakat membuang limbah kertas secara langsung ke tempat pembuangan akhir atau membakarnya tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Praktik tersebut berpotensi menyebabkan pencemaran tanah akibat penumpukan material kertas yang tidak tertangani dengan baik, serta menimbulkan polusi udara ketika proses pembakaran menghasilkan asap dan partikel berbahaya. Situasi ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah kertas memerlukan perhatian khusus agar tidak semakin memperburuk kualitas lingkungan (Tetra, dkk., 2023).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai inovasi dalam pengelolaan limbah kertas mulai diperkenalkan kepada Masyarakat, termasuk metode daur ulang kertas. Melalui proses daur ulang ini, limbah kertas dapat diolah kembali menjadi produk baru yang memiliki nilai guna, seperti kertas lukis, kertas dekoratif, hiasan rumah atau bahan kerajinan tangan lainnya. Penerapan teknologi daur ulang tidak hanya membantu mengurangi volume limbah kertas, tetapi juga mendukung upaya pelestarian lingkungan dengan mengurangi kebutuhan berbahan baku pepohonan. Dengan demikian, kegiatan daur ulang limbah kertas menjadi salah satu solusi efektif dan berkelanjutan dalam mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan (Suryani, dkk., 2024)

Proses daur ulang limbah kertas skala rumah tangga atau UMKM masih banyak dilakukan secara manual. Pengisian air dilakukan berdasarkan perkiraan pengguna, proses pengadukan memerlukan tenaga dan waktu yang cukup lama, serta proses pengeringan belum dilengkapi sistem kendali suhu yang memadai. Kondisi tersebut menyebabkan hasil bubur kertas kurang homogen, waktu produksi lebih lama, dan hasil daur ulang kertas menjadi tidak konsisten.

Perkembangan teknologi mikrokontroler memungkinkan proses daur ulang limbah kertas dilakukan secara lebih otomatis dan terkontrol. ESP32 dapat digunakan sebagai pengendali utama yang memadukan sensor *load cell*, sensor *liquid level*, sensor suhu DS18B20, pompa air, motor pengaduk, *heater*, kipas angin, dan LCD *display* menjadi satu sistem.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, belum ditemukan alat daur ulang limbah kertas skala kecil berbasis ESP32 yang menggabungkan proses penimbangan bahan, pengadukan bubur kertas, dan pengeringan dalam satu sistem terpadu. Oleh karena itu dilakukan penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas menjadi Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler”.

Penelitian relevan yang pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Saragih, dkk. (2024) dari Universitas Sumatera Utara dengan judul *Desain Produk E-TOS: Mesin Daur Ulang Limbah Kertas Pada UMKM Fotocopy Menggunakan Metode Design Thinking*. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat desain rancangan sebuah mesin daur ulang limbah kertas yang memiliki beberapa komponen seperti tempat penyimpanan limbah kertas, mesin penghancur kertas, mesin *molding* dan tempat penyimpanan produk. Cara kerja mesin ini yaitu, dimulai dari limbah kertas yang disimpan di tempat penyimpanan limbah kertas yang terhubung dengan wadah adonan kertas dan mesin penghancur kertas, selanjutnya terdapat mesin *moulding* yang memiliki tiga *mould*, yang pertama *mould* atas berfungsi sebagai alat penggerak dan penyetabil, kemudian *mould* bawah berfungsi sebagai alat *press* dan yang terakhir adalah *mould* kertas yang berfungsi sebagai *heater* dan alat pemecah kertas A4, setelah kertas terbentuk, cetakan kertas akan memindahkan kertas ke penyimpanan produk (bentuk laci) sehingga memudahkan pengguna untuk mengambil kertas A4 daur ulang. Namun rancangan mesin daur

ulang limbah kertas ini belum dilengkapi dengan program dan teknologi otomasi yang dapat mengoperasikan mesin ini secara otomatis.

Penelitian relevan yang kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Izaz, A.M. (2025) dari Politeknik Negeri Cilacap yang berjudul *Rancang Bangun Alat Mixer Kertas Menggunakan Motor 1 Fasa*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan alat *mixer* kertas yang digerakkan oleh motor listrik AC satu fasa sebagai sumber utama. Alat ini dirancang untuk mendukung proses daur ulang limbah kertas menjadi bubur kertas yang dapat dimanfaatkan kembali menjadi kertas yang memiliki nilai guna. Mekanisme kerja alat ini mengintegrasikan sistem pencacahan dan pengadukan, dengan komponen pisau *mixer* yang diputar melalui mekanisme transmisi *pulley v-belt* dan *gearbox*. Kapasitas alat dirancang mampu menampung bubur kertas hingga 1 kg , dengan rasio campuran 2 kg kertas : 5 liter air : 3 kg tepung kanji. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi waktu dan beban bahan, guna menilai efisiensi operasional alat berdasarkan konsumsi daya listrik, putaran motor (rpm), serta tingkat homogenitas hasil campuran. Hasil pengujian menunjukkan alat ini dapat beroperasi secara optimal dengan kecepatan putaran maksimum sebesar 94.5 rpm dan konsumsi daya tertinggi mencapai 1.111 VA . Kualitas hasil pengadukan menunjukkan peningkatan seiring lamanya waktu pencampuran, dengan efisiensi terbaik tercapai pada durasi 25 menit. Dibanding dengan metode manual, alat ini terbukti mampu mempercepat proses produksi.

Penelitian relevan yang ketiga adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh Has, R.A. (2021) yang berjudul *Prototype Alat Pengering Tipe Tray untuk Pengeringan Pulp Berbasis Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang (Tinjauan Efisiensi Thermal Alat)*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu unit *prototype* alat pengering tipe *tray* untuk pengeringan *pulp* dari campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang, dan menguji kinerja alat, ditinjau dari efisiensi *thermal*, dan mendapatkan *pulp* yang memenuhi standar kadar air berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 6106-2006. Perancangan *prototype* alat pengering tipe *tray* berukuran $39,5\text{ cm} \times 45\text{ cm} \times 39\text{ cm}$, berbahan *stainless steel* dengan jumlah *tray* 4 tingkat, menggunakan energi panas yang dihasilkan dari *strip heater* dan memiliki sistem konveksi paksaan (*forced convection*). Parameter

yang diukur diantaranya, massa bahan sebelum pengeringan, temperatur *pulp* sebelum pengeringan, massa bahan sesudah pengeringan, dan temperatur *pulp* sesudah pengeringan. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya, variasi temperature pengeringan 60°C, 70°C, dan 80°C serta variasi waktu pengeringan 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit dan 210 menit. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi *thermal* tertinggi pada pengering tipe *tray* yang didapat yaitu pada temperatur pengeringan 60°C dengan waktu pengeringan 120 menit, yaitu sebesar 93,485%. *Pulp* yang dihasilkan dari pengering tipe *tray* telah memenuhi standar kadar air berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 6106-2006 yaitu pada temperatur pengeringan 80°C dengan waktu pengeringan 150 menit pada *tray* 1, didapatkan kadar air sebesar 7,5%.

Kajian terhadap penelitian terdahulu yang relevan dilakukan sebagai bahan acuan untuk memahami konsep, metode penelitian, serta sistem yang telah dikembangkan, sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan penelitian rancang bangun alat daur ulang limbah kertas berbasis mikrokontroler. Kajian terhadap penelitian terdahulu yang relevan bertujuan untuk mengidentifikasi keterbatasan dan pengembangan yang akan dilakukan pada penelitian rancang bangun alat daur ulang limbah kertas menjadi kertas multiguna berbasis mikrokontroler. Perbandingan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian rancang bangun alat daur ulang limbah kertas menjadi kertas multiguna berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1. 1 Perbandingan Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Hasil Utama Penelitian	Gap Penelitian	Posisi Penelitian
1.	(Saragih, dkk., 2024)	Desain Produk Mesin E-TOS: Mesin Daur Ulang Limbah Kertas pada UMKM	Menghasilkan rancangan mesin daur ulang limbah kertas yang	Penelitian masih berfokus pada aspek mekanik mesin dan belum mengintegra	Penelitian yang dilakukan mengembangkan an sistem daur ulang limbah kertas berbasis ESP32 dengan integrasi <i>load</i>

No	Peneliti	Judul	Hasil Utama Penelitian	Gap Penelitian	Posisi Penelitian
		Fotocopy Menggunakan Metode Design Thinking	mampu mengolah limbah kertas menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali.	sikan sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler, sensor berat, sensor level air, serta sensor suhu.	cell, sensor liquid level non-contact, sensor suhu DS18B20, pompa air, motor pengaduk, heater, dan kipas dalam satu sistem otomatis.
2.	(Izaz, A.M 2025)	Rancang Bangun Alat Mixer Kertas Menggunakan Motor 1 fasa	mengembangkan sistem pengadukan bubuk kertas menggunakan motor 1 fasa	Penelitian hanya berfokus pada proses pengadukan bubuk kertas dan belum mencakup proses penimbangan bahan, pengisian air otomatis, pengadukan bubuk kertas, dan pengeringan dalam satu sistem pengeringan kertas.	Penelitian yang dilakukan menggabungkan proses penimbangan bahan baku, pengisian air otomatis, pengadukan bubuk kertas, dan pengeringan dalam satu sistem terintegrasi.
3.	(Has, R.A. 2021)	Prototype Alat	Mengembangkan	Penelitian tidak	Penelitian yang dilakukan

No	Peneliti	Judul	Hasil Utama Penelitian	Gap Penelitian	Posisi Penelitian
		Pengering Tipe Tray untuk Pengeringan Pulp Berbasis Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepah Pisang	sistem pengeringan kertas dengan tipe <i>tryer dryer</i> dengan memanfaatkan <i>strip heater</i> sebagai sumber panas.	dirancang untuk proses daur ulang limbah kertas dan belum menggunakan sistem monitoring suhu berbasis mikrokontroler yang terintegrasi dengan proses pengolahan limbah.	menggunakan sensor suhu DS18B20 dan ESP32 untuk mengontrol proses pengeringan kertas hasil daur ulang secara otomatis

Berdasarkan permasalahan yang ada serta beberapa penelitian relevan yang telah diuraikan di atas, maka dibuat suatu penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler” dengan menggunakan ESP32 sebagai sistem pengendali.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Proses daur ulang limbah kertas masih banyak dilakukan secara manual, meliputi penimbangan massa kertas, pengisian air, pengadukan bubur

kertas, pencetakan bubur kertas, dan pengeringan bubur kertas secara manual.

2. Belum ditemukan alat daur ulang kertas skala kecil berbasis ESP32 yang memadukan beberapa proses dalam satu sistem.
3. Diperlukan sistem otomasi dan monitoring massa bahan, volume air, dan suhu yang dapat bekerja secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi proses daur ulang kertas.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka perlu dibuatnya batasan masalah untuk membatasi cakupan permasalahan supaya peneliti dapat mengkaji lebih mendalam dan rinci. Berikut ini pembatasan masalah pada “Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler”:

1. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama.
2. Sensor *load cell* 10 kg digunakan untuk mengukur massa bahan kertas daur ulang.
3. Sensor *liquid level non-contact* XKC-Y25-V digunakan untuk mendeteksi level air berdasarkan volume yang telah ditentukan.
4. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk membaca suhu pada saat proses pengeringan kertas.
5. Pembentukan kertas dilakukan manual, mengingat proses kompresi memerlukan keterlibatan langsung tenaga manusia.
6. Bahan baku kertas yang digunakan berupa limbah kertas dengan berbagai jenis dan ketebalan, tidak harus dalam kondisi bersih, namun tidak mengandung lapisan atau campuran plastik.
7. Kapasitas maksimum limbah kertas yang diproses sebesar 1 kg.
8. Volume maksimum air yang digunakan sebesar 5 liter.
9. Waktu pengadukan bubur kertas dilakukan selama 3 menit.
10. Waktu pengeringan dilakukan selama 10 menit.
11. Produk yang dihasilkan berupa kertas ukuran A4.
12. Kualitas kertas yang dihasilkan hanya diamati secara visual.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah maka diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. “Bagaimana merancang dan membangun alat daur ulang limbah kertas menjadi kertas multiguna berbasis mikrokontroler?”
2. “Bagaimana menerapkan integrasi antara sensor dan aktuator ke dalam sistem berbasis mikrokontroler ESP32?”
3. “Bagaimana kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian setiap komponen dan sistem secara keseluruhan?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan peneliti berdasarkan masalah yang sudah disebutkan di atas adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun alat daur ulang limbah kertas menjadi kertas multiguna berbasis mikrokontroler.
2. Menerapkan integrasi antara sensor dan aktuator ke dalam sistem berbasis mikrokontroler ESP32.
3. Menguji kinerja sensor *load cell* pada proses penimbangan bahan.
4. Menguji kinerja sensor *liquid level non-contact* XKC-Y25-V pada proses deteksi level air.
5. Menguji kinerja sensor suhu DS18B20 pada sistem pengering.
6. Menguji kinerja sistem secara keseluruhan.
7. Menguji Hasil Produk Kertas

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pembuatan “Rancang Bangun Alat Daur Ulang Limbah Kertas Menjadi Kertas Multiguna Berbasis Mikrokontroler adalah sebagai berikut:

Manfaat praktis:

1. Membantu proses daur ulang limbah kertas menjadi lebih mudah dan terkontrol.

2. Meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga dalam proses produksi kertas daur ulang.
3. Dapat digunakan pada skala rumah tangga dan UMKM.

Manfaat Teknis:

1. Menjadi referensi pengembangan sistem otomasi berbasis mikrokontroler ESP32.
2. Menjadi referensi integrasi sensor dan aktuator pada sistem daur ulang limbah.

Manfaat Akademik:

1. Menambah referensi penelitian bidang sistem kendali berbasis mikrokontroler.
2. Menjadi referensi penelitian lanjutan mengenai pengelolaan limbah berbasis otomasi.

