

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan material kaca terus meningkat dan pengelolaannya masih menghadapi kendala besar karena sifatnya yang tidak dapat terurai secara alami. Berdasarkan data pemerintah tahun 2025, sampah kaca menyumbang 2,32% dari 28 juta ton timbulan sampah nasional, sementara di Pekanbaru menyumbang 1,13% dari 383 ribu ton timbulan lokal. Meskipun persentasenya kecil, sifat kaca yang berat menyebabkan inefisiensi transportasi, padahal kaca memiliki nilai ekonomi tinggi jika diolah menjadi agregat beton sebagai pengganti pasir kuarsa (KLHK, 2025).

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu menunjukkan beberapa keterbatasan teknis. Silaban dkk. (2020) dan Dzulhaj dkk. (2020) fokus pada manufaktur mesin kapasitas 30 kg/jam namun belum menyertakan *finite element analysis* (FEA). Caesar, (2020) telah melakukan simulasi FEA mendalam tetapi hanya terbatas pada desain tanpa prototipe fisik. Sementara itu, mekanisme penghancuran yang dikembangkan oleh Jamaluddin dkk. (2023) yang berupa sistem pukul dan Wensen dkk. (2024) yang menggunakan sistem cakar umumnya beroperasi pada putaran tinggi dan belum dilengkapi sistem penyaring (*sieve*) untuk standarisasi hasil akhir.

Sebagai upaya mengurangi penumpukan limbah kaca dan meningkatkan pemanfaatannya, penelitian ini melakukan rancang bangun mesin *hammer mill* skala laboratorium dengan motor listrik tiga fasa 2 HP (1,5 kW) 1400 rpm, transmisi puli rasio 7:3, dan 16 *hammer* dengan putaran rotor rencana 600 rpm dan kapasitas rencana 29 kg/jam. Evaluasi perancangan mencakup analisis kekuatan struktur rangka menggunakan *finite element analysis* (FEA) *static* solidworks dan validasi perhitungan menggunakan *motion analysis* solidworks. Pengujian mesin dilakukan menggunakan 1 kg sampah kaca sebanyak lima kali pengulangan dengan parameter ukur yang meliputi arus dan tegangan listrik, persentase agregat kasar dan halus, kapasitas produksi aktual, kecepatan putar, konsumsi daya, torsi rotor aktual, serta biaya kelistrikan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang dan membangun model mesin penghancur sampah kaca skala laboratorium berdasarkan pendekatan energi penghancuran material?
- 2) Bagaimana hasil evaluasi kekuatan rangka mesin berdasarkan simulasi *finite element analysis* (FEA)?
- 3) Bagaimana karakteristik gerak rotor berdasarkan hasil simulasi *motion analysis* terhadap parameter desain?
- 4) Bagaimana performa mesin berdasarkan kapasitas penghancuran, pembagian persentase hasil penghancuran kaca dengan sieve $\varnothing$ 5mm, dan konsumsi listrik?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

- 1) Mesin dirancang sebagai model penghancur sampah kaca skala laboratorium.
- 2) Jenis kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah kaca rumah tangga berupa beling.
- 3) Ukuran kaca yang digunakan sebagai bahan uji memiliki dimensi 50 mm $\times$ 50 mm.
- 4) Penggerak mesin menggunakan motor listrik 2 HP 1400 rpm 3 fasa.
- 5) Simulasi *finite element analysis* (FEA) hanya dilakukan pada struktur rangka mesin.
- 6) Simulasi *motion analysis* hanya dilakukan pada sistem rotor yang terdiri atas poros, *hub*, bilah palu, pin ayun, serta sistem transmisi berupa sabuk v dan puli.
- 7) Mesin menggunakan sistem ayakan berupa plat lubang dengan ukuran bukaan $\varnothing$ 5 mm untuk mengetahui distribusi ukuran material yang dihancurkan.
- 8) Penelitian tidak membahas optimasi desain maupun analisis umur lelah (*fatigue analysis*) pada komponen mesin.

1.4 Indikator keberhasilan penelitian

- 1) Model mesin penghancur sampah kaca berhasil difabrikasi sesuai dengan rancangan.
- 2) Hasil simulasi *finite element analysis* (FEA) menunjukkan bahwa faktor keamanan (*factor of safety*) memenuhi kriteria desain.
- 3) Hasil simulasi *motion analysis* menunjukkan karakteristik gerak rotor sesuai dengan parameter perhitungan desain serta hasil pengujian di lapangan menunjukkan kecepatan putaran rotor mendekati perencanaan.
- 4) Mesin mampu menghasilkan pecahan kaca yang lolos dan tidak lolos ayakan *perforated steel sheet* dengan ukuran bukaan $\varnothing$ 5 mm untuk mengetahui distribusi ukuran agregat kasar dan halus.
- 5) Kapasitas produksi mesin dan distribusi produksi partikel kaca agregat halus dan kasar dengan ukuran bukaan ayakan 5 mm dapat di analisa beserta konsumsi kelistrikan.

1.5 Tujuan dan Manfaat

1.5.1 Tujuan

- 1) Merancang dan membangun mesin penghancur sampah kaca skala laboratorium berdasarkan pendekatan energi penghancuran material.
- 2) Mengevaluasi kekuatan rangka mesin berdasarkan hasil simulasi *finite element analysis* (FEA).
- 3) Menganalisis karakteristik gerak rotor berdasarkan hasil simulasi *motion analysis* sesuai parameter desain.
- 4) Mengevaluasi performa mesin berdasarkan kapasitas penghancuran, persentase partikel kaca yang lolos pengayakan dan tidak lolos pengayakan, dan konsumsi listrik.

1.5.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik mesin, khususnya pada perancangan mesin penghancur material rapuh dengan pendekatan kombinasi perhitungan manual, simulasi numerik, dan pengujian model.

- 2) Membantu menemukan solusi untuk mengurangi volume sampah kaca dan meningkatkan efisiensi pengolahan limbah melalui proses daur ulang yang lebih efisien.
- 3) Menerapkan disiplin ilmu perancangan mesin, teknologi mekanik, dan simulasi digital dalam menyelesaikan permasalahan nyata.