

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sampah merupakan salah satu tantangan lingkungan yang mendesak, khususnya dalam penanganan sampah anorganik seperti kaca. Pada tahun 2020, menurut data dari SIPSN, 2,3% dari 64,5 ton total sampah yang ada di Indonesia adalah sampah kaca. Meskipun kaca dapat dilakukan ulang tanpa kehilangan kualitas, proses daur ulang sering terhambat oleh ukuran dan bentuk kaca yang tidak seragam. Mesin penghancur sampah kaca dengan sistem *hammer mill* merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk memperkecil ukuran limbah kaca sebelum memasuki tahap daur ulang. Prinsip kerja mesin ini memanfaatkan putaran poros yang menggerakkan sejumlah palu (*hammer*) sehingga material kaca mengalami tumbukan secara berulang hingga pecah menjadi ukuran yang lebih kecil. Selama proses penghancuran berlangsung, mesin menerima beban dinamis yang berasal dari putaran rotor, tumbukan material, serta gaya inersia komponen yang bergerak. Kondisi tersebut menyebabkan timbulnya getaran pada rangka mesin yang, apabila tidak dikendalikan, dapat memengaruhi kestabilan dan kinerja mesin.

Getaran merupakan salah satu parameter penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan mesin penghancur. Getaran yang melebihi batas kerja dapat menyebabkan menurunnya kenyamanan operasi, mempercepat keausan komponen seperti bantalan (*bearing*), poros, dan sambungan, serta meningkatkan kemungkinan terjadinya kerusakan akibat pembebanan berulang. Penelitian Zhu dkk. (2020) menunjukkan bahwa karakteristik getaran pada mesin penghancur dipengaruhi oleh kekakuan struktur penyangga. Struktur yang memiliki kekakuan rendah akan menghasilkan amplitudo getaran yang lebih besar sehingga berpotensi mempercepat terjadinya kegagalan akibat kelelahan material.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kim dkk. (2020) pada mesin *stone crusher* menyatakan bahwa pemantauan getaran dapat digunakan sebagai indikator kondisi mesin selama beroperasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan amplitudo getaran sering kali berkaitan dengan adanya

ketidakseimbangan komponen yang berputar, penurunan kekakuan struktur, maupun kerusakan pada bagian penopang mesin. Oleh karena itu, pengendalian getaran menjadi salah satu aspek penting untuk menjaga performa dan keandalan mesin penghancur dalam jangka panjang.

Selain dipengaruhi oleh sistem transmisi dan komponen yang berputar, besarnya getaran juga dipengaruhi oleh kualitas konstruksi rangka, terutama pada bagian sambungan las. Sambungan las yang mengalami cacat, seperti porositas, retak, *undercut*, maupun *lack of fusion*, dapat mengurangi kekakuan struktur sehingga distribusi beban tidak berlangsung secara merata. Akibatnya, daerah yang mengalami cacat akan menjadi titik konsentrasi tegangan dan lebih mudah mengalami deformasi maupun kerusakan ketika menerima pembebanan dinamis secara terus-menerus.

Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dipublikasikan dalam *Engineering Failure Analysis* (2020) yang menjelaskan bahwa kegagalan pada struktur mesin yang bekerja di bawah pengaruh getaran umumnya diawali oleh retak pada daerah sambungan las. Retak tersebut berkembang secara bertahap akibat beban siklik hingga akhirnya menyebabkan penurunan kekuatan struktur dan berpotensi mengganggu kinerja mesin secara keseluruhan. Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas sambungan las tidak hanya berpengaruh terhadap kekuatan statis, tetapi juga menentukan kemampuan struktur dalam meredam getaran selama mesin beroperasi.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa getaran pada mesin penghancur kaca dengan metode *hammer mill* dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kualitas sambungan las pada rangka mesin. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh cacat pengelasan terhadap karakteristik getaran rangka mesin penghancur sampah kaca perlu dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai hubungan antara kualitas sambungan las dan respons getaran struktur sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan keandalan, keselamatan, serta umur pakai mesin penghancur sampah kaca.

Menurut Asmaun dkk. (2020), proses pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las, karena

pengelasan mempunyai peranan yang sangat penting dalam rancang bangun, permesinan, maupun pembangunan konstruksi. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas. Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2006). Penyambungan dengan cara mengelas merupakan salah satu metode penyambungan yang luas penggunaannya selain metode lain yang digunakan pada sambungan logam. Teknologi pengelasan, selain dapat dipakai untuk menyambung dan memotong logam, juga dapat dipakai untuk mengisi lubang-lubang pada pengecoran, mempertebal bagian yang sudah aus akibat gesekan serta bermacam-macam reparasi lainnya. Pengelasan merupakan salah satu sambungan yang secara teknis memerlukan kualitas yang sangat baik dan sangat luas, meliputi rangka baja, jembatan, dan perkapalan. Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerjanya dibagi dalam tiga kelompok, yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian. Pengelasan cair adalah salah satu cara pengelasan di mana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dari sumber energi panas. Pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur dari jenis las busur elektroda terbungkus, salah satunya adalah las SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Hal ini dikarenakan teknik pengelasan tersebut, kecepatan penyelesaian akan lebih cepat dan hasil yang lebih baik daripada pengelasan lain, di samping proses produksinya lebih murah. Adapun tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui penyimpangan pengelasan atau defect, yang merupakan kondisi di mana pengelasan yang dilakukan tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, baik berdasarkan standar ANSI, ASME, ASTM, AWS, ISO, dan lain sebagainya. Seorang inspektur sebelum melakukan inspeksi dalam proses pengelasan perlu mengetahui dan menentukan standar yang berlaku sehingga dapat dilakukan analisis pada *defect* pengelasan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kondisi *reject* atau *accept* suatu pengelasan (identifikasi dan klasifikasi diskontinu). Pengelasan dikatakan *accept* apabila *defect* yang terdapat pada pengelasan tersebut berada dalam range standard yang berlaku, sedangkan pengelasan dikatakan *reject* apabila melebihi atau kurang daripada range pada standard yang berlaku. Hasil

yang saya harapkan pada analisis ini adalah bisa memberi pedoman untuk mengatasi cacat pada pengelasan, sehingga pengelasan ini tidak hanya berfokus pada penilaian kualitas sambungan, tetapi juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap keselamatan dan efisiensi operasional mesin yang dikembangkan. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai cacat pengelasan, proses pengelasan dapat ditingkatkan, dan mesin pembubuk kaca yang dihasilkan akan maksimal. Analisis ini akan memungkinkan identifikasi dan klasifikasi cacat pengelasan secara akurat, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, untuk memastikan bahwa setiap sambungan memenuhi standar yang berlaku.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kualitas sambungan las tidak hanya dipengaruhi oleh parameter pengelasan, tetapi juga oleh kondisi dinamis yang terjadi selama proses penyambungan. Getaran yang diberikan selama proses pengelasan dapat memengaruhi proses pembekuan logam las sehingga menghasilkan struktur mikro yang lebih seragam, mengurangi tegangan sisa, dan meningkatkan sifat mekanik sambungan. Sebaliknya, apabila pada sambungan masih terdapat cacat seperti porositas, retak, atau *lack of fusion*, maka cacat tersebut akan menjadi titik konsentrasi tegangan yang berpotensi menurunkan kekakuan struktur serta mempercepat terjadinya kerusakan akibat pembebanan dinamis.

Hasil penelitian Anggit Widodo dan M. N. Ilman (2022) juga menunjukkan bahwa pemberian getaran selama proses pengelasan mampu mengurangi porositas, memperhalus struktur mikro, serta meningkatkan kekuatan tarik sambungan las hingga sekitar 48,9% dibandingkan dengan pengelasan tanpa perlakuan getaran. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kualitas sambungan las memiliki hubungan yang erat dengan kemampuan struktur dalam menahan pembebanan mekanik. Pada rangka mesin penghancur sampah kaca, kualitas sambungan las yang kurang baik diperkirakan akan menurunkan kekakuan rangka sehingga respons getaran mesin meningkat ketika menerima beban operasi.

Peningkatan jumlah sampah di Indonesia menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan penanganan secara berkelanjutan. Salah satu jenis sampah anorganik yang cukup sulit terurai adalah kaca. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), sekitar 2,3% dari total timbulan sampah nasional pada tahun 2020 merupakan sampah kaca. Meskipun material kaca

memiliki sifat yang dapat didaur ulang berulang kali tanpa mengalami penurunan kualitas, proses pemanfaatannya kembali memerlukan tahap penghancuran agar ukuran material menjadi lebih seragam dan mudah diproses menjadi produk baru.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk memperkecil ukuran limbah kaca adalah mesin penghancur dengan metode *hammer mill*. Mesin ini bekerja menggunakan rotor yang dilengkapi palu (*hammer*) yang berputar dengan kecepatan tinggi sehingga material kaca mengalami tumbukan secara berulang hingga pecah menjadi butiran berukuran kecil. Sistem tersebut dipilih karena memiliki kapasitas penghancuran yang tinggi, konstruksi yang relatif sederhana, serta mudah diaplikasikan pada proses pengolahan limbah padat.

Dalam proses operasinya, mesin *hammer mill* menerima beban dinamis yang berasal dari putaran rotor, gaya tumbukan palu terhadap material kaca, serta gaya inersia komponen yang bergerak. Beban tersebut mengakibatkan timbulnya getaran yang merambat ke seluruh bagian rangka mesin. Apabila getaran yang terjadi tidak dapat dikendalikan dengan baik, maka akan berdampak pada menurunnya stabilitas operasi mesin, meningkatnya tingkat kebisingan, mempercepat keausan komponen, serta memperpendek umur pakai mesin. Penelitian mengenai desain *hammer mill* juga menunjukkan bahwa tingkat getaran yang tinggi dapat memicu retak pada bagian penyangga palu dan menurunkan kinerja mesin sehingga aspek kekakuan struktur menjadi faktor penting dalam proses perancangannya.

Hubungan antara kualitas sambungan las dan getaran struktur juga diperkuat oleh penelitian mengenai kegagalan struktur mesin yang bekerja pada kondisi dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa retak pada sambungan las sering kali menjadi lokasi awal terjadinya kegagalan akibat pembebanan berulang (*fatigue*). Cacat pada sambungan menyebabkan kekakuan struktur menurun sehingga amplitudo getaran meningkat dan mempercepat kerusakan komponen mesin.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa kualitas sambungan las merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik getaran pada rangka mesin penghancur kaca. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji hubungan antara cacat pengelasan dengan respons getaran pada rangka mesin penghancur sampah kaca menggunakan metode *hammer mill* masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh cacat las

terhadap getaran rangka mesin penghancur sampah kaca. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam meningkatkan kualitas proses fabrikasi, memperbaiki keandalan struktur, mengurangi risiko kerusakan akibat getaran, serta meningkatkan umur pakai mesin penghancur sampah kaca.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh cacat las pada getaran rangka mesin sampah kaca ?
2. Seberapa besar pengaruh cacat las terhadap getaran yang dapat diterima untuk menjaga performa mesin tetap optimal?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini hanya akan menganalisis pengaruh cacat las terhadap getaran rangka mesin.
2. Analisis cacat las terhadap getaran dilakukan pada komponen-komponen utama seperti rangka, material, dan elemen mekanik lainnya
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis material kaca yang dihancurkan.
4. Pengujian las hasil kerja dilakukan berupa visual inspeksi, NDT, dan getaran pada rangka.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Menganalisis pengaruh cacat las pada getaran mesin penghancur sampah kaca. Menentukan standar pengelasan yang masih dapat diterima untuk menjaga stabilitas dan performa mesin.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mekanik, khususnya pada mesin penghancur kaca.

2. Menyediakan rekomendasi dalam perancangan mesin penghancur kaca agar menghasilkan performa optimal.
3. Mendukung pengembangan mesin daur ulang sampah yang lebih efisien dan ramah, serta memberikan wawasan tentang pengaruh pengelasan pada sistem lingkungan.