

Perancangan dan Pembuatan Prototipe Mesin pencacah Sampah Sisa Makanan

Marsono, Agus Hermanto, Timan Supria, Lucky Muallim, Muh. Hilman Darmawan

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

email : marsono@itenas.ac.id

Received 24 Februari 2025 | Revised 20 Mei 2025 | Accepted 7 Juni 2025

ABSTRAK

Prototipe mesin pencacah sampah sisa makanan digunakan untuk mengolah sampah sisa makanan yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai pakan untuk maggot *Black soldier Fly*. Prototipe mesin ini dikembangkan dengan menggunakan teknologi proses yang sederhana dengan prinsip dasar pemotongan yang menggunakan dua buah pisau potong berbentuk silinder dan berputar pada arah berlawanan. Mesin ini diharapkan dapat bermanfaat bagi komunitas masyarakat pengelola sampah domestik terutama para penggiat budidaya maggot sekaligus mengurangi masalah lingkungan akibat sampah makanan yang tidak terurai dengan baik. Hasil perancangan menunjukkan hasil yang cukup baik, dimana komponen-komponen utama mesin pencacahan ini memperlihatkan kekuatan yang lebih besar daripada beban yang terjadi. Tegangan lentur pada pangkal mata potong pisau sebesar 1,231 Mpa dan tegangan kombinasi pada poros pisau sebesar 1,229 MPa lebih kecil daripada tegangan ijin bahan SS400 sebesar 42,5 MPa. *Factor of safety* untuk kedua komponen tersebut adalah sebesar 34,52 dan 34,58. Kapasitas terbesar dari mesin ini dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 1 mm yaitu sebesar 187,2 kg/jam. Kapasitas lebih kecil dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 0,5 mm, yaitu 153,3 kg/jam. Efisiensi mesin terbesar dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau sebesar 0,5 mm yaitu dengan angka efisiensi 72,72 %. Efisiensi lebih kecil dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 1 mm, yaitu dengan angka efisiensi 68,72 %.

Kata kunci : mesin pencacah, Sampah sisa makanan, maggot

ABSTRACT

The prototype of the food waste shredding machine is used to process food waste which will later be used as feed for Black Soldier Fly maggots. The prototype of this machine was developed using simple process technology with the basic cutting principle using two cylindrical cutting blades that rotate in opposite directions. This machine is expected to be useful for the domestic waste caretaker community, especially maggot cultivation activists and reducing environmental problems caused by food waste that is not properly decomposed. The design process gives quite good results, where the main components of the shredding machine show greater strength than the load that occurs. The bending stress at the root of the cutting blade is 1.231 Mpa and the combined stress on the knife shaft is 1.229 MPa, which is smaller than the allowable stress of SS400 material of 42.5 MPa. The factor of safety for both components is 34.52 and 34.58. The largest capacity of this machine is achieved in the test with a gap width between the cutters of 1 mm, which is 187.2 kg/hour. Smaller capacity was achieved in the test with a gap width between the cutters of 0.5 mm, which is 153.3 kg/hour. The highest machine efficiency was achieved in the test with a gap width between the cutters of 0.5 mm, with an efficiency of 72.72%. Smaller efficiency was achieved in the test with a gap width between the cutters of 1 mm, with an efficiency of 68.72%.

Keywords: shredder machine, food waste, maggot

1. Pendahuluan

Sampah sisa makanan (*food waste*) telah berkembang menjadi permasalahan global dan Indonesia merupakan penyumbang sampah sisa makanan terbesar kedua di dunia setelah Arab Saudi. Selain itu, Indonesia juga menjadi negara dengan tingkat usaha penanggulangan sampah makanan yang paling rendah [1]. Di Indonesia, sampah sisa makanan belum mendapatkan perhatian secara khusus walaupun potensi yang dimiliki sangat besar bila dikelola dengan baik. Rumah tangga menjadi salah satu sektor yang menyumbang sampah makanan dalam jumlah yang cukup besar. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi timbulan sampah sisa makanan, yang salah satunya adalah perilaku masyarakat terhadap sampah makanan atau biasa disebut dengan *food waste behavior* yang merupakan hasil investigasi dari perspektif perilaku konsumen [2].

Secara umum, limbah dapat dikategorikan menjadi limbah organik dan limbah anorganik. Yang termasuk ke dalam kelompok limbah organik antara lain adalah sisa makanan, sayur-sayur yang telah membusuk serta sisa proses pengolahan tanaman. Limbah organik masih dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai kompos, pupuk tanaman ataupun campuran pakan ternak. Limbah anorganik berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui ataupun hasil produk industri. Limbah jenis ini tidak mudah terurai secara alami sehingga memerlukan waktu yang lama untuk terurai, bahkan bisa mencapai ratusan tahun. Yang termasuk ke dalam kelompok limbah anorganik antara lain adalah plastik, kaca, kertas, bahan sintesis serta limbah elektronik dan limbah industri. Sebagian dari limbah jenis ini masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan daur ulang untuk berbagai kerajinan [3].

Sampah adalah segala sesuatu yang sudah tidak digunakan lagi, tidak dipakai ataupun tidak disenangi. Sampah timbul dari sisa kegiatan sehari-hari manusia ataupun dari proses alam dan tidak terjadi dengan sendirinya [1]. Keberadaan sampah di lingkungan masyarakat seringkali mengganggu, terutama karena menimbulkan bau yang tidak sedap. Masalah sampah bahkan bisa berkembang menjadi luas, terutama di daerah perkotaan. Masalah sampah tidak hanya terkait dengan kebersihan lingkungan, namun terkait juga dengan kesehatan masyarakat. Permasalahan tentang sampah dan pengelolaannya sudah diatur dalam Undang-Undang Pengelolaan Sampah Nomor 18 tahun 2008. Oleh karena itu sudah menjadi tugas masyarakat untuk ikut serta dalam pengelolaan sampah yang ada di lingkungan. Walaupun dianggap sudah tidak terpakai, namun dengan pengelolaan dan prosedur yang tepat, sebagian dari sampah masih bisa dipakai dan dimanfaatkan [4].

Sampah organik memiliki karakteristik yang mudah membusuk. Sampah dengan karakteristik seperti ini dapat diolah menjadi kompos ataupun media tanam. Beberapa jenis sampah anorganik yang tidak mudah membusuk, seperti plastik, kertas, botol, gelas serta kaleng minuman ringan bisa saja masih memiliki nilai ekonomis dan masih laku untuk dijual. Jenis sampah seperti ini umumnya dimanfaatkan kembali dengan cara didaur-ulang dan dijadikan produk lain [5].

Istilah "*food waste*" bisa diartikan sebagai sampah sisa makanan yang tidak digunakan lagi. *Food waste* ini biasanya berasal toko ritel, contohnya makanan yang tidak terjual, ataupun sisa makanan di piring, makanan jadi yang tidak termakan, ataupun sisa-sisa dapur hotel, restoran, kafetaria, dan rumah tangga. Sampah sisa makanan juga bisa berupa produk sampingan dari fasilitas pengolahan makanan dan minuman. Dari seluruh makanan yang diproduksi untuk konsumsi manusia, sebanyak sepertiga bagiannya akan hilang atau terbuang antara proses panen dan proses konsumsi dan menjadi sampah sisa makanan. Sampah sisa makanan yang sudah tidak memiliki nilai ini juga perlu diolah ataupun dikelola agar tidak mencemari lingkungan [6].

Mengacu kepada Undang-Undang RI no.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, telah banyak usaha yang dilakukan untuk mengatasi sampah organik. Salah satunya adalah dengan mengubah sampah organik menjadi pupuk organik, bioethanol, dan bioenergi.

Pengelolaan sampah organik ini tidak hanya diharapkan untuk dapat mengurangi jumlah limbah namun juga diharapkan untuk dapat memberikan nilai tambah [7].

Proses pengubahan sampah organik menjadi pupuk organik, bioethanol dan bioenergi melibatkan organisme jamur, bakteri, dan larva. Larva yang banyak digunakan mengurai sampah organik berasal dari jenis *Black Soldier Fly* (BSF) yang memiliki nama latin *Hermetia Illucens*. Lalat jenis ini berasal dari benua Amerika namun ditemukan juga di Indonesia, terutama di daerah Maluku dan Papua. Larva dari BSF ini sangat baik untuk dijadikan sebagai pakan ikan karena memiliki kandungan antimikroba dan antijamur. Dalam dunia pengolahan sampah organik, larva lalat lebih dikenal dengan istilah maggot. Istilah maggot juga melekat pada larva dari BSF. Maggot BSF memiliki tiga produk utama, yaitu larva, cairan hasil aktivitas larva serta sisa sampah organik kering hasil penguraian sampah. Larva dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, cairan hasil aktivitas magot dapat digunkan sebagai pupuk cair, sedangkan sisa sampah hasil penguraian sampah organik dapat dimanfaatkan sebagai pupuk [8].

Dalam hal pemanfaatannya sebagai pakan ternak, maggot BSF memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, antara lain berupa protein sebanyak 40 % hingga 50%, lemak sebanyak 24% hingga 30% serta asam amino yang lengkap dan seimbang. Hal ini menjadikan larva BSF sebagai pilihan terbaik untuk pakan ikan, unggas, reptil, amfibi, atau serangga lain. Maggot BSF juga memiliki tekstur yang kenyal dan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan enzim alami sehingga bahan yang sebelumnya sulit dicerna menjadi dapat disederhanakan dan dapat dimanfaatkan oleh ikan. Pemanfaatan maggot untuk mengurai sampah organik mampu mengurangi sampah organik sampai 56%. Selain itu, dengan kandungan minyak yang tinggi, residu larva BSF juga memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi biodiesel [9], [10].

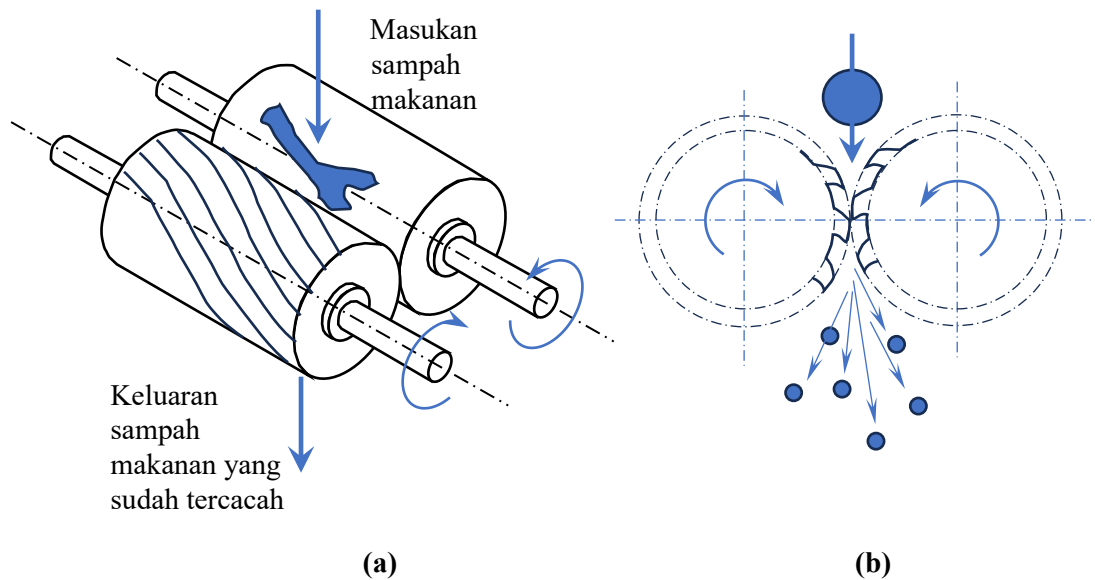
Seperti pada umumnya larva lalat, maggot *Black Soldier Fly* memakan apa saja, seperti sampah, makanan yang telah membusuk, sayuran, buah-buahan, daging, tulang (lunak) bahkan bangkai hewan. Maggot BSF bisa hidup di lingkungan yang cukup ekstrem seperti di tempat sampah yang mengandung garam tinggi, asam, alkohol dan amonia. Kondisi ideal bagi maggot adalah suasana yang hangat, yaitu antara 24°C hingga 30°C, namun jika udara sekitar berubah menjadi dingin atau kekurangan makanan, maggot tidak mati. Pada kondisi seperti itu, maggot akan menjadi vakum atau tidak aktif dan menunggu sampai cuaca kembali hangat atau ada makanan [11].

Uraian di atas memperlihatkan bahwa maggot menjadi pilihan yang baik untuk mengolah sampah organik yang salah satunya adalah sampah sisa makanan. Namun, sampah sisa makanan yang masih memiliki ukuran besar tidak bisa dikonsumsi maggot dengan baik. Untuk menangani hal ini, diperlukan mesin pencacah agar sisa-sisa makanan bisa diolah menjadi cacahan yang lebih kecil sehingga dapat lebih cepat habis dikonsumsi oleh maggot [12]. Saat ini, masyarakat mulai peduli terhadap kebersihan dan kesehatan lingkungan serta memahami bahwa dengan pengelolaan yang tepat dan cermat sampah dapat diubah menjadi sesuatu yang bermanfaat dan memberikan keuntungan secara ekonomi [13]. Sebagai peran serta dalam pengelolaan sampah, dalam penelitian ini dirancang dan dibuat mesin khusus untuk pencacah sampah sisa makanan. Mesin ini dirancang untuk dapat mencacah tulang yang sudah dimasak yang merupakan sampah sisa makanan yang dianggap paling keras. Mesin pencacah ini dirancang untuk bisa menghasilkan ukuran cacahan antara 1 mm sampai 2 mm dengan kapasitas 150 kg/jam. Mesin ini diharapkan dapat bermanfaat bagi komunitas masyarakat pengelola sampah domestik terutama para penggiat budidaya maggot.

2. Metodologi Penelitian

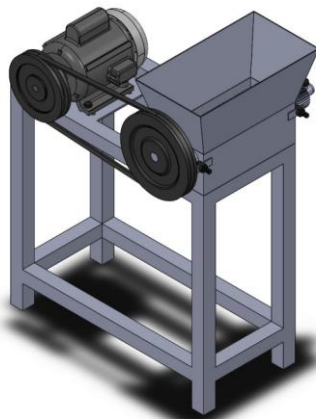
Mesin pencacah yang dirancang untuk bekerja dengan prinsip dasar pemotongan, yaitu dengan memanfaatkan dua buah pisau potong berbentuk silinder dan berputar pada arah berlawanan,

seperti yang terlihat pada gambar 1(a) dan 1(b). Kedua pisau potong (yaitu pisau potong utama dan pisau potong pembantu) yang berbentuk silinder memiliki mata potong di selubungnya dengan garis mata potong membentuk sudut heliks terhadap sumbu poros silinder pisau. Mata potong pisau yang bergerak melingkar akan menarik sampah sisa makanan untuk kemudian memotongnya menjadi potongan yang lebih kecil. Garis mata potong pisau yang membentuk sudut heliks akan membantu mencengkram dan menarik sampah sisa makanan yang masuk dari arah atas ke ruang penggilingan lebih kuat, serta mendorong sampah yang telah dihancurkan keluar dari bagian bawah.



Gambar 1. Prinsip dasar kerja mesin pencacah sampah

Pengerak pisau utama dirancang dengan mekanisme yang sederhana, yaitu dengan menghubungkan poros pisau utama langsung kepada puli melalui poros penggerak. Puli ini akan dihubungkan dengan motor penggerak dengan menggunakan sabuk. Untuk menghasilkan arah putaran pisau yang berlawanan, digunakan roda gigi yang terpasang di sisi lain dari posisi pemasangan puli. Pasangan pisau pencacah ditempatkan di dalam rumah pisau yang dilengkapi dengan hooper di bagian atasnya. Rumah pisau dan motor penggerak dipasang pada rangka dengan ikatan baut untuk mempermudah penyetelan. Konsep rancangan mesin pencacah sampah sisa makanan terlihat pada gambar 2.

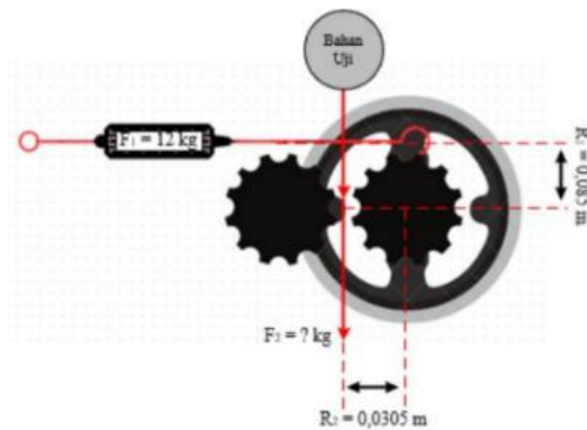


Gambar 2. Konsep rancangan mesin pencacah sampah makanan

Perhitungan Daya Motor Listrik

Perhitungan daya motor listrik diawali dengan mengukur gaya potong yang diperlukan untuk mencacah sampah makanan. Sampah yang dipilih untuk diukur tahanan potongnya adalah sampah tulang dengan asumsi bahwa tulang yang ada di dalam sampah makanan adalah sampah yang paling keras. Pengukuran besar gaya yang diperlukan untuk memotong tulang dilakukan dengan menggunakan neraca pegas pada instalasi pengukuran sebagaimana yang terlihat pada gambar 3. Benda uji yang berupa tulang ayam yang sudah direbus diumpankan kepada pasangan pisau dari arah atas. Pisau utama terhubung langsung dengan puli penggerak melalui poros, sehingga torsi (momen puntir) yang timbul akibat pemotongan pada pisau akan sama dengan torsi yang timbul pada puli. Dengan adanya perbedaan lengan (radius) torsi pada pisau utama dan puli, maka gaya potong yang diperlukan untuk memotong sampah (tulang) dapat dihitung berdasarkan gaya yang terjadi pada puli dengan perbandingan lengan torsi.

Pada instalasi pengujian gaya potong tulang, gaya yang terukur oleh neraca pegas adalah besar gaya yang bekerja pada puli pada jarak radius 8,5 cm atau 0,085 m, yaitu sebesar 12 kg. Dengan radius pisau sebesar 3,05 cm atau 0,0305 m, maka gaya potong yang bekerja pada pisau dapat dihitung dengan persamaan kesetimbangan momen.



Gambar 3 . Skema pengukuran gaya potong

$$\Sigma M = 0$$

$$F_{\text{cutting}} \times R_{\text{pisau}} - F_{\text{puli}} \times R_{\text{puli}} = 0$$

$$F_{\text{cutting}} \times = (F_{\text{puli}} \times R_{\text{puli}}) / R_{\text{pisau}}$$

$$F_{\text{cutting}} \times = (12 \text{ kg} \times 0,085 \text{ m}) / 0,0305 \text{ m} = 33,44 \text{ kg} = 328,072 \text{ N}$$

Daya motor yang diperlukan untuk memutar pisau dan memotong sampah sisa makanan (tulang) dihitung dengan persamaan daya, yaitu $N = T \times \omega$. Putaran poros pisau (ω) ditentukan sebesar 933 rpm.

$$N_{\text{motor}} = T_{\text{cutting}} \times \omega_{\text{pisau}}$$

$$N_{\text{motor}} = (F_{\text{cutting}} \times R_{\text{pisau}}) \times (2.\pi.n/60)$$

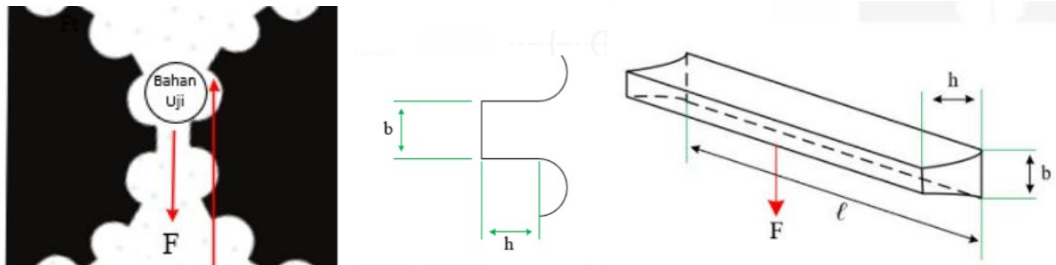
$$N_{\text{motor}} = (328,072 \text{ N} \times 0,0305 \text{ m}) \times (2.\pi.933 \text{ rpm} / 60)$$

$$N_{\text{motor}} = (10,006 \text{ N m}) \times (97,7 \text{ rad/s})$$

$$N_{\text{motor}} = 977,605 \text{ Watt} = 1,312 \text{ Hp}$$

Perhitungan kekuatan mata potong pisau

Bahan yang digunakan untuk membuat pisau adalah baja konstruksi SS400 dengan kekuatan tarik 510 MPa. Baja SS400 setara dengan JIS G3101 untuk standar Jepang dan ASTM A36 untuk standar Amerika. Beban yang terjadi pada mata potong pisau adalah beban *cantilever* akibat gaya potong atau gaya tangensial yang bekerja pada ujung mata potong pisau. Skema gaya tangensial dan tegangan lentur yang terjadi pada mata pisau bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Mata Pisau

Tegangan lentur maksimum yang timbul pada mata potong pisau terjadi pada bagian pangkalnya, yaitu sebesar :

$$\begin{aligned}\sigma_{maks} &= \frac{M \times C}{I_{zz}} \\ \sigma_{maks} &= \frac{F_{cutting} \cdot h \times b/2}{\frac{1}{12} \cdot l \cdot b^3} \\ \sigma_{maks} &= \frac{328,072 \times 0,003 \times \frac{0,004}{2}}{\frac{1}{12} \times 0,3 \times 0,004^3} \\ \sigma_{maks} &= \frac{0,00197}{1,6 \times 10^{-9}} = 1.231.250 \text{ N/m}^2 = 1.231.250 \text{ Pa} = 1,231 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tegangan ijin bahan SS400 dihitung dengan persamaan tegangan ijin bahan [14] di bawah ini :

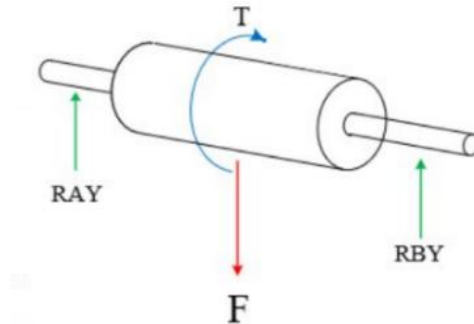
$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{\sigma_u}{sf_1 \times sf_2} \\ \sigma_{ijin} &= \frac{510}{2 \times 6} = 42,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tegangan lentur yang terjadi pada pangkal mata potong pisau, yaitu sebesar 1,231 Mpa berada di bawah tegangan ijin bahan SS400, yaitu sebesar 42,5 Mpa. Dengan demikian, pisau untuk mesin pencacah sampah sisa makanan ini cukup kuat untuk memotong tulang yang telah dimasak. *Factor of safety* dari pisau ini adalah sebesar 34,52.

Perhitungan kekuatan poros pisau

Tegangan yang terjadi pada poros berasal dari gaya tangensial yang bekerja pada ujung mata potong pisau. Gaya potong atau gaya tangensial ini akan menimbulkan torsi pada poros pisau. Torsi ini akan menimbulkan tegangan puntir pada poros pisau. Disamping terjadi puntiran (torsi),

pada poros pisau juga terjadi beban lentur akibat gaya tangensial yang garis kerjanya digeser ke sumbu poros. Dengan demikian, poros pisau mesin pencacah mendapatkan tegangan kombinasi, yaitu tegangan puntir dan tegangan lentur. Perhitungan tegangan maksimum yang terjadi pada poros pisau dihitung berdasarkan diagram benda bebas yang diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Skema Poros pisau yang menerima beban puntir dan lentur

Tegangan kombinasi, yaitu penjumlahan tegangan lentur (σ) yang berasal dari gaya (F) dan tegangan geser / puntir (τ) yang berasal dari momen puntir atau torsi (T) dihitung dengan persamaan tegangan maksimum [14] di bawah ini :

$$\tau_{maks} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Tegangan lentur (σ) dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M \times C}{I_{zz}} \\ \sigma &= \frac{(1/2) \cdot (F) \cdot (1/2)(L) \times d/2}{\pi/64 d^4} \\ \sigma &= \frac{(1/2) \cdot (328,072) \cdot (1/2)(0,300) \times 0,06/2}{\pi/64 0,06^4} \\ \sigma &= \frac{24.6054 \times 0,06/2}{\pi/64 0,06^4} \\ \sigma &= \frac{0,7382}{6,359 \times 10^{-7}} = 1.160.874,351 \text{ Pa} = 1,16 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tegangan geser / puntir (τ) dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{T \times C}{I_p} \\ \tau &= \frac{M \times d/2}{\pi/32 d^4} \\ \tau &= \frac{10,006 \times 0,06/2}{\pi/32 0,06^4} \\ \tau &= \frac{0,30018}{1,2717 \times 10^{-6}} = 236.046,2373 \text{ Pa} = 0,236 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tegangan kombinasi dari tegangan lentur dan tegangan geser / puntir adalah sebesar :

$$\tau_{maks} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\tau_{maks} = \sqrt{1,16^2 + (3)(0,236^2)}$$

$$\tau_{maks} = \sqrt{1,3456 + 0,1671} = 1,229 \text{ Mpa}$$

Besar tegangan kombinasi yang terjadi pada poros pisau, yaitu sebesar 1,229 MPa berada di bawah tegangan ijin bahan SS400, yaitu sebesar 42,5 MPa. Dengan demikian, poros pisau mesin pencacah sampah sisa makanan ini cukup kuat untuk menahan beban kombinasi dari momen puntir (torsi) dan momen lentur. *Factor of safety* dari poros pisau adalah sebesar 34,58.

Perhitungan sabuk dan puli

Putaran dari motor penggerak harus diturunkan dari 1400 rpm menjadi 933 rpm. Transmisi yang dipilih untuk mereduksi putaran motor penggerak adalah transmisi sabuk dan puli. Pilihan reduksi putaran pisau sebesar 933 rpm sebenarnya adalah efek dari pilihan rasio diameter puli yang tersedia di pasaran, yaitu puli dengan diameter 6 inch dan 9 inch. Putaran pisau sebesar 933 rpm dianggap cukup sesuai untuk bisa melakukan pencacahan sampah organik. Selain itu, dengan putaran pisau sebesar 933 rpm, motor penggerak yang diperlukan juga tidak terlalu besar, yaitu hanya sebesar 1,3 Hp.

Pembuatan mesin pencacah sampah makanan

Pembuatan mesin pencacah dimulai dengan pembuatan pisau pencacah dengan mesin CNC empat sumbu. Pisau ini dibuat dengan sangat presisi untuk memastikan hasil pencacahan yang optimal. Setelah pisau dibuat, langkah berikutnya adalah membuat rumah pisau dengan plat baja dengan ketebalan 5 mm yang dilengkapi denganudukan untuk poros pisau berupa *pillow block*. Rumah pisau ini dibentuk dengan cara dilas dengan las SMAW.

Pada rumah pisau dipasang dua buah pisau, yaitu pisau utama dan pisau pembantu. Pisau utama akan terhubung langsung melalui puli dan sabuk kepada motor penggerak. Pisau pembantu akan mendapatkan daya dan putaran dari pisau utama melalui transmisi roda gigi sehingga pasangan pisau pencacah ini akan berputar dengan arah yang berlawanan. Kedua pisau ini dirancang sedemikian rupa agar jarak antara sumbu porosnya dapat diatur. Dengan demikian pasangan pisau ini membentuk celah di antara selubung kedua pisau. Pengaturan celah di antara kedua pisau ini diperlukan untuk mengatur besar potongan yang dihasilkan dari mesin pencacah sampah. Lebar celah antara selubung pisau ini bisa diatur hingga mencapai maksimal 1 mm.

Rangka mesin disusun dari baja *hollow* 4 x 4 cm yang disambungkan dengan cara dilas dengan mesin las SMAW. Di atas rangka ini dipasangkan rumah pisau dan motor penggerak. Untuk memastikan bahwa komponen utama terpasang dengan benar, dimana poros penggerak pisau utama harus sejajar dengan poros motor penggerak, maka rumah pisau dan motor penggerak dipasang pada rangka setelah selesai dibuat. Pemasangan dan penyetingan rumah pisau dilakukan bersamaan dengan pemasangan motor penggerak. Rumah pisau dan motor listirk dipasang pada rangka dengan ikatan baut agar dapat di-*setting* untuk mendapatkan kesejajaran yang sempurna antara poros penngerak pisau dan poros motor penggerak.

Semua bagian dipasang dengan teliti untuk memastikan mesin bekerja sesuai rancangan. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengetesan fungsional untuk memastikan fungsi dan keamanan mesin. Jika mesin telah berfungsi dengan baik, tahap terakhir yang harus dilakukan adalah pengujian kinerja guna memastikan efektivitasnya dalam mencacah sampah makanan. Mesin pencacah sampah yang telah selesai dibuat terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Mesin Pencacah sampah yang telah selesai dibuat

Pengujian kinerja mesin pencacah sisa makanan dilakukan untuk mengetahui kapasitas mesin. Uji kinerja mesin dilakukan dengan kecepatan 933 rpm dan sampah makanan seberat 500 gram untuk setiap pengujian. Setiap kali pengujian, sampah makanan berupa tulang yang sudah direbus ditimbang sebelum dimasukkan ke dalam hopper. Bahan uji berupa tulang yang sudah direbus terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Bahan uji mesin pencacah sisa makanan berupa tulang yang sudah direbus

Setelah mesin dihidupkan dan dibiarkan beberapa saat, makanan dimasukkan ke dalam hopper untuk diproses. Keluaran hasil cacahan di bagian bawah mesin ditampung dan kemudian ditimbang kembali untuk menghasilkan data massa keluaran. Pengujian dilakukan dengan perbedaan celah antar pisau yaitu menggunakan celah antara pisau sebesar 0,5 mm dan 1 mm.

3. Hasil Dan Pembahasan

Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan komponen mesin menunjukkan hasil yang baik, dimana tegangan pada komponen mesin berada di bawah batas tegangan ijin bahan. Dari perhitungan didapatkan bahwa besar tegangan lentur maksimum yang terjadi pada pangkal mata potong pisau adalah sebesar 1,231 Mpa. Angka ini berada jauh di bawah tegangan ijin bahan SS400, yaitu sebesar 42,5 MPa. Dengan demikian, pisau untuk mesin pencacah sampah sisa makanan ini kuat untuk memotong tulang yang telah dimasak, dengan *factor of safety* sebesar 34,52.

Tegangan kombinasi dari tegangan lentur (σ) dan tegangan geser / puntir (τ) yang terjadi pada poros pisau terhitung sebesar 1,229 MPa. Angka ini berada cukup jauh di bawah tegangan ijin bahan SS400, yaitu sebesar 42,5 MPa. Dengan demikian, poros pisau untuk mesin pencacah sampah sisa makanan ini dapat dianggap kuat untuk menahan beban kombinasi yang terjadi, dengan *factor of safety* sebesar 34,58.

Perhitungan juga telah dilakukan untuk menemukan besar kebutuhan daya motor dan diperoleh kebutuhan motor penggerak sebesar 977,605 Watt atau 1,312 Hp. Daya sebesar ini dianggap cukup wajar untuk motor mesin pencacah sampah yang mampu mencacah tulang yang telah dimasak.

Dari pengujian kinerja yang telah dilakukan diketahui bahwa mesin pencacah sampah sisa makanan yang telah dibuat mampu memotong sampah sisa makanan yang berupa tulang yang telah direbus. Pengujian mesin pencacahan sampah ini dilakukan dengan variasi celah diantara dua selubung silinder pisau, yaitu dengan celah sebesar 0,5 mm dan 1 mm. Hasil cacahan dari mesin pencacah sampah sisa makanan terlihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Hasil Cacahan Dengan Celah Antar Pisau 0,5 mm



Gambar 9. Hasil Cacahan Dengan Celah Antar Pisau 1 mm

Pengujian kinerja mesin pencacah dilakukan untuk mengetahui banyak cacahan dihasilkan serta mengetahui ukuran cacahan. Pengujian kinerja dilakukan sebanyak 3×500 gram masukan sampah tulang yang sudah direbus untuk setiap variasi celah antara pisau (0,5 mm dan 1 mm) dengan putaran pisau konstan pada 933 rpm. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan ukuran cacahan rata-rata 2 mm untuk celah pisau sebesar 0,5 mm dan ukuran cacahan rata-rata 4 mm untuk celah pisau sebesar 1 mm. Banyak cacahan yang dihasilkan dari mesin pencacah sampah sisa makanan terlihat pada tabel 1 dan tabel 2. Tabel 1 memperlihatkan hasil cacahan menggunakan celah antar pisau berjarak 0,5 mm dan tabel 2 memperlihatkan hasil cacahan menggunakan celah antar pisau berjarak 1 mm

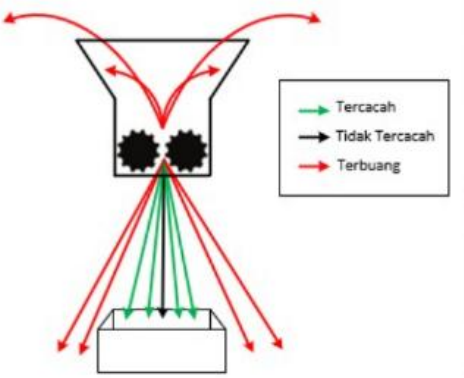
Tabel 1 Hasil Pengujian Dengan Celah Antar Pisau Berjarak 0,5 mm

N0	Jenis Sampah	Waktu (detik)	Sampah Tercacah (gram)	Sampah Tidak Tercacah (gram)	Sampah yang Terbuang (gram)
1	Tulang	9	367	93	40
2	Tulang	8	358	97	45
3	Tulang	9	351	101	48
Rata Rata		8,6	363,6	95	44,3

Tabel 2 Hasil Pengujian Dengan Celah Antar Pisau Berjarak 1 mm

N0	Jenis Sampah	Waktu (detik)	Sampah Tercacah (gram)	Sampah Tidak Tercacah (gram)	Sampah yang Terbuang (gram)
1	Tulang	6	333	112	55
2	Tulang	7	341	109	50
3	Tulang	7	346	115	39
Rata Rata		6,6	342,6	112	48

Hasil pengujian yang tercantum dalam tabel 1 dan tabel 2 menunjukkan adanya sampah tercacah, sampah tidak tercacah, dan sampah terbuang. Sampah tercacah adalah sampah yang telah berubah menjadi serpihan-serpihan kecil setelah terpotong oleh pisau dan terkumpul dalam wadah di bawah pisau pencacah, sedangkan sampah yang tidak tercacah adalah sampah yang tidak terpotong oleh pisau atau ukuran serpihannya lebih besar dari ukuran serpihan rata-rata. Selain sampah tercacah dan sampah tidak tercacah terdapat juga sampah yang terbuang, yaitu sampah yang tidak masuk ke dalam wadah di bawah pisau. Sampah terbuang ini bisa saja terlempar terlalu jauh melalui bawah pisau ataupun terlempar melalui bagian atas pisau karena putaran pisau yang cukup tinggi (933 rpm). Skema sampah tercacah, sampah tidak tercacah dan sampah yang terbuang terlihat pada gambar 10. Namun bisa saja, sampah yang terbuang ini adalah sampah yang telah tercacah.



Gambar 10. Skema Dari Tabel 1 dan Tabel 2

Kapasitas mesin pencacah dihitung berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada tabel 1 dan tabel 2. Untuk pengujian mesin dengan celah antara pisau sebesar 0,5 mm, diperoleh kapasitas mesin sebesar $363,6 \text{ gram} / 8,6 \text{ detik} = 42,6 \text{ gram/detik}$ atau sebesar 153,3 kg/jam. Dan untuk pengujian mesin dengan celah antara pisau sebesar 1 mm, diperoleh kapasitas mesin sebesar $343,6 \text{ gram} / 6,6 \text{ detik} = 52 \text{ gram/detik}$ atau sebesar 187,2 kg/jam.

Perbandingan dari kedua variasi pengujian itu menunjukkan bahwa pengujian dengan celah antara pisau yang lebih besar memberikan kapasitas yang lebih besar daripada pengujian dengan celah antara pisau yang lebih kecil. Hal ini sangat wajar karena celah yang lebih besar memberikan jalan yang lebih mudah dilewati oleh sampah daripada celah yang lebih kecil. Namun di sisi lain, celah yang lebih kecil akan menghasilkan ukuran cacahan yang lebih kecil.

Berdasarkan data dalam tabel 1 dan tabel 2 bisa diperoleh juga nilai efisiensi proses pencacahan dari mesin pencacah sampah ini. Dari pengujian yang dilakukan dengan celah 0,5 mm diperoleh efisiensi mesin sebesar $363,6 \text{ gram} / 500 \text{ gram}$, yaitu sebesar 72,72% dan dari pengujian yang dilakukan dengan celah 1 mm diperoleh efisiensi mesin sebesar $343,6 \text{ gram} / 500 \text{ gram}$, yaitu sebesar 68,72 %.

Efisiensi mesin pencacah untuk celah antara pisau sebesar 0,5 mm menunjukkan angka yang lebih tinggi daripada efisiensi mesin untuk celah antara pisau sebesar 1 mm. Hal ini bisa terjadi karena celah antara selubung pisau yang lebih kecil akan menahan sampah lebih lama di bagian atas pisau sehingga proses pencacahan akan berjalan lebih lama dan akan mencacah sampah lebih banyak. Jika dilihat dari sisi kapasitas mesin yang melibatkan faktor lama proses pencacahan, walaupun cacahan yang dihasilkan lebih banyak namun karena waktu yang diperlukan lebih lama, maka proses pencacahan dengan penyeteran celah yang lebih kecil akan menghasilkan kapasitas pencacahan mesin yang lebih kecil.

Sampah yang terbuang (tidak masuk ke dalam wadah) mencapai persentase yang cukup banyak, yaitu mencapai 8% sampai 10%. Hal ini terjadi karena sampah hasil cacahan terlempar keluar lewat bagian atas dan bagian bawah mesin akibat putaran pisau yang cukup tinggi. Kekurangan ini dapat diatasi dengan membuat hooper lebih tinggi dan atau menambahkan penutup pada hooper. Cacahan yang terbuang melalui bagian bawah mesin dapat diatasi dengan menambahkan pengarah cacahan yang lebih tertutup di bagian bawah mesin

4. Kesimpulan

Hasil perancangan dan pembuatan mesin pencacah sampah sisa makanan dalam penelitian ini dapat dikatakan cukup baik karena komponen-komponen utama dari mesin pencacahan ini memperlihatkan kekuatan material yang lebih besar daripada beban yang timbul. Tegangan lentur pada pangkal mata potong pisau sebesar 1,231 Mpa lebih kecil daripada tegangan ijin bahan SS400 sebesar 42,5 Mpa, dengan *factor of safety* dari pisau sebesar 34,52. Besar tegangan kombinasi yang terjadi pada poros pisau sebesar 1,229 MPa lebih kecil daripada tegangan ijin bahan SS400 sebesar 42,5 MPa, dengan *factor of safety* sebesar 34,58.

Dari sisi kinerja mesin pencacah, kapasitas terbesar dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 1 mm yaitu sebesar 187,2 kg/jam. Kapasitas lebih kecil dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 0,5 mm, yaitu 153,3 kg/jam. Efisiensi mesin terbesar dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau sebesar 0,5 mm yaitu dengan angka efisiensi sebesar 72,72 %. Efisiensi lebih kecil dicapai pada pengujian dengan lebar celah antara pisau 1 mm, yaitu dengan angka efisiensi sebesar 68,72 %.

Celah antara selubung pisau ikut menentukan ukuran hasil cacahan. Besar cacahan terkecil yaitu dengan ukuran rata-rata 2 mm diperoleh dengan penyeteran lebar celah antara pisau 1 mm,

sedangkan untuk penyetelan lebar celah 2 mm didapatkan ukuran cacahan lebih besar, yaitu rata-rata 4 mm. Jarak (celah) antar pisau yang lebih kecil menghasilkan cacahan yang lebih halus, tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencacah.

5. Daftar Pustaka

- [1] Budiman Chandra, 2005, Pengantar Kesehatan Lingkungan, ECG, ISBN 978-448-796-1, Jakarta
- [2] Marie Hebrok and Casper Boks, 2017, Household food waste: drivers and potential intervention points for design – An Extensive Review , Journal of Cleaner Production, vol. 151, pp. 380-392, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.069>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617305048>)
- [3] Noer Aden Bahry, Anis Siti Nurrohkeyati, Sigiet Haryo Pranoto dan Andi Nugroho, 2023 Pembuatan Prototype Mesin Pencacah Sebagai pengolah Limbah Organik Untuk Pupuk Kompos dan Pakan Ternak, Teknosains: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika, volume 10, nomor 1, pp. 12-19, ISSN 2087-3336 (Print) | 2721-4729 (Online)
- [4] Yuyun Yuningsih, Sumardani Sumardani. and Umi Hani, 2020, Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pembuatan Pupuk Cair di Desa Wanayasa Kabupaten Purwakarta, Kaibon Abhinaya: Jurnal Pengabdian Masyarakat, Volume 2, Nomor 2, pp 90-99, e-ISSN 2657-1110, <http://dx.doi.org/10.30656/ka.v2i2.2076>
- [5] Panji Nugroho, 2012, Panduan Membuat Pupuk Kompos Cair, Pustaka Baru Press., Yogyakarta, ISBN 602-7819-42-1.
- [6] Julian Parfitt, Mark Barthel and Sarah Macnaughton, 2010, Food Waste within Food Supply Chains : Quantification and Potential for Change to 2050, Philosophical Transaction of The Royal Society Volume 365, pp 3065–3081, doi:10.1098/rstb.2010.01263065
- [7] Khilyatul Afkar and A. Masrufah, 2020, Budidaya Budidaya Maggot BSF (Black Soldier Fly) Sebagai Pakan Alternatif Ikan Lele (Clarias Batracus) Di Desa Candipari, Sidoarjo Pada Program Holistik Pembinaan Dan Pemberdayaan Desa (PHP2D), Jounal of Science and Social Development, Volume 3, pp. 10-16.
- [8] Mabrurroh. Aflit Nuryulia Praswati , Helmia Khalifah Sina and Denda Mulya Pangaribowo, 2021, Pengolahan Sampah Organik melalui Budidaya Maggot BSF, JURNAL EMPATI : Edukasi Masyarakat, Pengabdian dan Bakti, Volume 3, nomor 1, pp. 34-37, ISSN 2774-4442 (print) dan ISSN 2774-2296 (online)
- [9] Vanessa Rambet, J. F. Umboh, Y. L. R. Tulung, dan Y. H. S. Kowel, 2016, Kecernaan Protein dan Eenergi Ransum Broiler Yang Menggunakan Tepung Maggot (Hermetia Illucens) Sebagai Pengganti Tepung Ikan, Jurnal Zootek, Volume 36, nomor 1, pp. 13-22, ISSN 0852 -2626
- [10] Rini Hartono, Anita Dwi Anggrainy dan Arseto Yekti Bagastyo, 2021, Pengaruh Komposisi Sampah dan Feeding Rate terhadap Proses Biokonversi Sampah Organik oleh Larva Black Soldier Fly (BSF), Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Volume 5, nomor 2, pp. 181-193, 2021. p-ISSN : 2579-8537, e-ISSN : 2579-9746 www.jtkl.polinema.ac.id, DOI: <http://dx.doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.231>
- [11] Rizkia Suciati and Hilman Faruq, 2017, Efektifitas Media Pertumbuhan Maggots Hermetia illucens (Lalat Tentara Hitam) Sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik, BIOSFER : Jurnal Biologi & Pendidikan Biologi, Volume 2, nomor 1, pp. 8-13, DOI: <https://doi.org/10.23969/biosfer.v2i1.356>
- [12] Noviyanti Nugraha, Dany Septyangga Pratama, Sopan Sopian and Nicolaus Roberto, 2019, Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik, Jurnal Rekayasa Hijau, Volume 3, nomor 3, pp. 169-178. ISSN: 2550 -1070

- [13] Riswanda, Harlian Kadir, Heri Widianoro, Sugianto dan Albert Daniel Saragih, 2024, "Pembuatan Mesin Pencacah Sampah Organik Untuk Pakan Magot Pada Gerakan Ekonomi Mandiri Kelurahan Cipageran Kota Cimahi, Journal of Human And Education, Volume 4, nomor 2, pp. 36-42, E-ISSN2776-5857, P-ISSN2776-7876 Website:<https://jahe.or.id/index.php/jahe/index>,
DOI: <https://doi.org/10.31004/jh.v4i2.714>
- [14] Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004, Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin, cetakan kesebelas, PT Pradnya Paramita, ISBN 979-408-126-4, Jakarta.