

Analisis Gearbox pada Modifikasi Mesin Pencacah Kertas dengan Pisau Zig-zag dan Pisau Lurus

Heri Kurniawan^[1], Ir.H.Margianto.MT^[2], Nur Robbi,ST.MT^[3]

^{[1], [2], [3]} Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang.
Jalan MT.Haryono 193, Malang.

Email: hk100281@gmail.com

margianto@unisma.ac.id

nurrobbift@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan modifikasi dan pembuatan dari mesin pemotong kertas ini adalah dalam rangka memenuhi kebutuhan lapangan yang ada, yaitu kebutuhan akan pemotong kertas dan kartu secara simultan, dibutuhkannya mesin untuk mengurangi volume limbah kertas, dibutuhkannya mesin untuk mengamankan dokumen penting kantor dengan cara dihancurkan, dan dibutuhkannya inovasi teknologi untuk optimalisasi fungsi mesin pencacah kertas secara simulatan. Sedangkan target pasar untuk mesin pemotong kertas ini yaitu untuk kelas-kelas perkantoran.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan secara keseluruhan mesin Pencacah yang didesain ini memiliki kapasitas total sebesar 54,3 kg/jam dengan catatan bahwa semua blade/pisau bekerja bersamaan dan jumlah kertas sekali operasi sebanyak 13 lembar. Mesin pencacah membutuhkan daya total sebesar 0,27 HP atau 200 watt. Setelah melalui perhitungan poros, diketahui poros yang didesain mampu menahan total gaya yang bekerja sebesar 771,49 N.

Gaya yang bekerja ini adalah gaya akibat pembebanan ketika proses mencacah kertas. Diameter poros A sebesar 15 mm dan diameter poros B sebesar 8 mm. Tipe bearing yang digunakan untuk sistem transmisi ini adalah 6002 dan F608ZZ. Pada rangkaian sistem transmisi diketahui putaran output dari sepasang poros A sebesar 28,46 = 30 rpm dan poros B sebesar 40,1 = 40 rpm.

Kata kunci: mesin pencacah, *gearbox*, *transmisi*, *perhitungan*

PENDAHULUAN

Kertas adalah barang ciptaan manusia berwujud lembaran-lembaran tipis yang dapat dirobek, digulung, dilipat, dicoret mempunyai sifat yang berbeda dari bahan bakunya. Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak, menggambar dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas. (Sanchez, 2014). Dengan meningkatnya jumlah pemakaian kertas, tentunya meningkat pula jumlah limbah kertas

yang dihasilkan setiap harinya (Radityaningrum, 2017). Limbah tersebut jumlahnya tidak sedikit, sehingga timbul masalah pemotongan yang kurang praktis.

Selain itu dokumen penting dan rahasia juga menggunakan bahan utama kertas jika kertas tidak dihancurkan maka informasi-informasi digital di dalam kertas dapat jatuh ditangan pesaing atau orang yang tidak bertanggung jawab (Raut, 2018). Hal tersebut perlu

adanya penanganan khusus agar menjadi suatu produk yang mempunyai nilai dan manfaat. Salah satu alat atau mesin yang dapat digunakan untuk meminimalisir volume limbah sehingga menjadi partikel kecil dan menjaga kerahasiaan data di dalam kertas adalah mesin pencacah kertas atau Paper Shredding Machine.

Mesin pencacah kertas merupakan mesin yang digunakan untuk menghancurkan dokumen-dokumen yang sudah tidak diperlukan. Mesin ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu berdasarkan jenis potongan dan kapasitas mesin. Jenis potongan pada mesin adalah strip cut yaitu jenis potongan berbentuk lurus, cross cut yaitu berupa potongan-potongan kecil, kemudian diamond cut. Selanjutnya berdasarkan kapasitas mesin, tipe kelas mesin kecil, menengah, dan besar (Siddiqui, 2017).

Redesain dari mesin pemotong kertas telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya antara lain oleh Basori, 2014, redesign mesin pemotong lurus dengan kapasitas 10 kg/jam, penelitian oleh Darmawan, 2019 tentang variasi model pisau penghancur pada mesin pengolah limbah dengan kapasitas 4 kg/jam. Penelitian oleh Aswini, 2020 tentang mesin pemotong kertas horisontal otomatis yang dilengkapi dengan sel surya sebagai input energi pada baterai dengan pemanfaatan kendali mikrokontroler Arduino Uno. Penelitian oleh Siddiqui, 2017 mendesain dan manufaktur mesin pemotong kertas

dengan memodifikasi stopper input kertas yang diberi nama stripper fingers.

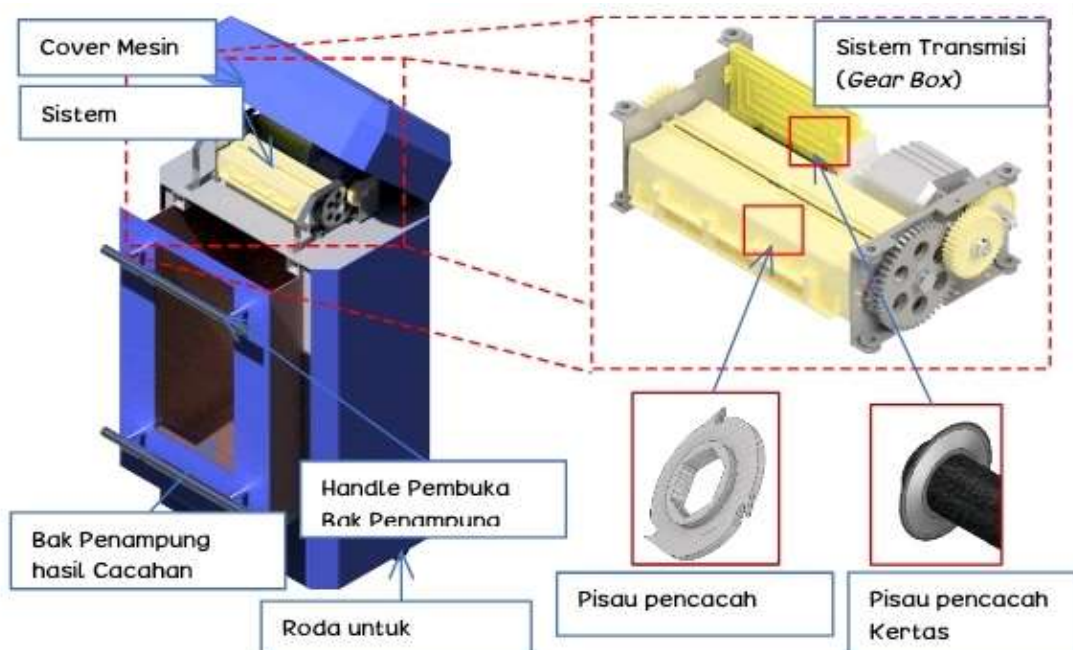
Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan di atas tentang modifikasi mesin, maka pada penelitian ini juga berkenaan dengan desain dan modifikasi mesin pencacah kertas. Modifikasi pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan produktifitas dan multifungsi dari suatu sistem. Modifikasi yang dilakukan ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan fungsi dari mesin pencacah kertas, yakni yang semula hanya dapat melakukan pencacahan kertas saja, dimodifikasi dan ditambahkan fungsi pencacah kartu dan CD/DVD.

METODE PENELITIAN

Desain perancangan yang digunakan adalah Research and Development yaitu metode perancangan yang digunakan untuk menghasilkan sebuah desain, dimana desain tersebut akan dijadikan sebuah tahap awal dari sebuah proses modifikasi yang akan dilakukan peneliti. Jenis modifikasi desain mesin yang digunakan yaitu model adaptive design, adaptive design adalah desain yang dilakukan dengan mengadaptasi dari desain yang sudah ada serta melakukan alternatif perubahan minor pada desain produk (Khurmi, 2005). Pada kasus ini desain direvisi dan dimodifikasi dengan adanya penambahan sistem pencacah kartu seperti terlihat pada gambar 1. Sedangkan spesifikasi utama mesin dapat dilihat pada tabel 1.

Sistem penggerak mesin pemotong kertas ini menggunakan Motor AC dengan daya sebesar 200 Watt. Motor listrik dipilih karena motor listrik tidak menimbulkan emisi gas buang yang mana nantinya akan mencemari ruangan dimana mesin berada. Transmisi daya dari motor listrik menuju poros pemotong menggunakan reducer berupa kombinasi roda gigi.

Dikarenakan luasnya pembahasan dalam desain mesin, modifikasi dan manufaktur dari mesin pemotong kertas yang akan dikembangkan, maka pada penelitian ini difokuskan pada perhitungan kapasitas mesin, gaya, torsi, daya mesin untuk melakukan pemotongan kertas, pemilihan bearing, dan sistem transmisi berupa gear box.



Gambar 1. Rancangan mesin pencacah dan Bagian-Bagian utama
(sumber : Dokumen pribadi)

Tabel 1. Spesifikasi utama mesin

Spesifikasi Utama Mesin	Deskripsi
Kapasitas Pisau Zig – Zag Kg/Jam	42,1
Kapasitas Pisau Lurus Kg/Jam	12,2
Kapasitas mesin kg/jam	54,3
<i>Rotation speed</i> dari motor (r/min)	8000
<i>Motor power</i> (w)	200
<i>Total massa</i> (kg)	45,37
<i>Dimensi (PxLxT)</i> (mm)	450x300x723,5

PEMBAHASAN

1. Kapasitas mesin pemotong kertas

Untuk menghitung kapasitas cacahan pada mesin maka menggunakan konversi dari gerakan putar poros menjadi gerakan translasi pada poros.

a. Kapasitas Poros A

Berdasarkan perhitungan gerakan linear didapatkan $t = 4,85$ s. Sehingga jika diketahui blade dengan pisau zig – zag mampu mencacah kertas maksimal 13 lembar pada tiap input maka didapatkan:

$$Q = \frac{13 \text{ lbr}}{4,85 \text{ s}} = \frac{160,82 \text{ lbr}}{1 \text{ min}} = \frac{9649,5 \text{ lbr}}{1 \text{ jam}}$$

$$Q_{\text{mesin}} = 9649,5 \times 4,3659 \text{ gr} = 42128,7 \frac{\text{gr}}{\text{jam}} = 42,1 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

b. Kapasitas Poros B

Berdasarkan perhitungan gerakan linear didapatkan $t=6,46$ s. Sehingga jika diketahui blade dengan pisau zig – zag mampu mencacah kertas maksimal 13 lembar pada tiap input maka didapatkan:

$$Q = \frac{5 \text{ lbr}}{6,46 \text{ s}} = \frac{46,44 \text{ lbr}}{1 \text{ min}} = \frac{2786,37 \text{ lbr}}{1 \text{ jam}}$$

$$Q_{\text{mesin}} = 2786,37 \times 4,3659 \text{ gr} = 12165 \frac{\text{gr}}{\text{jam}} = 12,2 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

Sehingga dapat disimpulkan dari kedua pencacah tersebut apabila bekerja kedua-duanya akan menghasilkan kapasitas sebesar $42,1 + 12,2 = 54,3 \text{ kg/jam}$.

2. Gaya Pemotongan

Objek yang akan diujicobakan yaitu kertas A4 dengan *shear strength* (τ_u) sebesar 1,3 MPa (Nygards, 2010). Ketebalan kertas A4 diketahui adalah sebesar 0,05 mm x 13 lembar pisau zig-zag dalam sekali proses, maka didapatkan ketebalan total 0,65 mm. Sedangkan ketebalan kertas untuk pisau *Circle* adalah 0,05 mm x 5 lembar diperoleh 0,25 mm.

Panjang *shear* dihitung berdasarkan lebar kertas A4 (210 mm) untuk pemotongan pada pisau zig-zag dan circle. Selanjutnya karena profil potongan selebar kertas A4 maka gaya (F) yang dibutuhkan untuk proses *shear* yang bekerja pada material uji adalah sebagai berikut (Niebel, 1989).

$$F = \pi \tau_u L t$$

Sehingga total hasil perhitungan gaya pada kedua pisau yang dibutuhkan untuk proses *shearing* kertas adalah sebesar:

$$F_{\text{total}} = F_A + F_B$$

$$F_{\text{total}} = 557,19 + 214,3 = 771,49 \text{ N}$$

3. Torsi Mesin

Torsi dapat dihitung sebagai berikut (Mott, 2004:94).

$$T_A = F_A \cdot R_{poros A} \rightarrow \text{untuk poros A} \rightarrow 4,18 \text{ Nm}$$

$$T_B = F_B \cdot R_{poros B} \rightarrow \text{untuk poros A} \rightarrow 0,857 \text{ Nm}$$

Sehingga didapatkan total:

$$T_{Total} = T_A + T_B$$

$$T_{Total} = 4,18 + 0,857$$

$$T_{Total} = 5,037 \text{ Nm}$$

4. Daya Mesin

Daya minimum yang dibutuhkan poros A dengan diketahui putaran pencacah poros A = 30 rpm sehingga didapatkan 13,126 watt.

Daya minimum yang dibutuhkan poros B dengan diketahui putaran pencacah poros B = 40 rpm sehingga didapatkan 3,59 watt. Total Daya yang dibutuhkan:

Berdasarkan kebutuhan daya dan torsi di atas, maka perancang menentukan motor AC dengan daya sebesar 200 watt atau 0,27 HP.

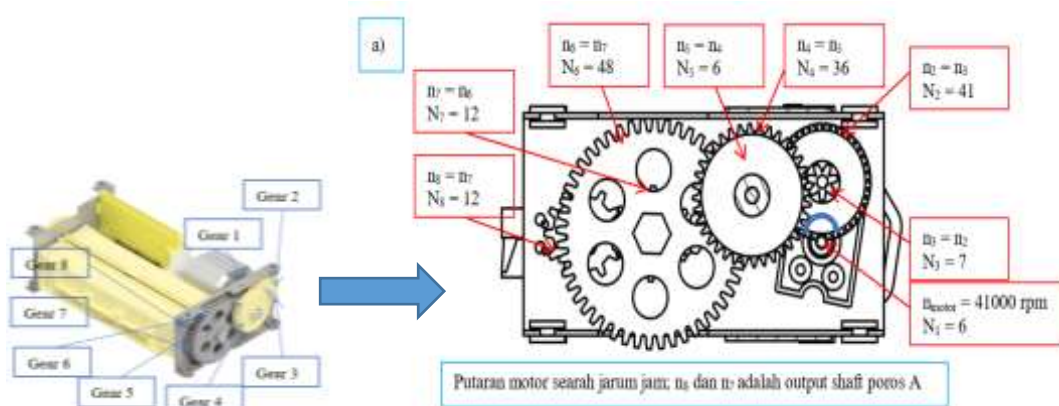
5. Bearing pada poros gearbox

Berdasarkan tabel 14-3 (Mott, 2004:607) didapatkan *bearing* yang sesuai yaitu *bearing single row, grove ball, series 6200* dengan nomor *bearing 6202* → Poros A.

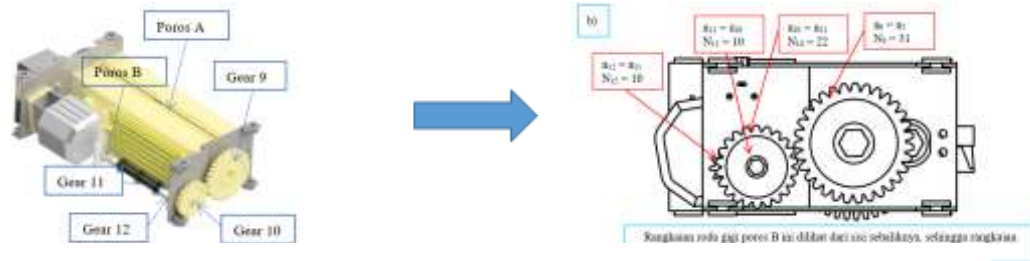
Berdasarkan tabel 14-3 (Mott, 2004:607) didapatkan *bearing* yang sesuai yaitu *bearing single row, grove ball, series F608ZZ* dengan nomor *bearing 6213* → Poros B.

6. Rancangan sistem transmisi

Berikut pada gambar 2 dan 3 ditampilkan rangkaian sistem transmisi yang dihitung.



Gambar 2. Rangkaian roda gigi pada poros A



Gambar 3. Rangkaian roda gigi pada poros B

Sistem transmisi daya dari motor listrik pencacah kertas menuju poros menggunakan rangkaian roda gigi. Rangkaian roda gigi dipilih karena efisiensi ruang yang cukup baik dibandingkan dengan transmisi model rantai atau belt. Diketahui kecepatan putaran motor sebesar 8000 rpm, maka velocity ratio (mott, 2004):

$$VR = \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

- a. Velocity ratio/ rasio kecepatan 1 (VR_1)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{8000}{n_2} = \frac{41}{6}$$

$$n_2 = \frac{48000}{41} = 1170,7 \text{ rpm}$$

- b. Velocity ratio/ rasio kecepatan 2 (VR_2)

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{N_4}{N_3}$$

$$\frac{1170,7}{n_4} = \frac{36}{7}$$

$$n_4 = \frac{8195,1}{36} = 227,6 \text{ rpm}$$

- c. Velocity ratio/ rasio kecepatan 3 (VR_3)

$$\frac{n_5}{n_6} = \frac{N_6}{N_5}$$

$$\frac{227,6}{n_6} = \frac{48}{6}$$

$$n_6 = \frac{1365,85}{48} = 28,46 \text{ rpm}$$

- d. Velocity ratio/ rasio kecepatan 4 (VR_4)

$$\frac{n_7}{n_8} = \frac{N_8}{N_7}$$

$$\frac{28,46}{n_8} = \frac{12}{12}$$

$$n_8 = 28,46 \text{ rpm}$$

- e. Velocity ratio/ rasio kecepatan 5 (VR_5)

$$\frac{n_9}{n_{10}} = \frac{N_{10}}{N_9}$$

$$\frac{28,46}{n_{10}} = \frac{22}{31}$$

$$n_{10} = \frac{882,1}{22} = 40,1 \text{ rpm}$$

- f. Velocity ratio/ rasio kecepatan 6 (VR_6)

$$\frac{n_{11}}{n_{12}} = \frac{N_{12}}{N_{11}}$$

$$\frac{40,1}{n_{12}} = \frac{10}{10}$$

$$n_{12} = 40,1 \text{ rpm}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan secara keseluruhan mesin Pencacah yang didesain ini memiliki kapasitas total sebesar 54,3 kg/jam dengan catatan bahwa semua blade/pisau bekerja bersamaan dan jumlah kertas sekali operasi sebanyak 14 lembar. Mesin pencacah membutuhkan daya total sebesar 0,27 HP atau 200 watt. Setelah melalui perhitungan poros, diketahui poros yang didesain mampu menahan total gaya yang bekerja sebesar 771,49 N. Gaya yang bekerja ini adalah gaya akibat pembebanan ketika proses mencacah kertas. Selain itu, pada perhitungan poros diketahui juga diameter poros A sebesar 15 mm dan diameter poros B sebesar 8 mm. Tipe *bearing* yang digunakan untuk sistem transmisi ini adalah 6002 dan F608ZZ. Pada rangkaian sistem

transmisi diketahui putaran output dari sepasang poros A sebesar 28,46 = 30 rpm dan poros B sebesar 40,1 = 40 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashwini M. V., Robinson P., Nithin P. S., Seella Charan. 2020. *Design of Automatic Organic Waste Shredder for Composting. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-6.
- Radityaningrum, A D, Caroline J dan Restiani, DK. 2017. *Potensi Reduce, Reuse, Recycle (3R) Sampah pada Bank Sampah "Bank Junk for Surabaya Clean (BJSC). Jurnal Teknik Lingkungan, 2 (1): 1-11.*
- Sanchez, B., Wirosodarmo R. , Suharto B. 2014. *Analisis Finansial Sampah Kertas Di Universitas Brawijaya. Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Vol 1, No 2.*
- Ogbeide, O.O., Nwabudike, P.N. and Igbinomwanhia, N.O. 2017. *Design and Development of An Electric Paper Shredding Machine. Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences 2(2) 2017 pp. 546-562*