

BESARNYA BENDING STRESS PADA RODA GIGI LURUS AKIBAT TEKANAN SEPASANG RODA GIGI DI BUNCH CRUSHER PT ABC

Gio Fadli Situmorang¹, Herry Darmadi², Nurul Shadrina Bintang^{*3}

^{1,2} Program Studi Teknik Mekanika, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Medan, Indonesia

³ Program Studi Agribisnis Kelapa Sawit, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 10 Juli 2025

Revisi Akhir: 12 Juli 2025

Diterbitkan Online: 15 Juli 2025

KATA KUNCI

Bunch Crusher, Bending momen, gears, bending stress.

Keywords:

Bunch Crusher, Bending moment, gears, bending stress.

KORESPONDENSI

E-mail: giofadlisitumorang28@gmail.com

A B S T R A K

Objek penelitian yang diamati adalah besarnya bending stress pada roda gigi lurus diakibatkan tekanan sepasang roda gigi di bunch crusher. Bunch crusher adalah suatu alat yang berfungsi untuk merontokkan berondolan yang tertinggal di dalam janjangan kosong dengan cara menekan janjangan di antara dua roller yang berputar berlawanan arah. pada ujung roller berbentuk poros dan terpasang dua buah roda gigi lurus yang saling terhubung dan ketika dua buah roda gigi lurus saling terhubung, berputar, pada roda gigi mengalami tegangan bending. tegangan bending adalah tegangan yang terjadi akibat adanya momen bending. momen bending terjadi karena dipengaruhi oleh lengan momen yang terbentuk. penelitian bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan bending pada roda gigi di bunch crusher akibat tekan sepasang roda gigi. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa besarnya tegangan bending pada roda gigi bagian atas bunch crusher saat menisahkan berondolan dari janjangannya tandan buah rebus adalah 8,8 kg/cm². dan besarnya momen bending yang terjadi pada roda gigi bagian atas bunch crusher adalah 65,934 kg.cm.

A B S T R A C T

The object of the research observed is the magnitude of the bending stress on the straight gear that causes pressure on a pair of gears in the bundle crusher. Bunch crusher is a tool that functions to thresh the bunches left in the empty bunches by pressing the bunches between two rollers that rotate in opposite directions. At the end of the roller is a shaft and is installed two straight gears that are connected to each other and when the two straight gears are connected to each other, rotating, the gears experience bending stress. Bending stress is the stress that occurs due to the bending moment. The bending moment occurs because it is influenced by the moment arm that is formed. The study aims to determine the magnitude of the bending stress on the gears in the bundle crusher due to the pressure of a pair of gears. From the results of the study, it was concluded that the magnitude of the bending stress on the upper gear of the bunch crusher when separating the bunches from the bunches of boiled fruit is 8.8 kg/cm². and the magnitude of the bending moment that occurs on the upper gear of the bundle crusher is 65.934 kg.cm.

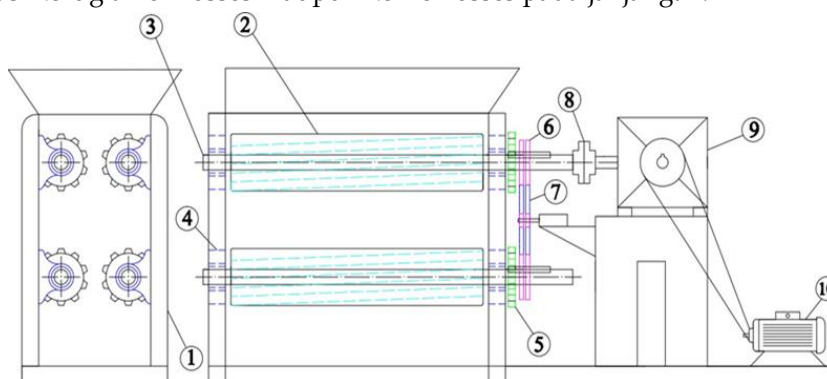
PENDAHULUAN

Disaat proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi CPO (Crude Palm Oil) pada pabrik kelapa sawit ada beberapa hal yang diperhatikan, salah satunya adalah *fruit losses* yang terjadi pada stasiun pemipilan[1]. Fungsi dari stasiun pemipilan ialah tempat terjadinya proses pemisahan antara berondolan dengan tandan sawit dengan cara pembantingan didalam *drum thresher*. Tandan Buah Rebus (TBR) yang telah melewati proses perebusan akan masuk ke stasiun pemipilan dan masuk ke dalam drum thresher

serta dilakukan pembantingan dengan bantuan sudu – sudu pada drum sehingga berondolan terpisah dari tandan sawitnya. Namun disaat proses pemisahan berondolan dari tandan sawit ini masih sering bekerja tidak optimal, yang disebabkan oleh perebusan Tandan Buah Segar (TBS) di perebusan tidak merata dan kualitas Tandan Buah Segar (TBS) yang tidak sesuai kriteria[2]. Untuk mengatasi buah yang masih menempel pada tandan sawit pada proses pemisahan ini, maka di lakukanlah penambahan alat di stasiun pemipilan ini yang bernama *Double Deck Bunch Crusher*. Alat ini yang berada di stasiun pemipilan berperan penting, karena memiliki fungsi untuk menggiling Tandan Buah Rebus (TBR) yang belum terpipil sempurna sehingga berondolan yang masih menempel pada tandannya dapat diambil Kembali[3].

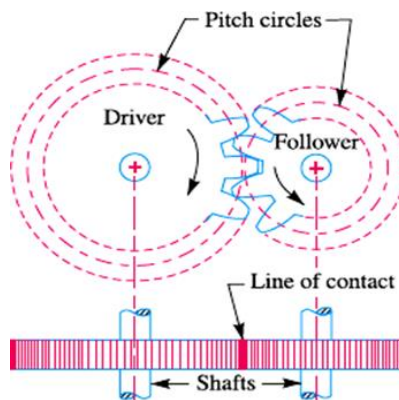
Pada proses kerja *Double Deck Bunch Crusher* adalah berputar. Penggilingan Tandan Buah Rebus (TBR) yang tidak terpipil sempurna di lakukan oleh sepasang roller yang saling berhadapan serta memiliki putaran berlawanan arah[4]. Pada ujung roller berbentuk poros dan terpasang dua roda gigi lurus yang saling terhubung, dan ketika dua buah roda gigi lurus saling terhubung berputar, pada roda gigi mengalami tegangan bending. Tegangan bending merupakan tegangan yang terjadi akibat adanya momen bending. momen bending terjadi karena dipengaruhi oleh lengan momen yang terbentuk, dimana semakin panjang lengan momen maka akan menimbulkan momen bending yang semakin besar.

Salah satu alat yang terdapat di stasiun thresher dalam sebuah rangkaian pengolahan kelapa sawit yang memiliki fungsi sebagai perontok brondolan yang masih tertinggal didalam janjangkosong (Empty Bunch)[5]. *Bunch chrusher* tidak berjalan sendiri melaikan didukung oleh alat yang membantu kelancaran dari proses yang terjadi pada unit bunch chrusher itu sendiri yaitu rethresher. *Rethresher* adalah sebuah alat yang memiliki fungsi sama dengan thresher yaitu membanting material berupa TBR (tandan buah rebus) sehingga dari efek bantingan tersebut akan merontokkan material yang diumpankan[6]. Alat ini dilengkapi *spur gear shaft / helical gear* untuk menjepit janjangan sambil berputar sehingga brondolan yang masih terperangkap/lengket pada janjangan dapat dirontokkan/diambil kembali. Jadi alat ini bekerja untuk mengantisipasi kerugian oil losses maupun kernel losses pada janjangan.



Gambar 1. *Bunch Crusher*

Roda gigi lurus digunakan untuk menaikkan atau menurunkan putaran dalam arah yang berlawanan. Roda gigi lurus ini cocok digunakan pada sistim transmisi yang gaya kelingnya besar, karena tidak menimbulkan gaya aksial[7].



Gambar 2. Transmisi roda gigi lurus

Berikut adalah keuntungan dan kerugian penggerak roda gigi dibandingkan dengan penggerak lain, seperti belt, tali dan rantai:

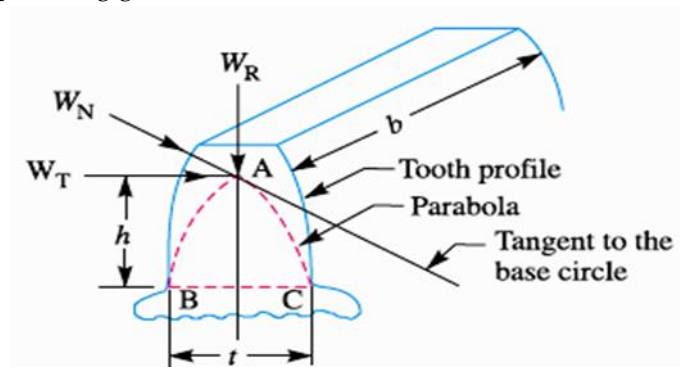
Keuntungan:

1. Dapat mentransmisikan rasio putaran dengan tepat (pasti)
2. Dapat digunakan untuk mentransmisikan daya yang besar.
3. Dapat digunakan untuk jarak pusat poros yang kecil.
4. Mempunyai efisiensi yang tinggi.
5. Pemakaiannya lebih handal.
6. Mempunyai layout yang kompak (rapid dan ringkas, seperti gearbox).

Kerugian:

1. Karena proses manufaktur (pembuatan/produksi) dari roda gigi membutuhkan pahat dan peralatan khusus, sehingga hal itu menjadikan harganya lebih mahal dibanding penggerak lain.
2. Penyimpangan (kesalahan) dalam pemotongan gigi-gigi dapat mengakibatkan getaran dan gangguan selama operasi.
3. Roda gigi memerlukan lubrikasi (pelumasan) yang sesuai dan metode penerapan yang handal, untuk persiapan operasi.

Kekuatan batang gigi gear ditentukan dari persamaan Lewis dan kemampuan gigi gear membawa beban ditentukan oleh persamaan ini yang dapat memberikan hasil yang memuaskan[8]. Dalam penyelidikan, Lewis mengasumsikan bahwa beban ditransmisikan dari satu gigi ke gigi lain, seluruhnya diberikan dan diambil oleh satu gigi, karena itu tidak selalu aman untuk menahan bahwa beban didistribusikan diantara beberapa gigi. Ketika gigi mulai kontak, beban diasumsikan berada pada ujung dari gigi penggerak dan ujung gigi yang digerakkan. Beban normal diuraikan ke dalam dua komponen yaitu komponen tangensial (W_T) dan komponen radial (W_R) yang tegak lurus dan sejajar terhadap garis pusat gigi. Komponen tangensial (W_T) menimbulkan tegangan bending yang cenderung mematahkan gigi. Komponen radial (W_R) menimbulkan tegangan tekan yang besarnya relative kecil, sehingga pengaruhnya pada gigi dapat diabaikan[9]. Di sini tegangan bending digunakan sebagai dasar untuk perhitungan desain[10]. Bagian kritis dari tegangan bending maksimum dapat diperoleh dengan menggambar sebuah parabola melalui A dan tangensial terhadap kurva gigi.

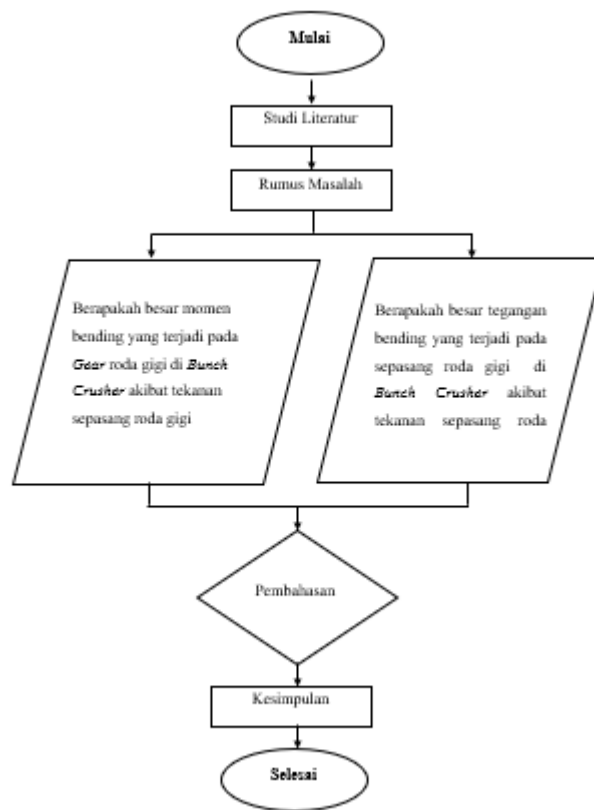


Gambar 3. Gigi Pada Gear

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan Metode ini merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan ditempat penelitian atau melakukan kegiatan penelitian dilapangan. Pada metode ini terbagi menjadi tiga yaitu, Wawancara, Observasi dan Studi Literatur.

Kerangka konseptual pada penelitian ini terlihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Kerangka Konseptual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data spesifikasi dan dimensi peralatan yang berkaitan dengan putaran Double Deck Bunch Crusher yaitu:

1. Double Deck Bunch Crusher

Model : SIL-RC 68 DBC
 Tipe : Screw
 Dimensi : 2560 mm × 1300 mm × 1520 mm
 Kapasitas : 12 – 15 ton/jam
 Tahun : 2021

2. Motor Penggerak

Tipe : YE2 160L-4
 Tegangan : 370 – 410 V
 Kuat arus : 29,1 A
 Daya : 15 KW
 Frekuensi : 50 Hz
 Putaran : 1465 rpm

3. Pereduksi Putaran

Merek : Winner Performance Asia Drive
 Tipe : KS107-56-M1A
 Rasio : 60

Dimensi pada roda gigi lurus yang ada pada Double Deck Bunch Crusher sebagai berikut :

1. Roda gigi A (penggerak)

Diameter luar : 33 cm
 Diameter dalam : 30 cm
 Diameter tusuk : 31,4 cm
 Lebar gigi : 5 cm

Sudut gigi : 20°

Panjang Gigi : 1,5 cm

2. Roda gigi B (yang digerakkan)

Diameter luar : 47 cm

Diameter dalam : 44 cm

Diameter tusuk : 45,4 cm

Lebar gigi : 5 cm

Sudut gigi : 20°

3. Roda gigi A` (penggerak)

Diameter luar : 31,5 cm

Diameter dalam : 28,5 cm

Diameter tusuk : 29,9 cm

Lebar gigi : 5 cm

Sudut gigi : 20°

4. Roda gigi B` (yang digerakkan)

Diameter luar : 44 cm

Diameter dalam : 41 cm

Diameter tusuk : 42,4 cm

Lebar gigi : 5 cm

Sudut gigi : 20°

Menghitung momen bending Pada Sepasang Roda Gigi Lurus di *Bunch Crusher*

$$M_b = W_t \times H$$

untuk mengetahui momen bending harus di cari terlebih dahulu nilai gaya tangensial (W_t) pada *gear* roda gigi dengan rumus

$$F_t = \frac{102 \cdot P_d}{v}$$

Untuk mengetahui kecepatan keliling (v) m/s pada roda gigi penggerak di alat *Bunch Crusher* pada saat beroperasi ialah sebagai berikut :

$$D_{b1} = 45,4 \text{ cm} = 454 \text{ mm}$$

$$D_{b1'} = 42,4 \text{ cm} = 424 \text{ mm}$$

$$N_1 = 1465 \text{ rpm}$$

$$\bullet \quad v = \frac{\pi \cdot d_{b1} \cdot n_1}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \times 454 \text{ mm} \times 1465 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v = 34,80742 \text{ m/s}$$

$$\bullet \quad v' = \frac{\pi \cdot d_{b1'} \cdot n_1}{60 \times 1000}$$

$$v' = \frac{3,14 \times 424 \text{ mm} \times 1465 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v' = 32,50737 \text{ m/s}$$

Maka untuk mengetahui gaya tangensial (F_t) kg pada sepasang roda gigi lurus di alat *Bunch Crusher* pada saat beroperasi ialah sebagai berikut :

$$v = 34,80742 \text{ m/s}$$

$$v' = 32,50737 \text{ m/s}$$

$$P = 15 \text{ Kw} = 15000 \text{ watt}$$

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ N. m/s}$$

$$15000 \text{ watt} = 15000 \text{ N.m/s}$$

$$F_t = \frac{102.p_d}{v}$$

$$F_t = \frac{102 \times 15000 \text{ N.m/s}}{34,80742 \text{ m/s}}$$

$$F_t = 43.956,144 \text{ N, maka } 4.395,614 \text{ kg}$$

$$F_t' = \frac{102.p_d}{v}$$

$$F_t' = \frac{102 \times 15000 \text{ N.m/s}}{32,50737 \text{ m/s}}$$

$$F_t' = 47.066,24 \text{ N, maka } 4.706,624 \text{ kg}$$

maka besarnya momen bending pada roda gigi adalah sebagai berikut :

$$W_T = F_t$$

$$F_t = 4.395,614 \text{ kg}$$

$$M_b = W_T \times h$$

$$M_b = 4.395,614 \text{ kg} \times 1,5 \text{ cm}$$

$$M_b = 6.593,421 \text{ kg.cm}$$

$$W_T' = F_t'$$

$$F_t' = 4.706,624 \text{ kg}$$

$$M_b' = W_T' \times h$$

$$M_b' = 4.706,624 \text{ kg} \times 1,5 \text{ cm}$$

$$M_b' = 7.059,936 \text{ kg.cm}$$

Jadi besarnya momen bending yang terjadi pada roda gigi bagian atas di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 6.593,421 kg.cm dan Besarnya momen bending yang terjadi pada roda gigi bagian bawah di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 7.059,936 kg.cm.

Menghitung tegangan bending Pada Sepasang Roda Gigi Lurus di *Bunch Crusher*

$$W_T = F_t$$

$$F_t = 4.395,614 \text{ kg}$$

$$\sigma_w = \frac{(W_t \times h) \times 6}{b.t}$$

$$\sigma_w = \frac{(4.395,614 \text{ kg} \times 1,5 \text{ cm}) \times 6}{5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}}$$

$$\sigma_w = \frac{39.560,526 \text{ kg.cm}}{45 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_w = \frac{39.560,526 \text{ kg}}{45 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_w = 879,122 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_T' = F_t'$$

$$F_t' = 4.706,624 \text{ kg}$$

$$\sigma_w' = \frac{(W_t' \times h) \times 6}{b.t}$$

$$\sigma_w' = \frac{(4.706,624 \text{ kg} \times 1,5 \text{ cm}) \times 6}{5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}}$$

$$\sigma_w' = \frac{42.359,614 \text{ kg.cm}}{45 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma w = \frac{423,59614 \text{ kg}}{45 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma w = 941,324 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi besarnya tegangan *bending* yang terjadi pada roda gigi bagian atas di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 879,122 kg/cm² dan besarnya tegangan *bending* yang terjadi pada roda gigi bagian bawah di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 941,324 kg/cm².

KESIMPULAN DAN SARAN

Besarnya momen bending yang terjadi pada roda gigi bagian atas di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 6.593,421 kg.cm dan Besarnya momen bending yang terjadi pada roda gigi bagian bawah di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 7.059,936 kg.cm dan Besarnya tegangan bending yang terjadi pada roda gigi bagian atas di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 879,122 kg/cm² dan besarnya tegangan bending yang terjadi pada roda gigi bagian bawah di *bunch crusher* akibat tekanan sepasang roda gigi adalah 941,324 kg/cm²

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. Herviandinata, A. W. Krisdiarto, and A. I. Uktoro, "Utilisasi dan Efisiensi Truk Angkut Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit: Dalam Pengelolaan Perusahaan Swasta dan Pengelolaan Kontraktor Angkutan Masyarakat", *agroteknika*, vol. 8, no. 1, pp. 1-15, Mar. 2025.
- [2] D. F. Simatupang, N. Nelza, and L. S. Sipahutar, "Penentuan Kebutuhan Panas pada Proses Pengeringan Inti Kelapa Sawit di Kernel Silo PKS XYZ Langkat", *REPROKIMIA*, vol. 4, no. 1, pp. 19-23, Jun. 2025.
- [3] B. R. Fernandez, P. E. Hutajulu, and R. Sylviana Pratikha, "The Effect of Specific Gravity of Clay (Aluminium Hydrosilicate) on Kernel Losses at Claybath Station's", *REPROKIMIA*, vol. 2, no. 2, pp. 9-17, Dec. 2023.
- [4] I. Iqbal, S. Suhardi, and S. A. Nirisnawati, "UJI UNJUK KERJA ALAT DAN MESIN PERONTOK MULTIGUNA (Multipurpose Power Thresher Performance Test)", *JRPB*, vol. 6, no. 1, pp. 12-16, Mar. 2018.
- [5] Mahyunis, M., Effendi, Z., & Tinambunan, L. R. (2023). ANALISA PERFORMANCE THRESER DI PABRIK KELAPA SAWIT (PKS) PTPN V SEI GARO DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVINESS (OEE) DAN 5S. *Jurnal Agro Fabrica*, 5(2), 67-76. <https://doi.org/10.47199/jaf.v5i2.202>
- [6] N. A. Sidabutar, R. Ginting, and A. F. Malik, "USULAN PERBAIKAN SARUNG TANGAN OPERASI MENGGUNAKAN, QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DAN ANALYTIC NETWORK PROCESS DI PT. XYZ", *J-Milo*, vol. 1, no. 01, pp. 1-6, Aug. 2024.
- [7] B. Gabrial, S. Tangkuman, and J. Rantung, "RANCANG BANGUN APLIKASI PERANCANGAN RODA GIGI LURUS MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON", *JTM*, vol. 10, no. 1, pp. 1-8, Jun. 2024.
- [8] Muhammad Rival Tanziri and Dani Mardiyana, "Analisis Perbandingan Material 7075 O (SS) dan Al-SiC Untuk Komponen Roda Gigi Lurus Menggunakan Metoda Finite Elemen Analysis", *permadi*, vol. 5, no. 1, pp. 25-34, Aug. 2023.
- [9] "ANALISIS SIMULASI TEGANGAN RODA GIGI PADA FISHING DECK MACHINERY TIPE HIDROLIK", *ASIIMETRIK*, vol. 2, no. 2, pp. 77-84, Jul. 2020, doi: 10.35814/asiimetrik.v2i2.1369.
- [10] I. Azmy and D. D. Rachmadi, "ANALYSIS OF SAND-CASTING SPUR GEAR FROM ALUMINUM 1100 AND 6063 TOWARDS MECHANICAL PROPERTIES", *SJMEkinematika*, vol. 9, no. 2, pp. 107-116, Jul. 2024.