JATI UNIK, 2019, Vol.2, No.2, Hal. 74-83 ISSN : 2597-6257 (Print)
ISSN : 2597-7946 (Online)

Perhitungan Perencanaan Mesin Pengaduk *Middle Waste* Asbes Kapasitas 2500 Liter

Sutikno[(1)], **Sukram**[(2)]
[(1)] Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Gempol
Email : mastiqno@gmail.com[(1)]

Abstrak

Di dalam perusahaan PT. Djabes Tunas Utama menghasilkan waste yang cukup banyak sehingga perlu adanya penanganan untuk mempercepat proses pengolahan waste tersebut. Permasalahannya adalah bagaimana cara agar waste tersebut dapat diolah dengan cepat sehingga dapat diproses untuk dimasukkan pada proses produksi sehingga tidak terjadi penumpukan waste. Perencanaan sebuah mesin pengaduk waste asbes jenis agitator, dimana peralatan atau mesin ini berfungsi untuk menampung middle waste sebelum masuk ke proses mixing dan dilakukan pengadukan secara terus menerus untuk menghindari pengendapan. Pada tugas akhir ini akan dipilih jenis agitator yang tepat untuk proses pengadukan waste tersebut, kemudian menghitung elemen-elemen mesin yang ada seperti jenis pengaduk, motor, transmisi, dan poros. Sehingga dapat menghasilkan mesin pengaduk yang tepat. Dari hasil perhitungan mesin pengaduk tersebut menggunakan motor dengan daya sebesar 0,5 HP dengan reducer 1:30, sistem transmisi menggunakan v-belt dan pulley dengan ukuran diameter pulley penggerak sebesar 129 mm dan diameter pulley yang digerakkan sebesar 200 mm, sehingga menghasilkan putaran sebesar 30 rpm. Untuk pengaduknya menggunakan jenis pengaduk paddle dengan diameter poros penggerak sebesar 50 mm.

Kata Kunci: Elemen mesin, Perencanaan, Waste, Mesin pengaduk (*agitator*)

Abstract

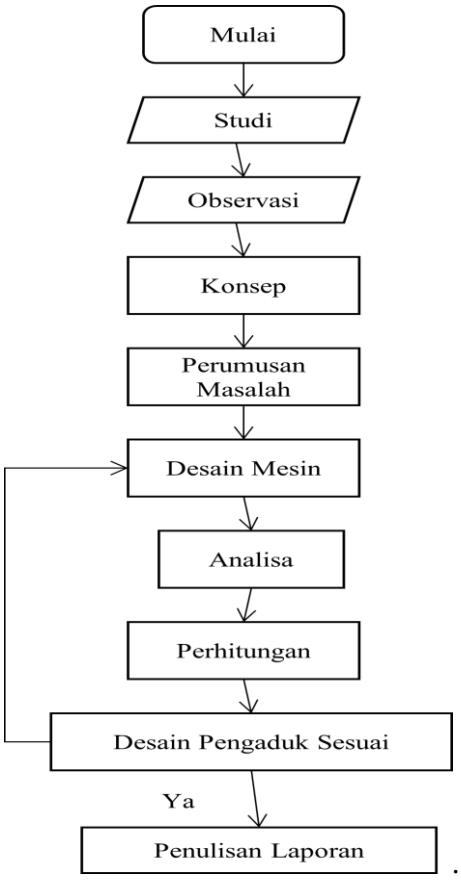
In the company PT. Headquarters of Tunas Utama produces quite a lot of waste so that there needs to be a treatment to accelerate the waste processing. The problem is how to make the waste can be processed quickly so that it can be processed to be included in the production process so that there is no buildup of waste. Planning an agitator asbestos waste mixer machine, where the equipment or machine serves to accommodate the middle waste before entering into the mixing process and stirring continuously to avoid sedimentation. In this final project, the right type of agitator will be selected for the waste mixing process, then count the existing engine elements such as the type of mixer, motor, transmission, and shaft. So that it can produce the right mixer. From the results of the calculation of the mixer using a motor with a power of 0.5 HP with a reducer of 1:30, the transmission system uses a v-belt and a pulley with a drive pulley diameter of 129 mm and a driven pulley diameter of 200 mm, resulting in a rotation of 30 rpm. For the stirrer, using a paddle stirrer with a drive shaft diameter of 50 mm.

Keyword : Machine element, Planning,Waste, Agitator

Pendahuluan

Dengan dicanangkan sektor industri sebagai salah satu tujuan nasional oleh pemerintah, maka dewasa ini sudah banyak industri-industri baru bermunculan. Perusahaan kimia energi pertambangan merupakan perusahaan yang membutuhkan proses dengan menggunakan material yang cukup banyak dan tentunya hal ini akan mengakibatkan perusahaan tersebut mempunyai waste yang tidak sedikit dalam prosesnya, salah satunya pada PT Djabes Tunas Utama. Untuk meningkatkan kinerja produktivitas dan meningkatkan untung sebesar-besarnya [1],[2], maka suatu perusahaan harus mengetahui berbagai aktivitas apa saja yang dapat meningkatkan nilai tambah , salah satunya adalah pengolahan waste [3],[4],[5]. Waste harus dapat diolah dengan tepat sehingga dapat dimasukkan pada proses produksi [6],[5],[7]. Di PT Djabes Tunas Utama menghasilkan waste yang banyak tetapi pengolahannya kurang cepat sehingga terjadi penumpukan waste. Maka dari itu akan direncanakan sebuah mesin pengaduk waste tersebut [8]. Dengan direncanakannya mesin pengaduk ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pengolahan waste sehingga dapat dimasukkan pada proses produksi, sehingga tidak terjadi penumpukan waste [9]. Pada perencanaan ini penulis ingin mengenal, mengetahui, memahami, menganalisa dan merencanakan suatu mesin pengaduk middle waste yang akan digunakan untuk mengaduk waste asbes untuk menghindari pengendapan sebelum masuk ke proses mixing.

Metode Penelitian



.

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Daya Motor [10]**,** [11]**,**[12]

- Kapasitas mesin pengaduk middle waste direncanakan = 2500 liter
- Tiap 1 liter adonan memiliki massa = 1,435 kg (berdasarkan hasil timbangan)
- Putaran motor = 1400
- Reducer 1:30
- Putaran motor setelah direduksi = 46,6 Rpm
- Rencana tangki :

Diameter Tangki = 1500 mm = 1,5 m
Tinggi Tangki = 1600 mm = 1,6 m
Jadi volume tangki :

$$V = A \,.\, t = \pi . r^2 . \mathrm{t} \quad (1)$$

$V = 3{,}14 \,.\, 0{,}75^2 \,.\, 1{,}6$
$= 2826\ liter$
Mencari kedalaman adonan
Kapasitas direncanakan 2500 liter = 2,5 m^3

$$A = \frac{\pi . D^2}{4} \quad (2)$$

$A = \frac{3{,}14 \,.1{,}5^2}{4} = 1{,}76\ \mathrm{m}^2$
Maka,
$t = \frac{V}{A} = \frac{2{,}5\ m^3}{1{,}76\ m^2} = 1{,}42\ m = 1420\ mm$
Kebutuhan daya mesin pengaduk tanpa beban :
Asumsi diameter poros 50 mm = 0,05 m
Massa jenis baja = 7850 kg/m^3

$$V = \left(\frac{1}{4} . \pi . D^2\right) . \text{ panjang} \quad (3)$$

$V = \left(\frac{1}{4} \,.\, 3{,}14 \,.\, 0{,}05^2\right) \,.\, 2{,}05 = 0{,}004023125\ \mathrm{m}^3$
Massa = 0,004023125 m^3 x 7850 kg/m^3 = 31,58 kg
Pengaduk
Horizontal [13]:

$$V = P \,.\, L \,.\, t \quad (4)$$

$V = 1{,}424\ m \,.\, 0{,}07\ m \,.\, 0{,}007\ m$
$= 0{,}00069776\ m^3$
Massa = 0,00069776 m^3 x 7850 kg/m^3 = 5,477 kg
Karena horizontal ada 2 maka 5,477 kg x 2 = 10,9 kg
Vertikal :

$$V = P \,.\, L \,.\, t \quad (5)$$

$V = 0{,}8\ m \,.\, 0{,}07\ m \,.\, 0{,}007\ m$
$= 0{,}000392\ m^3$
Massa = 0,000392 m^3 x 7850 kg/m^3 = 3,07 kg
Karena vertikal ada 2 maka 3,07 kg x 2 = 6,1 kg
Jadi, massa total pengaduk = 10,9 kg + 6,1 kg = 17 kg

Kebutuhan daya mesin pengaduk tanpa beban
Diketahui :
Massa poros = 31,58 kg
Massa pengaduk = 17 kg
r poros = 25 mm = 0,025 m
r pengaduk = 712 mm = 0,712 m

$$I_1 = \frac{1}{2} . m . r^2 \quad (6)$$

$$I_1 = \frac{1}{2} . 31{,}58 \text{ kg} . (0{,}025 \text{ m})^2$$
$$= 0{,}00986875\ kg.m^2$$

$$I_2 = \frac{1}{2} . \text{m pengaduk} . (\text{r pengaduk})^2 \quad (7)$$

$$I_2 = \frac{1}{2} . 17 \text{ kg} . (0{,}712 \text{ m})^2$$
$$= 4{,}309024\ kg.m^2$$

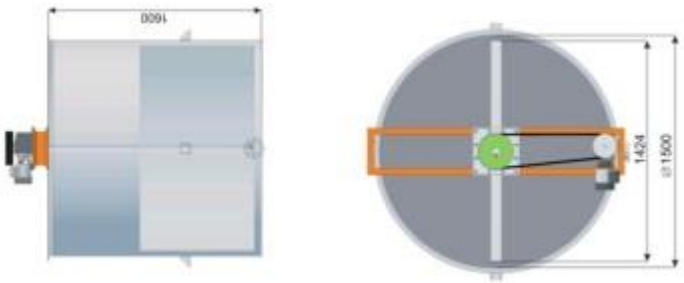
$$I_{total} = I_1 + I_2 \quad (8)$$

$$I_{total} = 0{,}00986875\ kg.m^2 + 4{,}309024\ kg.m^2$$
$$= 4{,}318\ kg.m^2$$

$$N_1 = I . \alpha \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{2.\pi.n^2}{60} = \frac{2 . 3{,}14 . (0{,}5)^2}{60} = 0{,}026\ rad/s$$

$$N_1 = I . \alpha$$
$$= 4{,}318\ kg.m^2 . 0{,}026\ rad/s$$
$$= 0{,}112\ HP$$



Gambar 1 Sketsa Perencanaan Mesin Pengaduk

Gambar 2 Tangki Pengaduk

Gambar 3 Middle Waste

Gambar 4 Neraca pegas

Untuk mecari N_2 dilakukan dengan sebuah percobaan. Alat-alat yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan tersebut yaitu :

1. Tangki berpengaduk dengan perbandingan skala kecil
2. Fluida yang diaduk (*Middle waste asbes*)
3. Neraca pegas 120 N

Setelah dilakukan percobaan sebanyak 3 kali diperoleh gaya pengadukan sebesar 3,5 kgf maka :

$$Mt = F \,.\, r \tag{10}$$

$Mt = 3{,}5\ kgf\ .10\ mm$
$= 35\ kgf.mm$

Karena perbandingan skala tangki 1 : 3 maka; 35 kgf.mm x 3 = 105 kgf mm

$$N_2 = \frac{Mt\ .n}{974000} \tag{11}$$

$$N_2 = \frac{105\ .30}{974000} = 0{,}003\ HP$$

$$N_{total} = \frac{N_1 + N_2}{\eta_n} \tag{12}$$

$$N_{total} = \frac{0{,}112\ HP + 0{,}003\ HP}{0{,}95}$$
$$= 0{,}121\ HP$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diputuskan dalam perencanaan mesin pengaduk middle waste asbes tersebut dengan menggunakan motor dengan daya 0,5 HP putaran 1400 rpm.

Perhitungan diameter poros [14]**,** [15] **:**

$$Mt = 974000\,\frac{N}{n} \tag{13}$$

$$Mt = 974000\,\frac{0{,}37285\ Kw}{30\ rpm}$$
$$= 12105{,}2\ kgf.mm$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{5{,}1\ .Mt\ .SF}{\sigma_{yp}}} \tag{14}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{5{,}1\ .12105{,}2\ .3}{49}}$$

$d \geq 15{,}57\ mm$

Direncanakan diameter poros sebesar 50 mm sehingga termasuk batas aman.

Perhitungan Pulley dan Belt [16]**,** [17]**,**[18]

Data-data yang direncanakan :

- Putaran pulley yang digerakkan (np1) = 30 rpm
- Jarak sumbu antar poros (c) = 600 mm = 23,622 inch
- Putaran pulley penggerak setelah direduksi = 46,6 rpm

Perhitungan diameter pulley penggerak

Maka pemilihan diameter pulley penggerak dan yang digerakkajn yang sesuai perbandingan tersebut adalah :

Diameter pulley yang digerakkan = 200 mm = 7,874 inch

Untuk mencari diameter pulley penggerak maka digerakkan rumus sebagai berikut :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \tag{15}$$

$$\frac{30}{46{,}6} = \frac{d_2}{7{,}874}$$

$d_2 = 5{,}069\ inch = 128{,}75\ mm$

Jadi diameter pulley penggerak sebesar 129 mm

Perhitungan panjang Belt

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{1}{4C}(d_2 - d_1)^2 \quad (16)$$

$$L = 2\,.600 + \frac{3{,}14}{2}(200 + 128{,}75) + \frac{1}{4\,.600}(200 - 128{,}75)^2$$
$$= 1718{,}23\ mm = 67{,}64\ inch$$

Dari tabel belt pada lampiran maka dipilih belt tipe B66 dengan panjang 67,8 inch = 1722,12 mm

Rekalkulasi jarak poros [12]

Dari hasil perhitungan panjang belt diatas maka rekalkulasi jarak poros dapat dihitung menggunakan rumus dibawah sebagai berikut :

$$C = \frac{2b + \sqrt{b^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{4} \quad \text{dimana} \quad (17)$$

$$b = L - \pi(R_1 + R_2) \quad (18)$$

$$b = 1722{,}12 - 3{,}14(200 - 128{,}75) = 1498{,}395$$

$$C = \frac{2\,.1498{,}395 + \sqrt{1498{,}395^2 - 8(200 - 128{,}75)^2}}{4}$$
$$= 1120{,}392\ mm$$

Pemilihan Belt

Dari tabel V-Belt yang sesuai yaitu tipe B dengan data sebagai berikut :

Lebar (D) = 17 mm

Tebal (h) = 11 mm

Kecepatan keliling Belt

Berdasarkan data di atas maka untuk kecepatan keliling belt dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$v = \frac{\pi\,.d_1.n_1}{60000} \quad (19)$$

$$v = \frac{3{,}14\,.200\,.30}{60000} = 0{,}314\ m/s$$

Gaya Overload Faktor

Perhitungan gaya yang akan dipindahkan dari pulley penggerak ke pulley yang digerakkan dari daya motor sebesar 0,5 HP = 0,37 KW adalah sebagai berikut :

$$F_{rated} = \frac{102\,.\,N}{v} \quad (20)$$

$$F_{rated} = \frac{102\,.0{,}37}{0{,}314} = 120{,}191\ kgf$$

Gaya Tarik efektif

Untuk mencari gaya tarik efektif pada belt dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_{efektif} = \rho\,.F_{rated} \quad (21)$$

$$F_{efektif} = 1{,}2\,.120{,}191\ kgf$$
$$= 144{,}229\ kgf$$

Perhitungan tegangan yang timbul akibat beban

σ_0 (tegangan awal) untuk V-belt = 12 kg/cm^2

φ_0 (titik kritis) untuk V-belt (0,7 – 0,9) dipilih 0,9

$$\sigma_d = 2\,.\sigma_0.\varphi_0 \quad (22)$$

$$\sigma_d = 2\,.12\,.0{,}9 = 21{,}6\ kg/cm^2$$

Jumlah Belt yang dibutuhkan (Z)

Dari perhitungan tegangan yang timbul akibat beban diatas maka akan dicari jumlah belt yang dipakai dengan menggunakan rumus dan perhitungan sebagai berikut :

$$Z = \frac{F_{efektif}}{\sigma_d.A} \quad (23)$$

$$Z = \frac{144{,}229\ kgf}{21{,}6\,.4{,}75} = 1{,}4 = 2\ buah$$

Jadi jumlah belt yang akan dipakai yaitu sebanyak 2 buah.

Tegangan Maksimum Yang Ditimbulkan (σ_{max})

Bahan belt yaitu *solid wolvn cotton* diketahui : $\gamma = 1{,}05\ kg/cm^3$

$E = 500\ kg/cm^3$

$F = 122{,}59\ (gaya\ keliling)$

$A = 1{,}87$

$h = 11\ mm$

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{F}{2\ .z\ .A} + E_b \frac{h}{D_{min}} + \gamma \frac{v^2}{10\ .g} \quad (24)$$

$$\sigma_{max} = 12 + \frac{144{,}229}{2\ .2\ .1{,}87} + 500\frac{11}{200} + 1{,}05\frac{0{,}314^2}{10\ .9{,}8}$$

$\sigma_{max} = 58{,}782\ kg/cm^2$

Jumlah Putaran Belt Per Detik

$$U = \frac{V}{L} \quad (25)$$

$$U = \frac{0{,}341}{1{,}7} = 0{,}2\ putaran/detik$$

Dimensi Pulley

Data tentang dimensi pulley untuk v-belt :

e = 10 mm

c = 2,5 mm

t = 12 mm

s s = 8 mm

φ_0 = dipilih 40^0

Dimensi pulley penggerak :

$$Dimensi\ Luar = D_{out} = d_1 + 2\ .c \quad (26)$$

$$D_{out} = 129 + 2\ .2{,}5$$
$$= 134\ mm$$

$$Dimensi\ Dalam = D_{in} = D_{out} - 2\ .e \quad (27)$$

$$D_{in} = 134 - 2\ .10$$
$$= 114\ mm$$

Dimensi pulley yang digerakkan :

$$Dimensi\ Luar = D_{out} = d_1 + 2\ .c \quad (28)$$

$$D_{out} = 200 + 2\ .2{,}5$$
$$= 205\ mm$$

$$Dimensi\ Dalam = D_{in} = D_{out} - 2\ .e \quad (29)$$

$$D_{in} = 205 - 2\ .10$$
$$= 185\ mm$$

Lebar Pulley

Jumlah v-belt yang digunakan = 2 buah (z = 2)

$$B = (z-1)\ t + 2\ .s \quad (30)$$

$$B = (2-1)\ 12 + 2\ .8 = 28\ mm$$

Sudut Kontak

$$\alpha = 180^o - \frac{d_2 - d_1}{c} 60^o \quad (31)$$

$$\alpha = 180^o - \frac{200 - 129}{172{,}22} 60^o$$
$$= 177{,}527^o = 3{,}09\ rad$$

Berat Pulley

Bahan pulley dipilih alloy steel AISI 1020 dengan density (ρ) = 7680 kg/m^2

Massa pulley 1 (m_1) :

$$m_1 = \rho \left(\frac{1}{4}\pi \,.\, d_1^2 \,.\, B\right) \quad (32)$$

$$m_1 = 7680 \left(\frac{1}{4} \,.\, 3{,}14 \,.\, 0{,}129^2 \,.\, 0{,}028\right) = 2{,}8\ kg$$

$$m_2 = \rho \left(\frac{1}{4}\pi \,.\, d_2^2 \,.\, B\right) \quad (33)$$

$$m_2 = 7680 \left(\frac{1}{4} \,.\, 3{,}14 \,.\, 0{,}2^2 \,.\, 0{,}028\right) = 6{,}752\ kg$$

Perencanaan Bantalan [19]

Pada mesin pengaduk ini direncanakan bantalan gelinding *axial flange bearing* yang didalamnya terdapat 3 unit bearing dengan data-data sebagai berikut :

1. *Thrust ball bearing* 51410
   d = 50 mm
   D = 110 mm
   B = 43 mm
   C = 255000 N
   C_0 = 338000 N
2. *Deep Groove Ball bearing* 6310
   d = 50 mm
   D = 110 mm
   B = 27 mm
   C = 4850 Kgf = 47562 N
   C_0 = 3650 Kgf = 35794 N
3. *Angular Contact Ball Bearing* 3310
   d = 50 mm
   D = 110 mm
   B = 44,4 mm
   C = 90000 N
   C_0 = 64000 N

Data lain sebagai pendukung :
V = 1 (ring dalam yang berputar)
b = 2 (untuk bantalan gelinding)

$$P = V \,.\, F \quad (34)$$

$P = 1 \,.\, 118711{,}46$ N
$P = 118711{,}46$ N
n = 30 rpm

Perhitungan Pasak

Dari hasil perhitungan yang sudah ada maka didapat data-data yang menunjang perhitungan pasak adalah sebagai berikut :

a. Torsi poros didapat sebesar = 1050 lb.in
b. Diameter poros didapat sebesar = 50 mm = 1,968 inch
c. Dengan melihat lampiran maka dengan diameter 50 mm maka diperoleh data sebagai berikut :

Diperoleh lebar pasak (W) = 15 mm dan tinggi pasak (H) = 10 mm

Bahan Pasak

Untuk bahan pasak dipilih AISI 1015 dengan data sebagai berikut :
S_{yp} = 45,5 Ksi = 45500 Psi
Konfersi tegangan geser (Ks) dipilih 0,6
Konfersi tegangan kompresi (Kc) dipilih 1,2
Angka keamanan (N) dipilih 3

Menghitung Panjang Pasak Untuk Tegangan Geser

Panjang pasak untuk dapat dihitung dengan menggunakan data-data yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya, Sehingga besar dari panjang pasak untuk tegangan geser dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L \geq \frac{2 \,.T \,.N}{K_s \,.S_{yp} \,.W \,.D} \tag{35}$$

$$L \geq \frac{2 \,.1050 \,.3}{0{,}6 \,.45500 \,.0{,}59 \,.1{,}968}$$

$$L \geq 0{,}198 \; inch$$

Menghitung Panjang Pasak Untuk Tegangan Kompresi

$$L \geq \frac{4 \,.T \,.N}{K_c \,.S_{yp} \,.H \,.D} \tag{36}$$

$$L \geq \frac{4 \,.1050 \,.3}{1{,}2 \,.45500 \,.0{,}393 \,.1{,}968}$$

$$L \geq 0{,}3 \; inch$$

Jadi supaya aman panjang pasak yang digunakan harus lebih besar dari 0,3 inch atau 7,6 mm. Jadi panjang pasak kita samakan dengan tebal pulley yaitu 28 mm

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat direncanakan sebuah mesin pengaduk middle waste asbes kapasitas 2500 liter dengan diameter tangki sebesar 1500 mm dan tinggi tangki sebesar 1600 mm. Untuk jenis pengaduk menggunakan pengaduk jenis paddle karena sangat cocok dengan kebutuhan putaran pengadukan yang rendah yaitu sebesar 30 rpm. Setelah dilakukan berbagai perhitungan elemen mesin yang ada maka dapat disimpulkan bahwa mesin pengaduk middle waste asbes ini menggunakan daya motor sebesar 0,5 HP dengan putaran 1400 rpm dan menggunkan reducer 1:30 sehingga putaran setelah direduksi yaitu sebesar 46,6 rpm. Dengan menggunakan perbandingan pulley penggerak sebesar 129 mm dan pulley yang digerakkan sebesar 200 mm maka dapat dihasilkan putaran mesin yang sesuai dengan kebutuhan yaitu sebesar 30 rpm. Untuk diameter poros pengaduk sebesar 50 mm dengan bahan baja ST70 dan menggunakan bantalan axial jenis flange bearing. Setelah mesin pengaduk ini dirancang dan digunakan terbukti sangat membantu efisiensi waktu dalam proses pengolahan waste. Dengan adanya mesin pengaduk ini penumpukan waste sudah tidak lagi terjadi karena waste dapat segera diproses untuk kembali masuk ke proses produksi yang tentunya sangat menguntungkan perusahaan karena dapat memperoleh untung sebesar-besarnya dari pengolahan waste tersebut.

Daftar Pustaka

[1] S. Pakpahan and Ehsy, “Peningkatan Produktivitas Pada PT. Hamson Indonesia,” *J. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. Vol. 06, N, pp. 411–434, 2017.

[2] M. Bahrudin and H. C. Wahyuni, “Pengukuran Produktivitas Kerja Karyawan pada Bagian Produksi dengan Menggunakan Metode Objective Matrix (OMAX) Dan Root Cause Analyze (RCA),” *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 116, 2018.

[3] B. Orr, A. Akbarzadeh, M. Mochizuki, and R. Singh, “A review of car waste heat recovery systems utilising thermoelectric generators and heat pipes,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 101, pp. 490–495, 2016.

[4] R. N. Yusfi and T. P. Damanhur, “Study Of Solid Waste Characteristics And Recycle Potential In Cikapundung Riverbanks,” *J. Tek. Lingkung.*, vol. 18, no. 2, pp. 155–166, 2012.

[5] S. K. Loh, S. James, M. Ngatiman, K. Y. Cheong, Y. M. Choo, and W. S. Lim, “Enhancement of palm oil refinery waste - Spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their

effects on crop biomass growth," *Ind. Crops Prod.*, vol. 49, pp. 775–781, 2013.

[6] D. Rahno, J. Roebijoso, and A. S. Leksono, "Pengelolaan Limbah Medis Padat di Puskesmas Borong Kabupaten Manggarai Timur Propinsi Nusa Tenggara Timur," *Jurnsal Pembang. dan Alam Lestari*, 2015.

[7] X. Fang, Z. Xu, Y. Luo, L. Ren, and W. Hua, "Removal of Radionuclides from Laundry Wastewater Containing Organics and Suspended Solids Using Inorganic Ion Exchanger," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 31, no. 23, pp. 375–381, 2016.

[8] S. Rahayuningsih and J. A. Pradana, "Identifikasi Penerapan Dan Pemahaman Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Dengan Metode Hazard And Operability Study (Hazop) Pada UMKM Eka Jaya," *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 20, 2019.

[9] A. . Lee and H. Nikraz, "BOD: COD Ratio as an Indicator for River Pollution," *Int. Proc. Chem. Biol. Environ. Eng.*, 2015.

[10] J. Nathaniel, J. Dewanto, and S. N. Dharma, "Perancangan Mesin Pemotong Kawat Bendrat Di Pt . Surabaya Wire," *J. Tek. Mesin, Vol. 16, No. 2, Oktober 2016*, vol. 16, no. 2, pp. 33–40, 2016.

[11] T. Caraka, R. Alimin, and S. Lapangan, "Perancangan Mesin Pengikat Sendok Beserta Lengan Pengambil Sendok Tiga Axis Di Pt . X," vol. 16, no. 2, pp. 57–63, 2016.

[12] Robiansyah, "Perancangan Mesin Pencacah Pelepah Sawit Untuk Pakan Ternak Sapi," vol. 6, no. 2003, p. 2006, 2006.

[13] Y. Gao and D. Yu, "Total variation on horizontal visibility graph and its application to rolling bearing fault diagnosis," *Mech. Mach. Theory*, vol. 147, p. 103768, 2020.

[14] A. Aschenbrenner, B. Schleich, S. Tremmel, and S. Wartzack, "A variational simulation framework for the analysis of load distribution and radial displacement of cylindrical roller bearings," *Mech. Mach. Theory*, vol. 147, p. 103769, 2020.

[15] Z.-G. Wang and Y.-C. Chen, "Design of a helical gear set with adequate linear tip-relief leading to improved static and dynamic characteristics," *Mech. Mach. Theory*, vol. 147, p. 103742, 2020.

[16] G. R. Pennock, "Reflecting on the life of Kenneth H. Hunt and his contributions to Mechanism," *Mech. Mach. Theory*, vol. 147, p. 103749, 2020.

[17] H. Gangadia, S. Sheth, and P. Chauhan, "Design & Modeling of Special Purpose Equipment for Shell-diaphragm Welding in Conveyor Pulley," *Procedia Technol.*, vol. 14, pp. 497–504, 2014.

[18] U. Sudeep, N. Tandon, and R. K. Pandey, "Friction and Vibration Behaviors of Lubricated Laser Textured Point Contacts under Reciprocating Rolling Motion with Highlights on the Used Laser Parameters," *Procedia Technol.*, vol. 14, pp. 4–11, 2014.

[19] Y. Kuncoro, "Penelitian terhadapa Bantalan Poros Kereta yang Berkarburising dengan Arang Kayu Mahoni, Arang Tempurung Kelapa dan Arang Sekam Padi menggunakan Pemanasan Konvensional," Universitas Muhammdiyah Surakarta, 2013.