

Perancangan Mesin Pengaduk (Mixer) Bahan Silase sebagai Pakan Ternak Kapasitas 200 Kg/15 Menit untuk Peternakan SapiBos Farm di Sumedang

Riky Adhiharto ^{1*}, Aini Fadhlih Hanifah ², Otto Purnawarman ³

¹ Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Politeknik Manufaktur Bandung

² Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

³ Program Studi Teknologi Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

* riky@de.polman-bandung.ac.id

Abstrak

Dalam memenuhi kebutuhan pangan yang semakin meningkat, sektor peternakan sapi memiliki peran pada penyediaan jumlah ternaknya. Pakan ternak merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan. Umumnya pakan sapi berupa hijauan dan konsentrat. Akan tetapi terdapat teknologi pakan seperti pembuatan silase untuk kebutuhan persediaan ketika musim kemarau tiba. Dalam membuat silase dibutuhkan proses pengadukan. SapiBos Farm merupakan salah satu peternakan yang mengolah silase untuk ketersediaan pakan ternaknya. Mesin existing yang digunakan mengalami masalah pada bagian poros pengaduk yang slip dan pintu pengeluaran hasil campuran pun tersendat. Oleh karena itu, ditawarkan sebuah solusi rancangan mesin pengaduk bahan silase yang dilakukan dengan metode perancangan VDI2222. Dalam perancangannya, dilakukan kontrol kekuatan poros, rantai sebagai transmisi, dan kekuatan penampung melalui CAE Solidworks. Mesin memiliki dimensi terluar 1277 mm x 1764 mm x 2021 mm menggunakan motor 1 fasa 0,12 kW sebagai sumber penggerakannya dan kapasitas penampung 543 liter serta massa mesin yaitu 554 kg.

Kata Kunci: mesin pengaduk, silase, pakan ternak, sapi, VDI 2222

Pendahuluan

SapiBos Farm merupakan salah satu perusahaan ternak sapi yang menjadikan silase sebagai salah satu pakan untuk proses penggemukan ternaknya. Bahan yang digunakan sebagai pembuatan silase yaitu potongan batang jagung, dedak padi, dan molase (tetes tebu). Silase merupakan pakan ternak yang diproduksi melalui proses pengawetan pakan hijauan, limbah hasil industri pertanian, atau bahan lain yang mengandung kadar air dengan tingkat tertentu (Untari, 2008). Bahan-bahan tersebut disimpan dalam sebuah silo dengan kondisi anaerob (proses tanpa udara/oksigen). Kondisi silo yang kedap udara bertujuan untuk menghambat pertumbuhan jamur selama penyimpanan dan agar dapat terjadi proses fermentasi. Tujuan utama pembuatan silase yaitu memaksimalkan pengawetan kandungan nutrisi yang terdapat pada hijauan atau bahan pakan ternak

lainnya agar dapat disimpan untuk jangka waktu yang lama (Said, 2016), meskipun kualitas nutrisi silase tidak dapat disamakan dengan hijauan yang masih segar. Oleh karena itu, pembuatan silase dapat menjadi salah satu cara peternak dalam melakukan penyediaan pakan ternak ketika musim kemarau tiba, karena adanya keterbatasan sumber pakan hijauan. Setiap peternak dapat membuat silase dari berbagai macam hijauan dan konsentrat serta penentuan komposisi yang berbeda dengan peternak lainnya. Salah satu jenis silase yang dapat dijumpai yaitu silase tebon jagung yang dibuat dengan bahan dasar potongan batang jagung, dedak padi, dan molase. Semua bahan tersebut kemudian dicampur dan di fermentasikan didalam tong penyimpanan sebelum nantinya siap diberikan sebagai pakan sapi ternak. Proses pencampuran fermentasi silase dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencampuran dan fermentasi bahan pembuatan silase secara manual
Sumber: SapiBos Farm, 2022

Berdasarkan data hasil kunjungan ke SapiBos Farm, perusahaan memiliki mesin pengaduk dengan kapasitas 250 kg. Akan tetapi, pihak perusahaan menambah kapasitas penampung menjadi 500 kg. Mesin pengaduk tersebut seringkali mengalami kendala pada bagian pemutar pengaduk yang slip dan saluran pengeluaran campuran bahan silase yang tersendat. Tipe pemutar pengaduk yang digunakan berupa helical ribbon dengan pemasangan horizontal. Tampilan mesin pengaduk existing dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin pengaduk existing milik SapiBos Farm

Pada penelitian Atmoko et al., (2020) diperoleh mesin pengaduk horizontal dengan tipe pemutar pengaduk *double helical ribbon* untuk mengaduk pakan ternak sapi dengan karakteristik bahan berupa bubuk, sedangkan komposisi pakan ternak yang perlu diaduk untuk pembuatan silase SapiBos Farm yaitu potongan batang jagung, dedak, dan molase

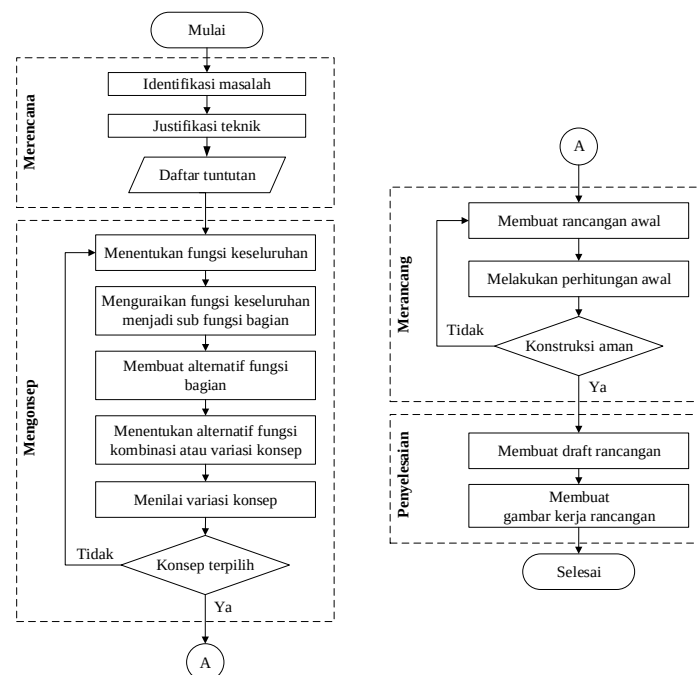
yang menunjukkan bahwa bahan pakan ternak yang diaduk dari penelitian yang telah ada memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan pakan yang digunakan oleh SapiBos Farm.

Di samping itu, sudah terdapat penelitian yang menghasilkan mesin pengaduk pakan basah dengan komposisi konsentrat kering, ampas tahu, cacahan rumput, dan air (Diharjo, 2005). Mesin pengaduk pakan basah tersebut memiliki kapasitas volume sebesar 50 liter untuk 6 sapi dalam satu kali penggunaan, sedangkan kapasitas yang diinginkan SapiBos Farm adalah mendekati 500 kg dalam waktu satu jam.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan rancangan mesin pengaduk yang baru, karena tipe pengaduk pada mesin *existing* umumnya digunakan untuk bahan berupa bubuk. Selain itu, perlu dirancang fungsi bagian yang dapat meminimalisir tersendatnya proses pengeluaran hasil campuran.

Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan dalam perancangan mesin ini yaitu metode VDI 2222 berdasarkan buku (Wittel, 2015) dengan tahapan utamanya yaitu (1) merencana; (2) mengonsep; (3) merancang; dan (4) penyelesaian. Diagram alir tahap metode perancangan mesin pengaduk bahan silase dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir perancangan mesin pengaduk bahan silase

Tahap Merencana

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada mesin *existing* di SapiBos Farm. SapiBos Farm membutuhkan mesin pengaduk bahan pembuatan silase yang terdiri atas potongan batang jagung, dedak padi, dan molase. Metode pengumpulan data sebagai dasar perancangan dan perencanaan solusi rancangan di antaranya survei ke SapiBos Farm di Sumedang, diskusi, dan studi literatur. Volume mesin yang dirancang

mengacu pada mesin *existing*, karena perhitungan komposisi bahan silase tebon jagung berdasarkan studi literatur berbeda dengan perhitungan proporsi mesin *existing*. Adapun tipe pengaduk pada mesin *existing* yaitu *double helical ribbon* tidak dapat digunakan pada bahan campuran pembuatan silase di SapiBos Farm, sebab tipe tersebut umumnya digunakan untuk bahan dengan karakteristik berupa bubuk.

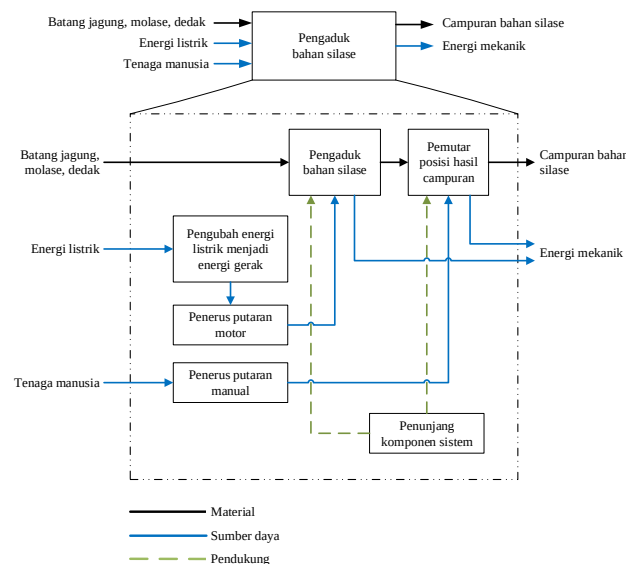
Melalui tahap merencana, diperoleh daftar tuntutan sebagai luarannya. Daftar tuntutan didapatkan berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan telah melalui proses justifikasi teknik. Daftar tuntutan mesin pengaduk bahan silase ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar tuntutan mesin pengaduk

Tuntutan	Keterangan
<i>Tuntutan Utama</i>	
Kapasitas	200 kg/15 menit
Aktuator	Motor listrik 1 fasa (daya < 3,5 kW)
Dimensi Mesin	Lebar < 1500 mm
<i>Tuntutan Tambahan</i>	
Mudah perakitan	Dapat dibongkar-pasang (modular)
Mudah pengoperasian	Dapat dioperasikan orang awam
Mudah perawatan	Dilakukan pada jangka waktu yang lama

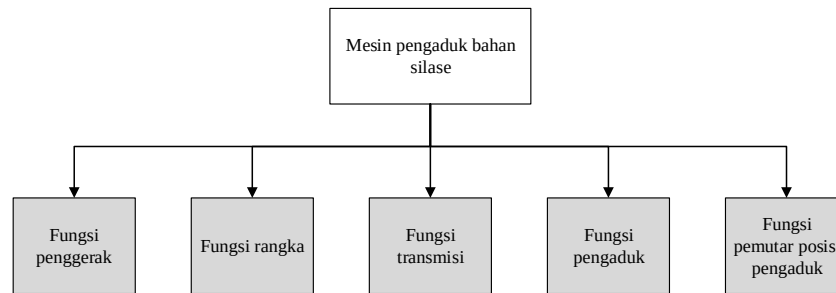
Tahap Mengonsep

Fungsi utama dari mesin yang dirancang yaitu mengaduk bahan pembuatan silase menjadi campuran homogen sebelum dimasukkan ke dalam silo kedap udara. Untuk memudahkan pendefinisian fungsi bagian yang dibutuhkan pada mesin, dibuat *black box* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



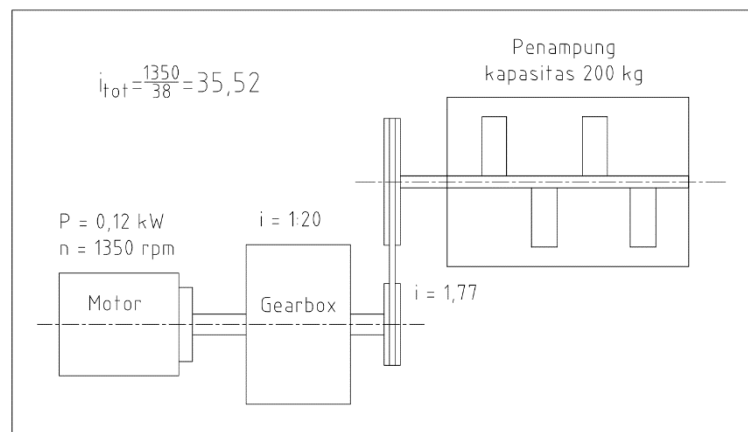
Gambar 4. Black box dan struktur fungsi mesin pengaduk

Semua fungsi bagian pada *black box* diuraikan ke dalam diagram fungsi keseluruhan mesin pengaduk yang ditampilkan pada Gambar 5. Mesin pengaduk terdiri atas fungsi penggerak, fungsi rangka, fungsi transmisi, fungsi pengaduk, dan fungsi pemutar posisi pengaduk.



Gambar 5. Diagram fungsi keseluruhan mesin pengaduk

Setelah fungsi bagian mesin pengaduk bahan silase telah terdefinisi, dibuat layout perencanaan konsep mesin yang akan dirancang. Layout konsep mesin dapat dilihat pada Gambar 6. Pembuatan layout membantu proses pembuatan konsep mesin pada tahap selanjutnya.



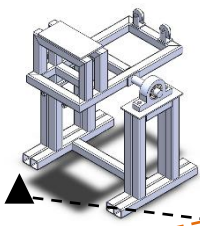
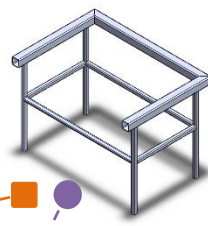
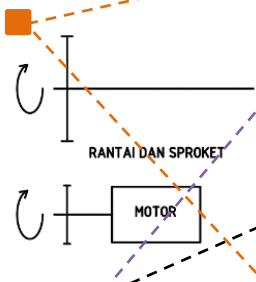
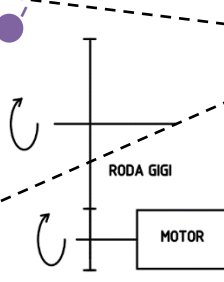
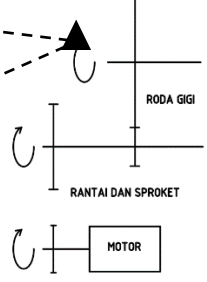
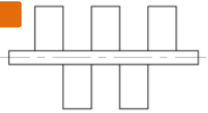
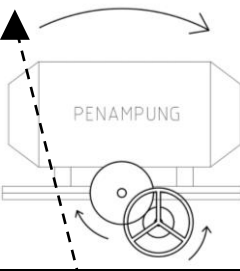
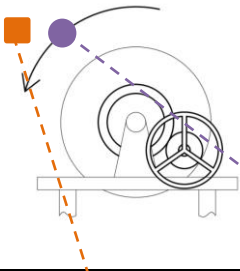
Gambar 6. Layout perencanaan konsep

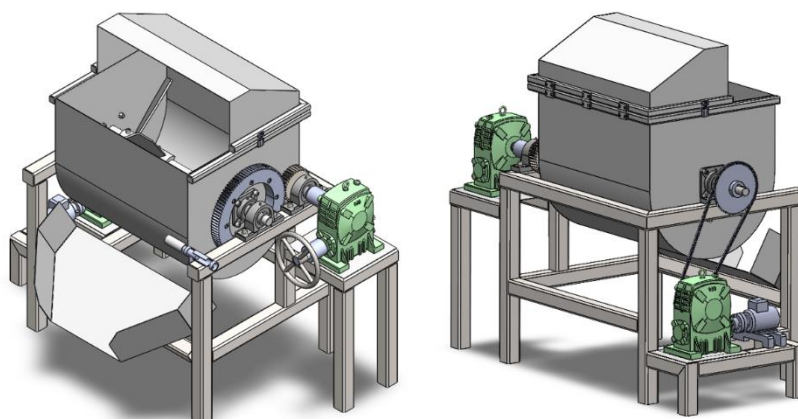
Berdasarkan *layout* perencanaan konsep yang telah dibuat, dilakukan tahap penentuan alternatif konstruksi dengan bantuan pembuatan kotak morfologi yang dapat dilihat pada Tabel 2. Alternatif dari setiap fungsi bagian dikombinasikan satu sama lain, sehingga diperoleh tiga varian konsep. Untuk mendapatkan konsep yang paling optimal, dilakukan proses penilaian menggunakan VDI 2205. Penilaian tersebut mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis.

Tahap Merancang

Melalui penilaian yang dilakukan, varian konsep 2 terpilih sebagai konsep yang dinilai paling optimal. Varian konsep ini menggunakan satu sistem rangka sebagai penunjang, transmisi berupa rantai dan *sprocket*, pengaduk berupa poros berputar, dan pemutar posisi pengaduknya sejajar dengan sumbu pengaduknya. Pada tahap merancang, dilakukan proses pendetailan konsep varian yang terpilih (VK2). Tampilan varian konsep terpilih dapat dilihat pada Gambar 7. Dalam membuat detail konsep, harus diperhatikan perhitungan komponen-komponennya dan memastikan bahwa mesin dapat berfungsi.

Tabel 2. Kotak morfologi

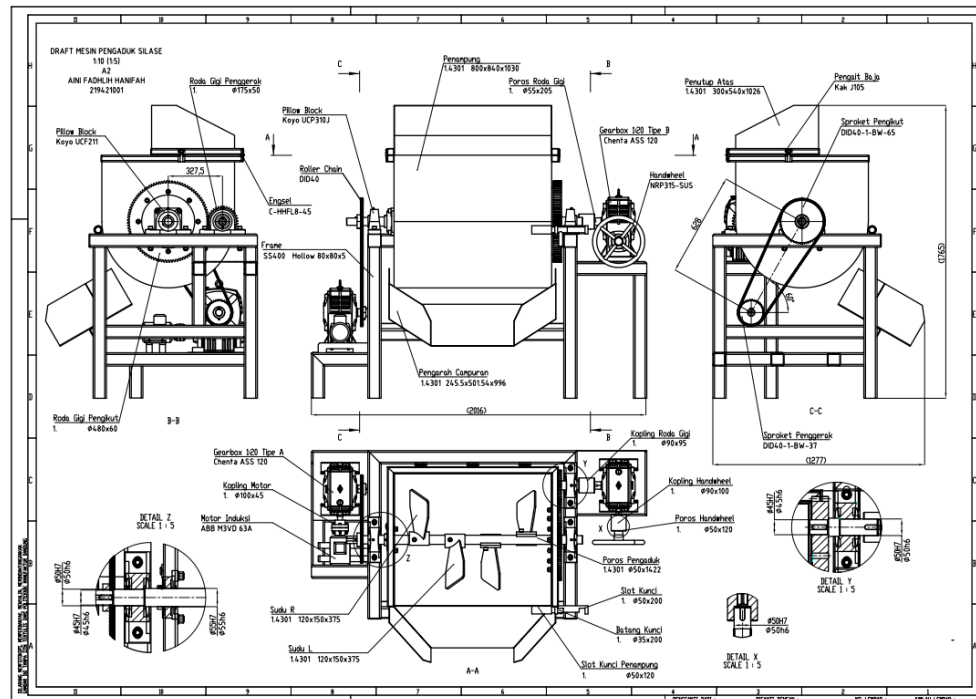
Fungsi Bagian	Alternatif Konstruksi		
	1	2	3
Fungsi Rangka			
Fungsi Transmisi			
Fungsi Pengaduk			
Fungsi Pemutar Posisi Pengaduk			
Varian Konsep	VK1	VK2	VK3



Gambar 7. Alternatif varian konsep mesin pengaduk terpilih

Tahap Penyelesaian

Tahap penyelesaian merupakan akhir dari proses yang dilakukan pada metode perancangan VDI 2222. Aktivitas yang dilakukan yaitu membuat gambar detail untuk mendapatkan gambar kerja susunan dan bagian. Berikut merupakan dokumen hasil rancangan mesin pengaduk bahan silase yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Draft rancangan mesin pengaduk bahan silase

Hasil dan Pembahasan

Untuk memastikan bahwa mesin hasil rancangan dapat memenuhi fungsi, dilakukan kajian perhitungan dan validasi rancangan. Bagian utama yang perlu diperhatikan pada rancangan mesin terdiri atas (1) daya yang dibutuhkan untuk mengaduk dan (2) kontrol poros pengaduk.

Jumlah Putaran yang dibutuhkan

Berdasarkan hasil penelitian (Iswar et.al., 2020), jumlah putaran yang digunakan pada mesin pengaduk memengaruhi efisiensi waktu pengadukan. Oleh karena itu, dalam menentukan jumlah putaran dilakukan perhitungan perbandingan data penelitian (Rahmanda et al., 2014) yang memiliki karakteristik bahan campuran yang mendekati, yaitu rumput dan tetes tebu.

- Jumlah putaran mesin penelitian : 65 rpm
- Volume mesin penelitian : 953 liter/15 menit
- Volume mesin yang dirancang : $x = 543$ liter/15 menit
- Jumlah putaran mesin yang dirancang : nx

$$Rasio = \frac{65 \text{ rpm}}{953} = 0,068 \frac{\text{rpm}}{L} \quad (1)$$

$$n_x = Rasio \times x = 37,036 \text{ rpm} \quad (2)$$

Jumlah putaran yang dibutuhkan menurut hasil perhitungan sebesar 37,036 rpm. Untuk memudahkan perhitungan, jumlah putaran dibulatkan menjadi 38 rpm.

Daya Motor

Motor merupakan penggerak untuk memberikan daya pada poros pengaduk untuk proses pengadukan bahan campuran. Daya motor dipengaruhi oleh besar inersia massa berputar dan gaya pengadukan yang terjadi ketika proses pengadukan. Perhitungan gaya pengadukan mengacu pada Agustin (2015). Dalam mentransmisikan daya dan torsi ke poros pengaduk, diperlukan elemen transmisi. Elemen transmisi tersebut juga memiliki efisiensinya masing-masing, sehingga daya motor harus dipastikan tetap mampu memenuhi daya yang dibutuhkan hingga ke poros. Transmisi yang digunakan berupa rantai dan sprocket serta gearbox.

- Gaya pengadukan : $F_D = 6,462 \times 10^{-9} \text{ N}$
- Inersia massa : $I_x = 0,789 \text{ kg.m}^2$
- Kecepatan rotasi : $n = 38 \text{ rpm}$
- Percepatan sudut : $\alpha = 13 \text{ rad/s}^2$
- Tebal pipaudukan sudu : $t = 20 \text{ mm}$
- Jarak titik berat penampang sudu : $r = 178,15 \text{ mm}$
- Diameter poros : $d_p = 55 \text{ mm}$
- Efisiensi total transmisi : $\eta_{total} = 0,64$

$$T_{butuh} = (I \times \alpha) + \left(F_{Dtot} \left(r + t + \left(\frac{d_p}{2} \right) \right) \right) \quad (3)$$

$$P' = T_{butuh} \times n = 0,041 \text{ kW} \quad (4)$$

$$P = \frac{P'}{\eta_{total}} = 0,064 \text{ kW} \quad (5)$$

Daya yang dibutuhkan sistem pada mesin pengaduk sebesar 0,064 kW. Besar daya motor yang digunakan harus melebihi besar daya sistem. Dipilih motor dengan daya 0,12 kW dengan jumlah putaran 1350 rpm. Untuk memenuhi jumlah putaran yang dibutuhkan pada poros pengaduk, dilakukan perhitungan rasio elemen transmisi.

Poros Pengaduk

Poros pengaduk adalah salah satu komponen utama pada mesin pengaduk bahan silase. Poros pengaduk pada konstruksi ini menerima pembebanan berupa (1) gaya berat dari penampung dan produk; (2) gaya yang dihasilkan rantai dan sprocket; serta (3) momen puntir yang terjadi pada poros.

- Material poros : 1.4301
- Yield strength : 240 MPa
- Tegangan normal sumbu-x : 45,877 MPa
- Tegangan normal sumbu-y : 0 MPa
- Tegangan normal sumbu-z : 22,991 MPa

Menghitung Tegangan yang Terjadi

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + T_{xy}^2} = 55,416 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + T_{xy}^2} = -9,539 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\sigma_{12} = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 \times \sigma_2) + \sigma_2^2} = 60,75 \text{ MPa} \quad (8)$$

Tegangan ekuivalen (von Mises) yang terjadi pada poros pengaduk berdasarkan perhitungan yaitu 60,75 MPa. Untuk meningkatkan keamanan, dilakukan perbandingan besar *safety factor*. Dengan kasus beban bengkok berganti dan torsi yang statis, besar *safety factor* minimal sebesar 1,2. Melalui hasil perhitungan manual tegangan ekuivalen, *safety factor* yang dihasilkan sebesar 3,9 yang artinya aman (lebih besar dari *safety factor* minimal).

Menghitung Defleksi yang Terjadi

Adanya pembebanan berlebih pada suatu komponen dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan. Kegagalan tersebut dapat berupa adanya defleksi.

- Gaya berat penampang dan produk : P = 1540,903 N
- Modulus elastisitas material : E = 200.000 MPa
- Diameter poros terkecil : d = 45 mm
- Jarak antar tumpuan : 1172 mm
- Momen inersia penampang poros : I = 201288,959 mm⁴
- Jarak antara titik beban dengan tumpuan kiri : a
- Jarak antara titik beban dengan tumpuan kanan : b

$$\delta_{1maks} = \frac{P_1 \times b \times a}{6 \times E \times I \times L} (L^2 - b^2 - a^2) = -0,105 \text{ mm} \quad (9)$$

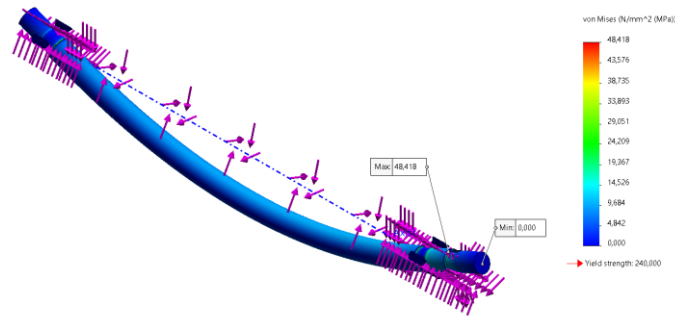
$$\delta_{2maks} = \frac{P_2 \times b \times a}{6 \times E \times I \times L} (L^2 - b^2 - a^2) = -0,105 \text{ mm} \quad (10)$$

$$\delta_{maks} = \delta_{1maks} + \delta_{2maks} = -0,209 \text{ mm} \quad (11)$$

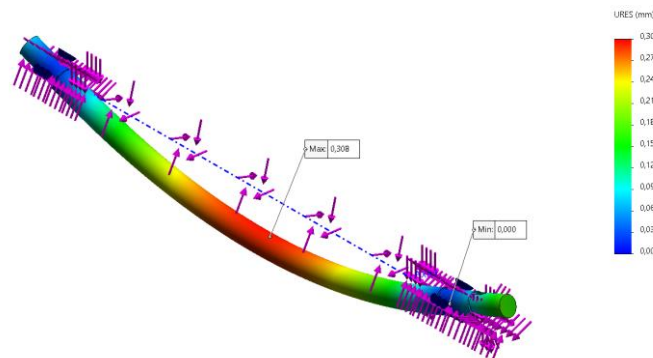
Besar defleksi yang terjadi pada poros dapat mencapai 0,209 mm. Defleksi yang diizinkan didapat melalui perhitungan panjang dibagi 360 dengan hasil 3,256 mm. Defleksi yang terjadi pada poros lebih kecil dibandingkan besar defleksi yang diizinkan, sehingga dapat dikatakan aman.

Validasi Menggunakan CAE Solidworks

Untuk memvalidasi hasil perhitungan, dilakukan uji simulasi CAE pada *software Solidworks*. Pada aktivitas ini, diperlukan input data berupa model tiga dimensi poros, material yang digunakan, besar pembebanan, dan penentuan besar meshing. Tampilan hasil simulasi metode hitung tegangan von Mises pada *software Solidworks* dapat dilihat pada Gambar 9, sedangkan hasil simulasi defleksi ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Hasil simulasi tegangan von Mises CAE Solidworks



Gambar 10. Hasil simulasi defleksi CAE Solidworks

Tabel 2. Perbandingan besar tegangan hasil simulasi poros dengan CAE Solidworks

Analisis	Ukuran Meshing	Tegangan Bengkok Maksimum	Defleksi	FOS	Total Elemen
1	10 mm	34,214 MPa	0,308 mm	7	25646
2	8 mm	37,364 MPa	0,308 mm	6,4	44366
3	6 mm	39,615 MPa	0,308 mm	6,1	113595
4	4 mm	41,359 MPa	0,308 mm	5,8	262597
5	2 mm	48,418 MPa	0,308 mm	5	1549721
6	1.5 mm	45,292 MPa	0,308 mm	5,3	2971216
Manual		60,75 MPa	0,209 mm	3,9	-

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan manual dan simulai mengenai tegangan dan defleksi yang terjadi pada poros pengaduk, terdapat perbedaan nilai. Pada simulasi CAE Solidworks, tegangan terbesar didapat pada *meshing* dengan ukuran 2 mm, namun besar tegangan dan defleksi yang terjadi masih tergolong aman, bahkan memiliki *safety factor* yang lebih besar dibandingkan hasil perhitungan manual.

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan mengenai mesin pengaduk bahan silase, diperoleh mesin pengaduk bahan silase dengan kapasitas 200 kg/15 menit. Dimensi terluar mesin 1277 mm x 1764 mm x 2021 mm dengan massa 554 kg. dimensi tersebut

memenuhi tuntutan, karena lebar mesin kurang dari 1500 mm. Jumlah putaran yang digunakan pada mesin pengaduk sebesar 38 rpm, sumber penggerak motor listrik dengan daya sebesar 0,12 kW. Daya tersebut memenuhi daftar tuntutan yaitu kurang dari 3,5 kW. Tegangan dan defleksi yang terjadi pada poros pengaduk atas pembebanan yang diterima berada dalam kondisi aman, karena besarnya tidak melebihi batas maksimum.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kami ucapkan kepada Peternakan SapiBos Farm, Desa Cisu, RT.01/RW.01, Kampung Bojong, Kec. Cisu, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dan Politeknik Manufaktur Bandung.

Referensi

- Atmoko, N. T., Jamaldi, A., S., & Yulianto, Y. K. (2020). Rancang Bangun Mesin Mixer Pencampur Pakan Ternak Sapi untuk Peningkatan Kesejahteraan UKM Sumber Rejeki di Kabupaten Karanganyar. *Prosiding Seminar Nasional Unimus, Surakarta*.
- Diharjo, K. (2005). Mesin Pencampur Pakan Sapi Basah Sapi Perah untuk Peternak Menengah ke Bawah. *Media Mesin*, 6(1), 9-16.
- Wittel, H. (2019). *Roloff/Matek Maschinenelemente*. Germany: Springer Vieweg.
- Iswar, M., Salam, A., Taufik, L., Haj, A., & Iqbal, M. (2020). Modifikasi Mesin Pencampur Bahan Pakan Ternak. *Sinergi*, 18(1), 29-40.
- Rahmanda, J. D., & Warsito, W. (n.d.). Perencanaan Mesin Pencampur Pakan Ternak Berupa Rumpuk dengan Tetes Tebu Kapasitas 750 Kg/15 Menit (pp. 62-70).
- Agustin, P. D. (2015). Analisis Gaya dan Daya pada Alat Pengaduk Mesin 3 in 1 Pembuat Kerupuk Sermier dengan Kapasitas 36 Kg/Jam (Tugas Diploma III). Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Untari, S. (2008). *Pengantar Produksi Hijauan Pakan Ternak*. Semarang: Semarang University Press.
- Said, S. (2016). *Penyediaan Pakan Sapi Berbahan Baku Lokal di Nusa Tenggara Barat*. Jakarta: LIPI Press.