

SIMULASI PEMBEBANAN PADA RANGKA MESIN FUNGSI HYBRID PENGUPAS BIJIH JAGUNG BERBASIS ELEMEN HINGGA

Hery Irawan¹, Hanif Fakhriawan Zany², Sukendro Broto Sasongko³
^{1,2,3}Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
ssasongko619@gmail.com

Abstrak—Penelitian awal mendapatkan bahwa ketinggian mesin 150 cm memudahkan operator saat mengoperasikan mesin. *Free body diagram* menunjukkan distribusi pembebanan pada rangka pendukung mesin. Kemudian simulasi virtual pembebanan pada rangka mesin diteliti dengan mengaplikasikan metode elemen hingga pada tahap pembebanan dan analisa tegangan-regangan. Tegangan dan *displacement* diteliti dengan metode *Von Misses*. *Prinsipal stress* orde ke-1 dan orde ke-3 diaplikasikan untuk analisa tegangan-regangan. Hasil penelitian menunjukkan gaya $F_1 = 17 \text{ lbf}$ (68.6 N) dan $F_2 = 11.023 \text{ lbf}$ (49,03 N). Tegangan maksimum yang ditumpu rangka mesin sekitar 0,09 Mpa. *Displacement* maksimum terjadi sekitar 0,01 mm. Dengan menerapkan nilai-nilai *safety factor* pada simulasi pembebanan, tegangan maksimum rangka 0,69 Mpa. Sehingga *diplacement* 1 % membuat mesin cukup kuat menopang berat mesin. Efisiensi waktu proses produksi yang dihasilkan pada mesin fungsi ganda meningkat 15% dari yang dihasilkan mesin tipe fungsi tunggal.

Kata Kunci— tegangan; regangan; *displacement* pada rangka, waktu produksi mesin.

Abstract—*Preliminary investigation obtains that the elevation of the machine of about 150 cm ease man while operating the machine. Free body diagram illustrates forces distribution on the supporting frame. Thus, virtual simulation of forces to the supporting frame applies finite element method to the stage investigating to load and stress-strain. Stress and displacement are investigated by using Von Misses method. Principal stress 1st order and 3th order also are applied for investigating stress -strain. The simulation results are revealed $F_1 = 17 \text{ lbf}$ (68.6 N) and $F_2 = 11.023 \text{ lbf}$ (49,03 N). The maximum stress appearing at the frame of machine is about of 0,09 Mpa. Displacement reaches maximum is at 0,01 mm. By applying safety factor to the machine frame, maximum stress to the machine frame is obtained 0,69 Mpa. So that, 1% displacement performs the machine frame is strong enough to support the machine. The timing process efficiency of multitasking machine is increase 15% higher than single tasking machine.*

Keywords— *stress, strain; displacement of frame; the production process time of machine,*

PENDAHULUAN

Pengolahan jagung secara tradisional masih memerlukan waktu operasional yang lama. Pengupasan kulit secara manual memerlukan waktu proses yang lama. Pengulangan proses perlu dilakukan saat kulit jagung masih menempel pada bonggol. Perontokkan biji masih menggunakan mekanisme sederhana yang tidak efektif. Metode tersebut seringkali menghasilkan biji jagung yang masih menempel di bonggol dan biji yang pecah. Kehadiran mesin *multitasking* perontok biji jagung mampu meningkatkan waktu produktifitas petani. Desain mesin yang *mobile* perlu dilakukan guna menghasilkan mesin tangguh. Mesin memerlukan rangka yang tangguh untuk menopangnya. Sehingga perlu kajian yang mendekati kondisi real dari rangka. Fungsi kerja mesin bekerja pada beban-beban dengan kategori 2 kg (langkah perontok jagung), 2 kg (langkah pengupas kulit), dan 5 kg (langkah memipil bijih jagung). Selanjutnya konstruksi mesin harus kuat dan aman saat mesin beroperasi. Metode simulasi sebagai pendekatan empiris diterapkan untuk mendekati kondisi aktual. Metode *finite element* dikenalkan sebagai pendekatan empiris. Heri dkk. [2020] telah menerapkan metode simulasi pembebanan pada

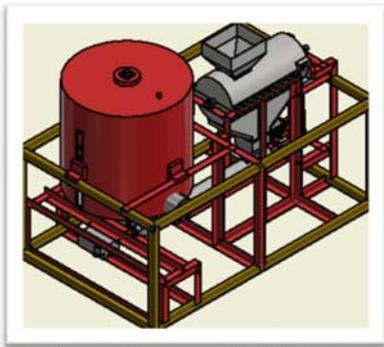
rangka mesin pengering padi. Hasil analisa mereka menunjukkan perbedaan antara simulasi dengan analisa eksperimental berkisar 12%.

Alif dan Muhammad [2015] menemukan inovasi mesin pemipil jagung berkapasitas 720 kg dan dioperasikan pada 3600 rpm; dan mesin memakai 1080 rpm dan bertenaga 5,5 HP. Dimensi mesin tidak terlalu besar sehingga mudah mobilitasnya. Mesin mengaplikasikan *multitasking* sebagai perontok dan pengering. Ketinggian mesin 100 cm mencegah kecelakaan pada operator [Barnes, 1993; Chaffin and Anderson, 2004]. Tinggi mesin yang aman memudahkan operator menjalankan mesin dan mencegah cedera pada bagian pinggang keatas [Barnes, 2004]. Dari uraian di atas memperlihatkan keandalan struktur rangka mesin menjadi hal yang sangat penting disamping mekanisme mesin. Tegangan dan *displacement* rangka juga menjadi penting ketika mesin beroperasi dan kondisi idle.

METODE

Desain rangka mesin

Gambar 1 menunjukkan desain mesin *multitasking*. Fungsi *hybrid* mesin menggabungkan proses mengupas kulit dan merontokkan butir jagung pada mesin yang sama. Mesin memiliki bagian pengupas kulit dan perontok biji jagung serta pencacah bonggol. Rangka struktur menjaga mesin beroperasi secara normal dan memudahkan operator menjalankan mesin. Beban statis dan dinamis dari mesin akan muncul pada pembebanan. Sehingga, inspeksi perlu dilakukan; dan simulasi pembebanan dilakukan untuk mencegah kegagalan mesin. Frame struktur rangka yang kuat dapat membantu fungsi kerja mesin (Desi et al. [2018]). Deformasi dapat terjadi pada struktur rangka akibat beban statis dan thermal (Sukendro [2013]). Perubahan struktur saat terdeformasi dapat menyebabkan perubahan geometri. Kemudian, perubahan geometri tersebut dapat terjadi dalam arah longitudinal (Sukendro [2013]) dan transversal (Sukendro [2013]).



Gbr 1. Desain mesin perontok biji jagung multitasking.

Pemeriksaan pembebanan kritis bahan harus di bawah tegangan luluh bahan seperti disarankan Desy et al. [2018]. Kemudian kriteria-kriteria pembebanan kritis diterapkan pada pembebanan beban kritis (F_1 dan F_2). Kriteria kritis tersebut bisa diaplikasikan sebagai *safety factor*. Kemudian kriteria kritis disarankan untuk mencegah kegagalan mesin dan cedera pada operator mesin. Kondisi tegangan luluh material diketahui (1,25–1,5); jenis material diketahui, standar pembebanan dan tegangan diterapkan (1,5–2,0); beban spesifik diaplikasikan (2,0–2,5). Kriteria kondisi beban dan tegangan rata-rata diketahui (2,5–3,0); kondisi tidak pasti pada beban dan tegangan (3,0–4,5). Klasifikasi yang lain dipertimbangkan dengan beban berulang, beban kejut, dan bahan getas. Kondisi pembebanan beban Statis (1,25–2), beban dinamis 2, dan beban kejut (3–5).

Aplikasi Autodesk Inventor

Autodesk innovator 3D berbasis PC dipakai untuk simulasi instrumen/objek. Aplikasi ini memvisualisasikan model mesin. Aplikasi ini dikembangkan di AS dan mengadopsi desain objek 3D; aplikasi ini juga telah dikenal secara umum pada perencanaan ulang suatu peralatan.

Analisis Struktur

Pemeriksaan struktur menilai dampak beban terhadap konstruksi sebenarnya. Langkah tersebut memeriksa kekuatan struktur rangka akibat beban mesin. Metode pemeriksaan tersebut menggabungkan desain mekanik dan pendekatan empiris. Metode itu dapat mendefinisikan deformitas primer dan kekuatan struktur rangka, Output pemeriksaan menilai kekuatan konstruksi struktur penyangga mesin. Kemudian, rangka sebagai bagian penting perancangan dasar diperiksa secara menyeluruh. Hasil pengujian memvalidasi pemeriksaan secara aktual.

Pemilihan Bahan

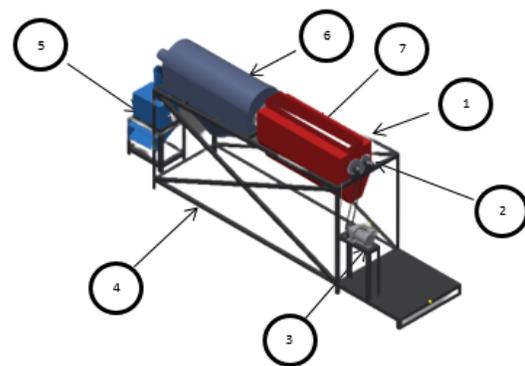
Pemilihan bahan mengacu kekuatan luluh bahan (*yield strength*). Kekuatan luluh bahan nantinya dapat diaplikasikan pada kekuatan struktur rangka. Sehingga struktur rangka yang kuat mampu menahan beban mesin tanpa menyebabkan terjadinya detormasi plastik pada rangka. Struktur rangka menggabungkan beberapa bagian-bagian mesin dengan metode tertentu. Sambungan rangka berfungsi sebagai *static joint*. Metode penyambungan antar bagian rangka dilakukan dengan pengelasan dan mur-baut.

Pembebanan pada mesin

Pengujian rangka mesin dilakukan dengan menguji rangka dengan pembebanan dari mesin. Berat mesin ditimbang secara manual pada kondisi tanpa rangka mesin. Pengujian tersebut untuk mendapatkan beban statis mesin. Pembebanan dinamis didapat sebagai akumulasi pembebanan statis dengan pembebanan tarikan motor listrik, dan didapat $F_1 = 68,6$ N dan $F_2 = 49$ N. $F_{avg} = 58,8$ N (rata-rata dari F_1 dan F_2).

Desain mesin

Gambar 2 menunjukkan kerangka pendukung dan mesin. Adapun komponen mesin diuraikan sebagai body pengupas (1), *screw gear* (2), motor (3), rangka mesin (4), pencacah (5), perontok (6), *screw* (7).



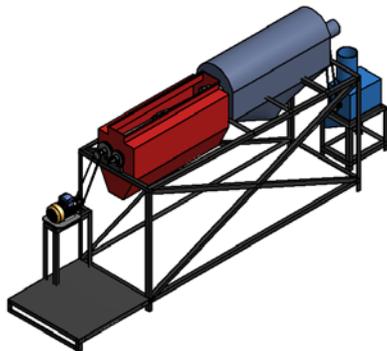
Gbr 2. Kerangka penopang dan mesin.

Metode Pengumpulan Data

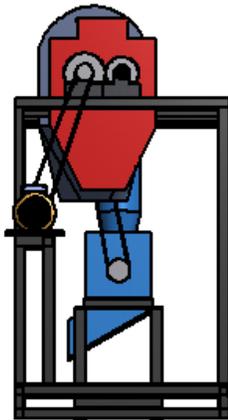
Untuk dapat melakukan analisis yang baik, maka data pengujian diperlukan. Pembahasan dilakukan pada pengujian kekuatan bahan saat menerima beban statis. Dari hasil simulasi dijelaskan distribusi tegangan, *displacement*, dan *safety factor* yang sesuai. Sehingga desain mesin menjadi aman saat digunakan. *Displacement* yang terjadi pada rangka pendukung mesin dalam kondisi aman dibawah adalah 5%.

HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3 merupakan desain keseluruhan mesin pengupas, perontok dan pencacah jagung dengan menggunakan metode *finite element analysis*. Metode simulasi tersebut juga dilakukan oleh Imam et al. (2019) dan Hery et al. [2020]. Gambar 4 menunjukkan sisi samping konstruksi penyangga mesin.

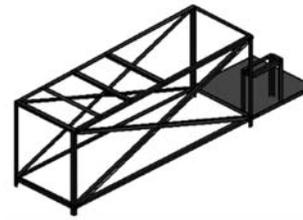


Gbr 3. Desain mesin pengupas biji jagung *multitasking*.



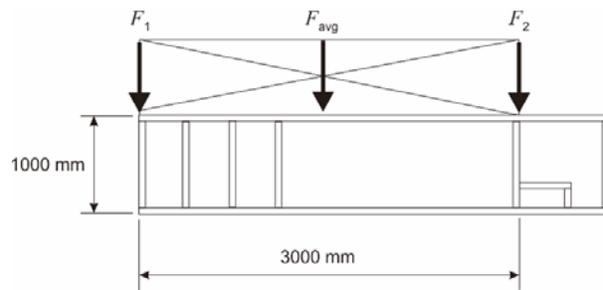
Gbr 4. Pandangan depan mesin *multitasking*.

Adapun desain rangka mesin terdapat 2 desain rangka yang dengan material yang berbeda. Rangka pertama dan kedua adalah baja medium profil ISO 657/2 berukuran 50x40x5. Desain rangka penopang mesin ditunjukkan pada gambar 5.



Gbr 5. Desain frame penopang tanpa mesin.

Gaya-gaya pada rangka penopang mesin direncanakan gaya normal $F_1=68.6\text{ N}$ dan $F_2=49\text{ N}$. $F_{avg}=58,8\text{ N}$ (rata-rata ddari F_1 dan F_2). Gaya-gaya tersebut akibat berat mesin memberikan gaya aksi pada rangka mesin. Pembebanan akibat bagian pengupas kulit/perontok terjadi di sepanjang 3000 mm, dan ketinggian 1000 mm. Bagian bodi pengupas kulit/perontok ditopang dengan lebar dudukan 50 mm. *Free body diagram* ditunjukkan pada gambar 6. Reaksi dari pembebanan F_1 ditunjukkan pada tabel 1. Reaksi dari pembebanan F_1 ditunjukkan pada tabel 2.



Gbr 6. Dimensi frame rangka mesin.

Tabel 1. Analisa pembebanan F_1 pada rangka.

Load Type	Force
Magnitude	17.000 lbf
Vector X	0.000 lbf
Vector Y	-17.000 lbf
Vector Z	0.000 lbf

Tabel 2. Analisa pembebanan F_2 pada rangka.

Load Type	Force
Magnitude	11.023 lbf
Vector X	0.000 lbf
Vector Y	-11.017 lbf
Vector Z	-0.367 lbf

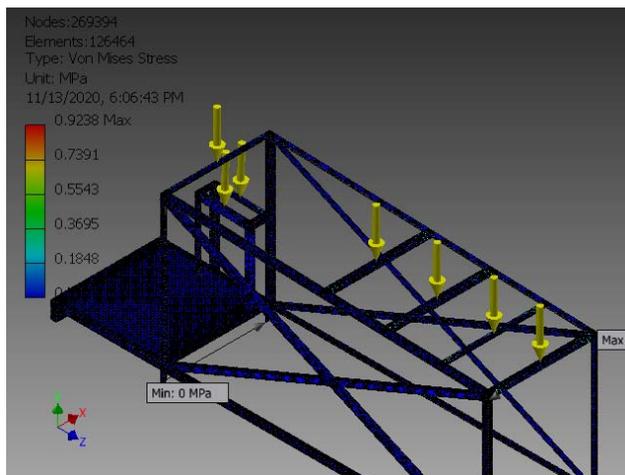
Hasil analisa pembebanan dengan metode *Von mises stress* disimulasikan dengan metode elemen hingga ditunjukkan pada gambar 7. Gaya-gaya yang di topang struktur baja masing-masing sebesar $F_1=17\text{ lbf}$ (68.6 N) dan $F_2=11,023\text{ lbf}$ (49 N). Tegangan maksimum yang muncul pada struktur sebagai akibat F_1 , F_2 , F_{avg} dan terbesar pada 0,92 MPa. Dengan membandingkan kekuatan luluh baja medium sebesar 290 Mpa,

maka pembebanan F_1 dan F_2 menyebabkan struktur baja menjadi tidak berubah bentuk secara signifikan.

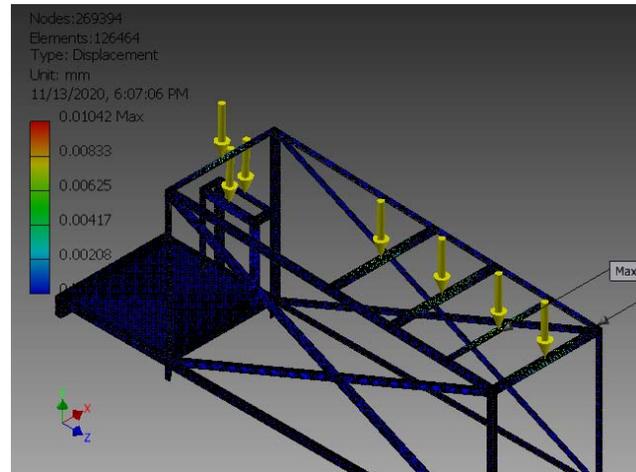
Displacement pada rangka mesin ditunjukkan pada gambar 7. Hasil simulasi mendeteksi perubahan bentuk sebesar 0.01 mm, maka kondisi rangka masih aman menopang beban dari mesin. Karena toleransi perubahan bentuk dari struktur baja masih didalam 1% perubahan bentuk.

Analisa rangka dengan *safety factor* ditunjukkan pada gambar 8. Dari analisa terlihat rangka menopang beban mesin saat posisi *idle* dan saat beroperasi. Situasi tersebut mengaplikasikan harga *safety factor* tinggi. Kondisi tersebut dianalisa dengan *prinsipal stress* seperti yang ditunjukkan pada gambar 9. Hasilnya menunjukkan perbedaan tegangan maksimum sebesar 33%; dan metode *Von mises stress* menunjukkan pembebanan lebih tinggi dari pada dengan metode *prinsipal stress*.

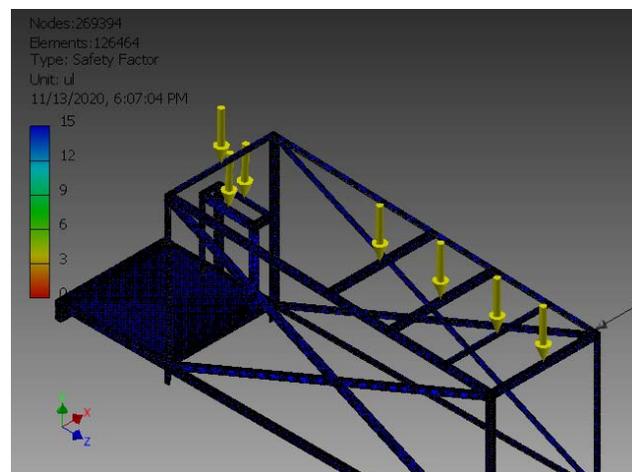
Efisiensi waktu proses mesin adalah waktu yang diperlukan untuk satu siklus proses (proses produksi). Efisiensi waktu proses yang dihasilkan mesin fungsi tunggal (mengupas kulit/perontok biji) sekitar 50 hingga 70% pada kondisi kadar air jagung 25%. Pada mesin jenis *multitasking* efisiensi waktu produksi sekitar 85%; dan kondisi tersebut dicapai dari pemrosesan jagung utuh hingga biji terpisah dari bonggol. Sehingga optimasi yang mesin model *multitasking* mampu menekan waktu produksi sekitar 9 menit dari waktu fungsi normal mesin (*single tasking*) sebesar 15 menit per kg jagung utuh.



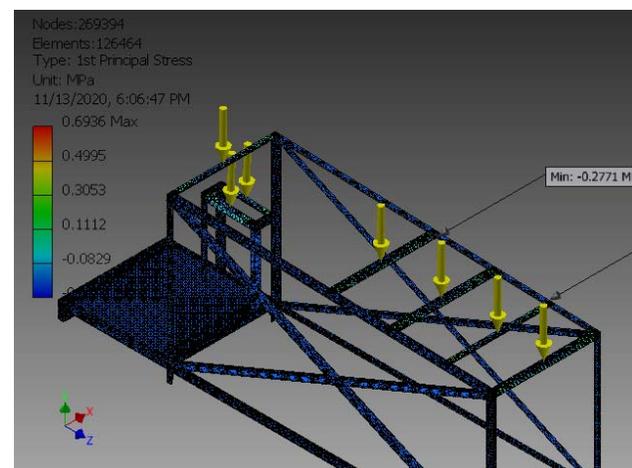
Gbr 7. Analisa teggangan dengan metode *Von Mises*.



Gbr 8. Analisa displacement dengan metode *Von Mises*.



Gbr 9. Penerapan *safety factor* pada analisa tegangan di frame penopang mesin.



Gbr 10. Analisa rangka dengan mempertimbangkan *prinsipal stress*.

KESIMPULAN

Dari nilai respon pada frame rangka mesin telah menunjukkan kekuatan rangka ketika menahan beban mesin. Hasil analisa dengan metode *von mises* dan *principal stress 1st order and 3th* menunjukkan tegangan-tegangan maksimum adalah di bawah *ultimate-stress* dan *yield strength*. *Displacement* ditunjukkan pada frame rangka mesin berkisar 1 %; ketika tegangan-tegangan maksimum memberikan dominansinya pada frame rangka mesin. Penggunaan *safety factor* meningkatkan hasil perhitungan tegangan-tegangan maksimum berkisar 33 % lebih tinggi dari kondisi normal.

REFERENSI

- [1] Alif AA., Muhammad Y., (2015). Jurnal Rekayasa Mesin.
- [2] Barnes, R. M. Motion and time study-design and measurement of work. John Wiley & Sons Inc, New York. 1993.
- [3] Chaffin, D. Anderson, G. Occupational Biomechanics. John Wiley & Sons Inc. Kanada. 2004.
- [4] Desi H., Bernardius H., Nessa VD., (2018). Studi eksperimental batang tarik sambungan baut pada pelat baja. Reka Racana jurnal online ITN.
- [5] Imam S., Hery I., Desmas AP., (2019). Analisis desain rangka dan penggerak alat pembulat adonan kosmetik sistem putaran eksentrik menggunakan solidwork. Prosiding Seminar Nasional.
- [6] Hery I., Bakuh S., (2020). Analisis desain kerangka mesin pengering padi rotary dryer dengan empat bantalan rol menggunakan software CAD. MEKANIKA. Jurnal Teknik Mesin.
- [7] Sukendro BS., (2013). Analisis pengaruh tebal dan arus terhadap distorsi arah transversal pada hasil las. Jurnal IPTEK ITATS 17(2) 139-149.
- [8] Sukendro BS., (2013). Analisis pengaruh tebal dan arus terhadap distorsi arah longitudinal pada hasil pengelasan pelat datar. Otopro Jurusan Teknik Mesin Unesa8 (2), 92-107.