

RANCANG BANGUN MESIN CUTTING TOPPING SUDARE DENGAN PENDEKATAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

Edi Setiawan¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
edisetiawan0699@gmail.com

Bibit Hartono²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
B12thartono@gmail.com

Puguh Elmiawan³⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Keywords :

V-Belt
 Order data
 Combo Process
 FEA

Abstract :

PT XZY is a V-belt manufacturer with long size, short size, raw edge, and variable speed types. Order data received for the last 6 months in the long size section has experienced high orders. To support this production, improvements have been made to the topping sudare section. Currently, the sudare cutting process with manually. The Combo process is still done manually and takes approximately 29 minutes for one cycle time. This is because the sudare cutting process is still done manually so it is quite time-consuming. If the Sudare cutting process time can be reduced to a shorter length, the overall production process can become more effective. So it was designed to build an automatic sudare cutting topping machine with the FEA approach.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT XZY merupakan perusahaan produsen V-belt dengan tipe *long size*, *short size*, *raw edge*, dan *variable speed*. Tipe *long size* merupakan jenis V-belt industri yang diproduksi dengan ukuran 101 inch - 800 inch. Tipe V-belt *short size* yaitu tipe V-belt industry yang memiliki ukuran 14 inch sampai 100 inch. V-belt yang digunakan sebagai komponen dari sistem transmisi kendaraan roda dua disebut *variable speed*, sedangkan *raw edge* merupakan tipe V-belt yang digunakan untuk kendaraan roda empat (Hayat, 2022).

Pada PT. XYZ terdapat dua *department* yang memproduksi V-belt jenis *combo* yakni *department long size* dan *short size*. Di bawah ini merupakan data order dari bulan September 2022 hingga bulan Februari 2023.

Tabel 1. Data order

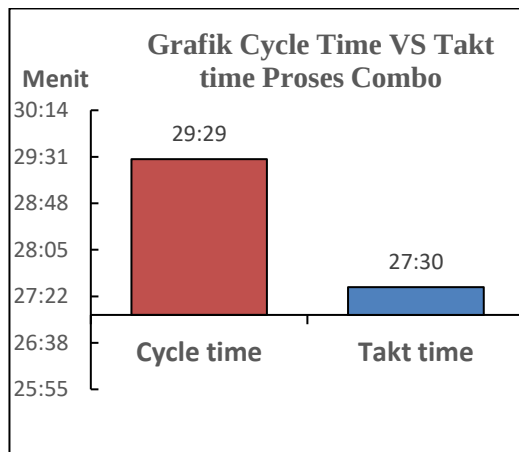
Data Produksi V-Belt Periode September 2022 - Februari 2023								
Type	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Total (Pcs)	Rata-rata (Pcs)
Long Size	765421	735843	781052	762397	759525	656997	4461235	743540
Short Size	345441	357251	347258	347261	346581	318643	2062435	343740

(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Dari data tabel 1. dapat kita ketahui *order V-belt* lebih banyak pada tipe *long size* dengan rata-rata

produksi tiap bulan 743540 pcs, sedangkan untuk tipe *short size* hanya mencapai angka 343740 rata-rata setiap bulannya.

Proses *combo* pada tipe *long size* dilakukan pada mesin *topping sudare* untuk menyatukan *green belt* dengan *sudare*. Saat ini proses pemotongan *sudare* masih dilakukan secara manual menggunakan meja potong, penggaris, dan *cutter* sebagai alat pemotong *sudare*. Proses *combo* masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu kurang lebih 29 menit untuk satu *cycle time*. Hal ini dikarenakan proses pemotongan *sudare* secara manual. Jika waktu proses pemotongan *sudare* dapat dikurangi menjadi lebih singkat, maka proses produksi secara keseluruhan dapat menjadi lebih efektif. Dengan mengurangi waktu, dapat meningkatkan *output* atau produksi dalam satu waktu tertentu, meningkatkan kapasitas produksi, dan dapat memungkinkan pabrik untuk memproduksi lebih banyak produk dalam waktu yang sama. Hal ini juga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pabrik, dan membantu meningkatkan daya saing di pasar (Ramayanti et al, 2020)



Gambar 1. Cycle time dan tak time
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Dengan memperhatikan permasalahan yang ada maka dibuatlah suatu inovasi baru yaitu mengubah suatu proses produksi dari proses manual menjadi otomatis pada bagian proses pemotongan sudare. Inovasi yang dimaksud berupa alat pemotong otomatis atau yang lebih dikenal dengan *cutting topping sudare* otomatis. Alat ini dibuat untuk mempermudah operator dalam memotong *sudare*, selain dapat mempersingkat waktu, meningkatkan produksi dapat juga mengurangi kecelakan pada operator karena alat ini otomatis tanpa bantuan dari operator. Sehingga operator bisa lebih fokus pada pekerjaan lain (Darmayanti, 2018)

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka permasalahan yang dapat disimpulkan dengan :

1. Dibutuhkan mesin *cutting topping sudare* otomatis yang memenuhi faktor keamanan yang baik.

Batasan Masalah

Dalam penulisan ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Pendekatan *finite element analysis (FEA)* menggunakan perhitungan *software solidwork* 2019.
2. Simulasi kekuatan material dari kerangka utama mesin *cutting topping sudare* menggunakan jenis pembebanan *static*.

Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan penulisan ini bertujuan sebagai berikut:

1. Merancang bangun mesin *cutting topping sudare* dengan pendekatan *FEA*.

Manfaat Penelitian

Tujuan yang akan dicapai oleh penulis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang bangun mesin *cutting topping sudare*

otomatis dengan pendekatan *FEA* yang memenuhi faktor keamanan yang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini penulis memaparkan teori teori yang berhubungan dengan kajian sebelumnya. Pada tabel I memaparkan kajian teori sebelumnya yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini.

Tabel I. Kajian Teori

Nama Penulis & Tahun	Judul	Hasil Kajian
Bilal Maulana, Firman Lukman Sanjaya dan Andre Budhi Hendrawa n (2021)	Perancangan Kerangka Mesin Pemanen Padi Simple Harvester Berbantu Perangkat Lunak Solidworks 2016	Tahap dalam proses perancangan dan analisa pembebanan kerangka mesin dengan menggunakan perangkat lunak Solidworks.
Furqani,I., Arief,R.K., dan Muchlisina,M. (2022)	Analisis Kekuatan Rangka Mesin Perontok Padi Menggunakan Solidworks 2019	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tegangan maksimum dan faktor keamanan pada poros mesin perontok padi dengan metode FEA

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2023)

LANDASAN TEORI

Proses Cutting Topping Sudare

Proses *cutting Topping sudare* adalah suatu proses pemotongan *sudare* yang mana hasil potongannya akan digunakan untuk *assembly green belt*. Proses pemotongan ini dilakukan oleh operator dengan sebuah alat pendukung *cutter*. Proses *cutting* ini masih dilakukan dengan gulungan *roll* yang diputar dengan memutar pedal engkol. Proses pemotongan ini diperlukan untuk memudahkan proses *assembly* yang mana proses *assembly* ini memiliki ukuran panjang yang berbeda beda menyesuaikan dengan *mold* yang terpasang. Dengan melakukan potongan *sudare* ini tentunya operator tidak mengalami kesulitan dalam melakukan *assembly green belt*. Proses pemotongan ini memiliki

peranan penting dalam menjaga kepuasan proses selanjutnya (Yoepitasari dan Khasanah, 2018).

Finite Element Analysis (FEA)

Finite Element Analysis (FEA) adalah sistem angka yang berbasis komputer untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur teknik seperti defleksi, *strain*, *stress*, getaran, dan lainnya. *Finite element analysis* berfungsi untuk menentukan tegangan, regangan, perpindahan panas, fluida dan efek fisik lainnya. Masalah struktur *kompleks* padat seperti mencari tegangan, regangan, defleksi hingga umur dapat menggunakan metode *FEA*. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang sulit (Muchid dkk, 2018).

Analisis ini digunakan untuk memperlihatkan apakah ada masalah pada produk, seperti keretakan, keausan, atau apakah produk dalam kondisi layak atau tidak. Hasil dari analisis ini merupakan hasil prediksi ketika produk tersebut diproses atau digunakan sesuai dengan beban atau spek yang diberikan. *FEA* mempunyai keunggulan seperti hemat waktu dan biaya yang minimum. Sebelum membuat sebuah *prototype*, Metode *FEA* ini cocok digunakan untuk menganalisis yang telah dilengkapi perangkat lunak berbasis *CAE* seperti program *solidwork* dan program *pro engineering* (Pris dkk., 2019).

Tegangan

Gaya yang tegak lurus terhadap luas penampang yang menyebabkan beban terhadap benda yang bekerja dan dapat diukur disebut dengan tegangan (Arleni., Malik, A., 2023) dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

σ = Tegangan (M/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm²)

Nilai tegangan *von mises* merupakan salah satu yang harus diperhatikan dalam melakukan analisis. Material akan mengalami kegagalan atau tidak dapat diketahui melalui tegangan *von mises*. Tegangan yang menciptakan nilai energi perubahan bentuk sejajar nilai kombinasi tegangan disebut tegangan *von mises* (Wibawa., LAN 2019). Ketika tegangan *von mises* mencapai titik puncak disebut kekuatan luluh (*yield strength*), maka material akan meluluh. Tegangan minimum pada material yang mulai mengalami hilang sifat elastisnya ketika gaya yang sebelumnya dihilangkan disebut dengan *yield strength* (Wibawa, 2019).

Tegangan Izin

Tegangan maksimum yang dapat terjadi pada suatu bahan dengan belum terjadi patah atau perubahan disebut tegangan yang diizinkan. Dalam

merancang konstruksi, nilai ukuran atau beban harus ditentukan sehingga kegagalan dalam merencanakan konstruksi dapat dicegah. Untuk menentukan tegangan yang diizinkan, harus mampu menghitung tegangan maksimal dengan faktor keamanan (Sayudi., M.I 202).

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{fs}$$

Keterangan :

σ_i = Tegangan Izin

σ = Tegangan Luluh

Fs = *factor of safety*

Deformasi

Deformasi terjadi akibat gaya pada bahan tersebut yang bekerja terus menerus (Wibawa., 2019). Deformasi merupakan suatu kondisi dimana bahan berubah wujud dan berubah kadar secara nyata. Deformasi dibedakan menjadi 2 jenis yakni deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi yang bisa membalik sendiri setelah melepaskan gaya disebut deformasi elastis, sedangkan deformasi yang mengalami perubahan bentuk ketika dikenai beban yang tidak dapat diubah dan permanen disebut dengan deformasi plastis (Syah., 2018).

Suatu konstruksi bisa mendapati wujud dan ukuran yang berubah apabila gaya tersebut bekerja secara terus menerus. Jika suatu konstruksi mengalami deformasi total, maka konstruksi tersebut tidak dapat menerima beban secara kontinyu pada bahan dengan kekuatan tinggi. Apabila beban terus bekerja maka perubahan yang terjadi akan semakin besar yang mengakibatkan benda putus pada titik kekuatan patah (Mott., 2020).

Factor Of Safety

Faktor keamanan merupakan faktor yang menentukan desain yang dirancang mengalami kegagalan atau aman. Nilai *factor safety* minimum harus satu. Nilai gaya yang bekerja terhadap luas penampang dan beban terhadap ketahanan material harus lebih kecil dari kekuatan tegangan pada material konstruksi yang di desain. Dengan menentukan kekuatan material yang aman dari beban yang diberikan, kerusakan struktur dapat dihindari (Haryanti., 2021).

Menurut buku Hibbler membatasi beban yang diberikan akan menentukan dan memastikan keamanan pada bagian struktural atau mekanis tersebut. Dengan mencari nilai faktor keamanan (FOS) maka beban yang ditentukan untuk sebuah komponen struktur dapat dihitung pada persamaan :

$$FOS = \frac{\sigma_{ys}}{\sigma_e}$$

Keterangan:

FOS = Faktor keamanan

σ_{ys} = *Yield Strength*

σ_e = Tegangan (*von mises*) maksimum analisis

Bahan material, jenis dan metode penerapan beban, *state of stress*, dan faktor lain merupakan tolok ukur dari faktor keamanan. Tabel II merupakan standar faktor of safety material *cast iron*, *wrought iron*, *steel*, *soft materials and alloy*, *leather*, dan *timber*. Pada material material tersebut, memiliki minimum faktor of safety tergantung jenis pembebanan material tersebut. Dapat dilihat material besi atau *steel* ketika mengalami pembebanan *static* minimum faktor of safety sebesar 8.

Tabel II. Factor of Safety Material

Material	Steady Load	Live	Shock Load
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel Soft	4	8	12 to 16
Material and alloy	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

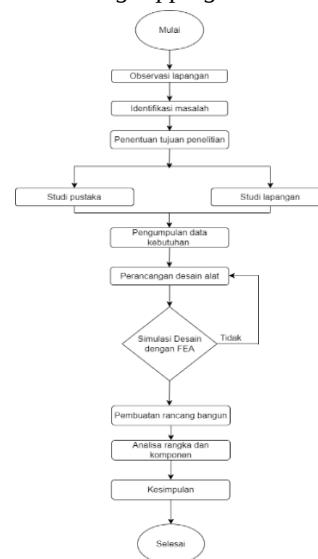
Sumber : (R.S. Khurmi & J.K. Gupta., 2005)

METODOLOGI PENELITIAN

Alur Penelitian

Pada sebuah penelitian pastilah memiliki langkah langkah yang digunakan untuk mencapai tujuan dari sebuah penelitian. Pada Gambar III

menunjukkan gambaran alur penelitian rancang bangun mesin *cutting topping sudare* otomatis.



Gambar III. Alur penulisan
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area *departement long size Plant PT XYZ*, khususnya area proses *topping cutting sudare*. Waktu penelitian dilakukan selama kurang lebih 6 bulan, yaitu terhitung sejak tanggal 28 Januari 2022 sampai dengan 23 Juni 2023.

Jadwal penelitian yang dilakukan penulis dapat dilihat pada Tabel III.

Tabel III. Alur Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-				
		2	3	4	5	6
1	Pengajuan proposal	■				
2	Pembuatan dan pengumpulan data		■			
3	Konsep dan perancangan desain alat		■			
4	Perancangan alat dan pemilihan kebutuhan		■			
5	Rancang bangun			■		
6	Rancang bangun analisa				■	
7	Laporan tugas akhir				■	■

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2023)

1. HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Alat

Pada bagian ini membahas tentang gambaran alat mesin *cutting topping sudare* sebelum dilakukan rancang bangun dan gambaran mesin *cutting topping sudare* setelah rancang bangun.

4.1.1 Sebelum Rancang Bangun Alat

Gambaran alat sebelum adanya rancang bangun mesin *cutting topping sudare* yang baru dapat dilihat pada Gambar IV.



Gambar IV. Mesin *cutting topping sudare* sebelum rancang bangun

(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Pada Gambar IV menunjukkan kondisi mesin *cutting topping sudare* sebelum adanya rancang bangun. Mesin tersebut masih dioperasikan secara manual yaitu dengan cara memutar engkol poros untuk membuka gulungan *sudare*. Setelah gulungan terbuka

selanjutnya dipotong dengan *cutter* sesuai dengan panjang yang dikerjakan. Ukuran penentuan panjang ini menggunakan sebuah pengaris.

4.1.2 Sesudah Rancang Bangun Alat

Gambaran hasil rancang bangun alat yang dikerjakan oleh penulis ditunjukkan pada gambar V.



Gambar V. Rancangan mesin *cutting topping sudare* setelah rancang bangun
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Pada Gambar V menunjukkan hasil rancang mesin *cutting topping sudare* otomatis. Mesin memiliki keunggulan dibandingkan dengan alat sebelumnya. Panjang potongan *sudare* dapat diatur dengan sistem *adjust sensor*, sehingga operator bisa menyesuaikan panjang potongan *sudare* sesuai dengan *spec* dengan cara mengatur sensor jarak.

4.2 Cara Kerja Mesin Cutting Topping Sudare

Sistem kerja mesin *cutting sudare* dilakukan dengan *push button* sebagai tombol *start* mesin yang menggerakkan *pneumatic forward*. Pada *pneumatic forward* terdapat sensor *reed switch* sehingga sensor tersebut dapat menjadi trigger untuk motor 3 phase membuka gulungan *sudare* setelah gulungan tersebut mengenai sensor *photo electric* maka motor 3 phase mati digantikan oleh motor tarik sebagai penarik *sudare*. Terdapat ukuran pemotongan yang berbeda pada setiap pengoperasian mesin dengan hal tersebut maka terdapat sensor untuk mengatur ukuran *sudare*. *Sudare* mengenai sensor ukuran maka hal tersebut mengakibatkan motor penarik berhenti dan silinder *pneumatic* turun. Sensor *reed switch* merupakan sensor yang memanfaatkan medan magnet ketika silinder *pneumatic* dalam posisi *forward* maka sensor *reed switch* akan mentrigger untuk dilakukannya pemotongan *sudare* dengan memsukan control timer untuk me reset program dari awal.

4.3 Perhitungan Berat Komponen

Pada penelitian ini berat komponen dapat diketahui dengan fitur *mass properties* yang ada pada *solidworks*. sehingga berat masing masing komponen. Sebelum melakukan *mass properties*, setiap komponen harus didefinisikan sesuai dengan materail yang akan digunakan. Setelah mendapatkan volume langkah selanjutnya dengan menghitung volume

dengan mengalikan dengan nilai gaya gravitasi. Hasil berat disajikan pada Tabel IV.

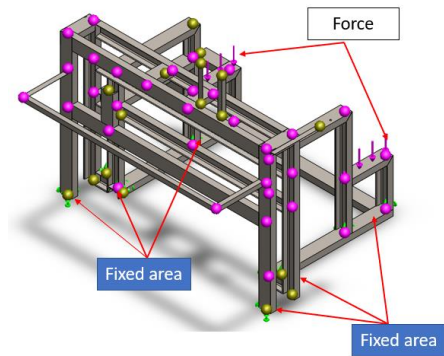
Tabel IV. Berat Komponen Meja

Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah (N)	Sub Total (N)
Kerangka Utama	ASTM	1	2332,81
Pillow block roll	1023 Steel	6	139,49
Roll belakang	Alloy Steel	2	295,6
Roll depan gerak	S45C	1	169,2
Alas Atas	Almunium Alloy	1	185,1
Tutup Pisau	Almunium Alloy	1	72,38
Motor pulley	Steel	1	36,52
Motion Rel	Steel	1	235,44
Panel Box	Almunium Steel	1	8,21
Pneumatik	Almunium Steel	1	6,81
Dudukan pisau	Steel	1	10,2
V-Belt	Rubber SBR	1	4,4
Motor Sproket	Steel	1	6,5
Gearbox sproket	1023 steel	1	235,44
Dudukan motor	Almunium Steel	1	20,3
Shaft sproket	S45C	1	45,5
Shaft pulley	S45C	1	20,3
Baut M12	AISI 304	1	17,81
Baut M10	AISI 304	16	8,16
Operational panel	Almunium Steel	4	1,86
Sproket dan rantai	Steel	1	3,21
		Jumlah	3.892,71N

(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

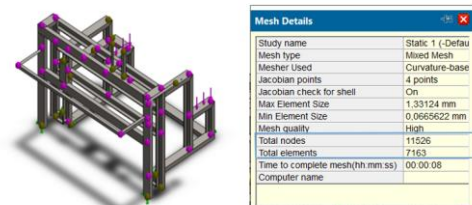
4.4 Simulasi Pembebanan

Software *solidworks* 2019 digunakan sebagai software simulasi pembebanan static pada simulasi pembebanan kerangka utama mesin *cutting topping sudare*. Kerangka utama pada mesin ini akan menopang semua komponen pada mesin *cutting topping sudare*.



Gambar VI. Fixed area dan area force
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Gambar VI menunjukkan area *fix point* dan *load point* pada kerangka mesin *cutting topping sudare* otomatis. Pada area tersebut akan menerima titik tumpuan untuk menahan beban yang diberikan dari gulungan *sudare* dan semua komponen. Adapun besarnya pembebanan pada *frame* kerangka utama mesin *cutting topping sudare* adalah 2.491,44N.

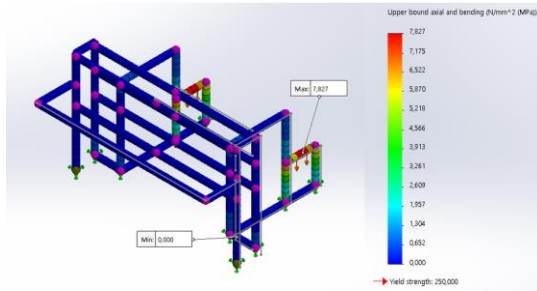


Gambar VII. Total elemen pada kerangka utama

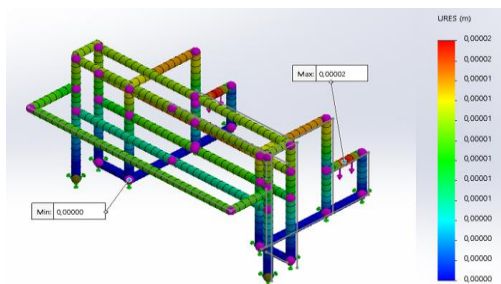
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Gambar VII menunjukkan struktur *mesh frame* kerangka yang dianalisis. Struktur mesh ini dapat diketahui menggunakan software *solidworks* dengan kualitas mesh yang tinggi untuk hasil simulasi yang lebih detail. Jumlah total node dan jumlah total elemen masing-masing adalah 11526 dan 7163.

Gambar VIII menunjukkan hasil simulasi tegangan pada frame kerangka utama mesin *cutting topping sudare* otomatis. Dapat dilihat bahwa nilai yield strength sebesar 250 N/mm² sedangkan nilai maksimum tegangan adalah 7,827/mm². Maka dapat disimpulkan kerangka utama masih aman menerima beban yang diberikan.



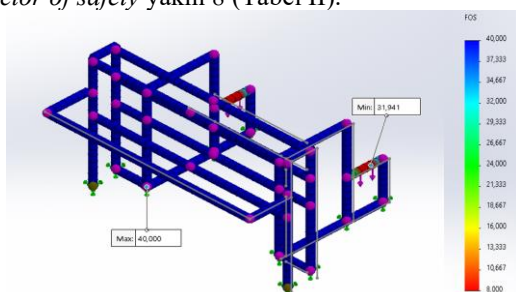
Gambar VIII. Hasil simulasi tegangan pada kerangka utama
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)



Gambar IX. Hasil simulasi deformasi kerangka utama
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Gambar IX menunjukkan simulasi deformasi pada kerangka utama *cutting sudare* otomatis. Dapat diketahui deformasi maksimum pada frame kerangka utama *cutting sudare* otomatis dengan nilai 0,00002 mm. Dapat disimpulkan deformasi frame ini tidak menyebabkan hambatan ketika menerima beban dari komponen dan beban dari gulungan *sudare* itu sendiri.

Gambar X menunjukkan nilai *factor of safety* pada kerangka mesin *cutting topping sudare* otomatis. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *software solidworks* 2019 didapatkan *factor of safety* minimum Sebesar 31,94. Maka dapat disimpulkan kerangka utama mesin *cutting sudare* disimpulkan aman karena nilai faktor of *safety* lebih dari minimum *factor of safety* yakni 8 (Tabel II).



Gambar X. Hasil simulasi *factor of safety* pada kerangka utama
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

2. KESIMPULAN

Berdasarkan penulisan mengenai rancang bangun mesin *cutting topping sudare otomatis* dengan pendekatan *finite element analysis* dapat disimpulkan dibawah ini :

1. Rancang bangun mesin *cutting topping sudare* dengan pendekatan *FEA* telah berhasil dibuat. Berdasarkan pendekatan *FEA* dengan metode pembebanan *static* menggunakan *software solidworks* 2019, komponen kerangka utama memiliki nilai minimum *factor of safety* 31,94. Maka dapat disimpulkan kerangka mesin *cutting topping sudare* memiliki faktor keamanan yang baik, karena nilai minimum *factor of safety* melebihi standar keamanan yakni 8.

3. DAFTAR PUSTAKA

- Hayat, W. N. (2022). Analisa Kerusakan Pada V-Belt Di Drum Washer 431E007. 1.
- Yoepitasari, A. H., & Khasanah, I. (2018). Analisis Pengaruh Kualitas Produk, Promosi Dan Desain Produk Terhadap Keputusan Pembelian Dengan Citra Merek Sebagai Variabel Intervening (Studi pada Konsumen Sepeda Motor Matic Merek Yamaha Mio di Kota Semarang) (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomika dan Bisnis).
- Ramayanti, G., Sastraguntara, G., & Supriyadi, S. (2020). Analisis Produktivitas dengan Metode Objective Matrix (OMAX) di Lantai Produksi Perusahaan Botol Minuman. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 31-38.
- Darmayanti, E. (2018). Perlindungan hukum terhadap pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja (k3) pada perusahaan. *JCH (Jurnal Cendekia Hukum)*, 3(2), 283-296.
- Pris, F. R., Suyitno, B. M., & Suhadi, A. (2019). ANALISIS KEKUATAN VELG ALUMINIUM ALLOY 17 INC DARI BERBAGAI DESAIN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA). *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), 33-39.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook of Machine Design (14th ed., Issue I). Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd.
- Muchid, M., Suwondo, A. J., & Hardjoko, E. (2018). Analisa Static Pada Mesin Penghalus Roll Conveyor Menggunakan Solidwork. *senias*, 123-128.
- Nurzikiresa, R., & Janari, D. (2021). Perancangan Meja Kerja *Adjustable* Berdasarkan Analisis Risiko Postur Kerja Pada Karyawan Warehouse (Studi Kasus Pt. Mataram Tunggal Garment). *Buana Ilmu*, 5(2), 69-88.
- Saputra, R. dan H. Nurzaen. 2017. Analisis Tegangan Connecting Rod Pada Mobil Tipe

- X Dengan Menggunakan Metode Numerik. Jurnal Bina Teknik 13(2): 179-187.
- Saputra, H., & Zulkarnain, R. A. (2015). Simulasi Tegangan dan Perubahan Bentuk Pada Rangka Sepeda Air Hamors Menggunakan Software Solidwork 2013. Jurnal Integrasi, 7(2), 91-96.
- Sari, I. N. (2018). Penerapan Ergonomi Terhadap Keselamatan Kerja Dalam Suatu Perusahaan.
- Sasmito, A. (2018). Disain Kekuatan Sambungan Hoop Pillar Dan Floor Bearer Pada Struktur Rangka Bus Menggunakan *Solidworks*. Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer, 9(1), 657-670.
- Shigley, J.E. dan L. D. Mitchell. 1984. Perencanaan Teknik Mesin. Ed.4 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Syah, K. (2018). Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Mesin : Analalisis Deformasi pada Stent Asymetric dengan Variasi Tipe Connector. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ruswanto, T. P., Riza, A. R., & Sofyan, E. (2017). Perancangan Alat Pendukung Quality Assurance Re-Inspection Process Dan Simulasi Interface Barcode Scan Data Hasil Pemeriksaan Menggunakan Microcontroller Raspberry Pi 3 Pada Perusahaan Manufaktur (Doctoral dissertation, Swiss German University).
- Wibawa, L. A. N. 2019. Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (Workbench) Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurnal Teknik Mesin ITI 3(1): 13-17.