

Effect of Key Modification on Roll Former to Rim Production Process

Pengaruh Modifikasi Pengunci Pada Roll Former Terhadap Proses Produksi Pelek

Iwan Nugraha Gusniar¹, Marga Rizqi Wilanno^{1*}

Abstract

A Roll former is a tool used to form the surface of the rims. Roll former often experiences anomalies in its movement that make the formation of the rim after going through the roll former not so good. The anomaly was caused by a crack in the keys roll former. To deal with this, simulation analysis and modification of the design are carried out. The simulation was done using CAE with SolidWorks software. In the simulation, the research object used bolts with AISI 4130 material and keys with AISI 1045 material. Simulation is used to obtain the maximum stress and tensile stress, and displacement of the key roll former. Based on the results of the research was found that the roll formers locks with keys have better strength than the roll former locks that use bolts. From these results, the roll formers locks are modified from the one that used bolts for keys.

Keywords

Roll Former, Simulation, CAE, Modification

Abstrak

Roll Former merupakan alat yang digunakan untuk membentuk permukaan pelek. Roll former seringkali mengalami anomali pada gerakannya yang membuat hasil pembentukan pelek setelah melalui roll former tidak begitu baik. Anomali tersebut disebabkan oleh crack pada pengunci roll former. Untuk menangani hal tersebut maka dilakukan analisis secara simulasi dan modifikasi pada desain. Simulasi dilakukan dengan menggunakan CAE dengan perangkat lunak SolidWorks. Pada simulasi tersebut objek penelitian yang digunakan adalah baut dengan material AISI 4130 dan pasak dengan material AISI 1045. Simulasi digunakan untuk memperoleh tegangan maksimum, tegangan tarik, dan perubahan bentuk pada pengunci roll former. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa pengunci roll former dengan pasak memiliki kekuatan yang lebih baik dari pengunci roll former yang menggunakan baut. Dari hasil tersebut maka pengunci roll former dimodifikasi dari yang awalnya menggunakan baut menjadi pasak.

Kata Kunci

Roll Former, Simulasi, CAE, Modifikasi

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jalan H.S. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat

* 1910631160098@student.unsika.ac.id

PENDAHULUAN

Desain alat pada proses manufaktur ditujukan sebagai gambaran umum dari sebuah komponen mesin. Acuan desain tersebut dapat dilakukan dengan melakukan analisis awal untuk meminimalisir kesalahan maupun gagal fungsi [1]. Perancangan sebuah desain untuk komponen alat menjadi krusial karena akan mempengaruhi fungsi dan kualitas dari alat tersebut. Dari sebuah desain juga akan ditemukan beberapa penyesuaian yang membuat sebuah alat harus dimodifikasi atau tidak. Modifikasi desain dilakukan pada saat pengujian sebuah alat yang mengalami kendala namun tidak dapat ditangani secara maksimal.

Penelitian ini difokuskan pada proses produksi pelek yaitu anomali pada pengunci *roll former*. Anomali pada pengunci *roll former* dapat menyebabkan berkurangnya kualitas pada proses produksi pelek. *Roll former* sendiri merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membentuk permukaan dari sebuah pelek. Cara kerja mesin *roll former* ketika beroperasi yaitu dengan menggunakan sistem rangkaian *rolling* baja keras yang bekerja dengan sistem berangkai untuk membentuk sebuah lekukan [2]. *Roll former* seringkali mengalami anomali pada gerakannya yang membuat hasil pembentukan pelek setelah melalui *roll former* tidak begitu baik. Setelah dilakukan pengamatan pada *roll former* ditemukan bahwa anomali gerakan terjadi karena *crack* pada pengunci *roll former*. *Crack* tersebut disebabkan karena pengunci *roll former* yang terbuat dari baut tidak kuat menahan tekanan dari *roll former* pada saat proses produksi pelek berlangsung. Selain mengalami *crack* anomali pengunci *roll former* dengan baut juga disebabkan oleh aus pada ulir baut sehingga baut tidak dapat mengunci *roll former* dengan maksimal yang menyebabkan *roll former* menjadi bermasalah. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian yaitu dengan pergantian pengunci *roll former* dengan material yang lebih tahan terhadap tekanan dari *roll former*.

Pada penelitian ini penyesuaian pengunci *roll former* akan dilakukan dengan memodifikasi desain pengunci *roll former*. Modifikasi desain dilakukan menggunakan perangkat lunak *CAD*. *Computer Aided Design* adalah suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk [3]. Yang mana *software AutoCAD* memiliki kemudahan serta keunggulan dalam membuat gambar-gambar secara cepat dan presisi serta bisa dipakai untuk memodifikasi gambar dengan cepat [4]. Pada proses desain pengunci *roll former* perangkat lunak *CAD* akan digunakan untuk menggambar dua dimensi objek penelitian yaitu baut dan pasak. Ukuran yang digunakan sebagai acuan desain baut dan pasak disesuaikan dengan ukuran lubang pengunci pada *roll former*. Setelah proses desain perangkat lunak *CAD* akan digunakan untuk memodifikasi pengunci *roll former*. Objek pengunci *roll former* yaitu baut dan pasak akan digabungkan dengan *roll former* sehingga akan menghasilkan detail gambar *assembling roll former* secara dua dimensi. Setelah proses *assembling* pada *roll former* akan dilanjutkan dengan pembuatan model tiga dimensi dan simulasi pada objek penelitian.

Analisis modifikasi pada *roll former* menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Engineering*. *CAE* memiliki kemampuan dalam mengukur dan menganalisa gaya, torsi, kekuatan material dalam sebuah desain yang dirancang [5]. Didalam program *CAE* biasanya terdapat *finite element analysis (FEA)*, *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, *Multibody Dynamics (MDB)*, dan *optimization* [6]. Pada proses analisis modifikasi menggunakan perangkat lunak *CAE* objek penelitian akan dibuat menjadi tiga dimensi. Lalu akan dilanjutkan dengan analisis objek meliputi *yield strength*, *stress*, dan *displacement*. Material yang diterapkan pada objek penelitian adalah material *AISI 4130* pada baut dan material *AISI 1045* pada pasak. Setelah material ditentukan akan dilanjutkan dengan simulasi pada objek penelitian. Pada simulasi *von misses* yang dilakukan pada objek penelitian akan ditemukan perbedaan hasil *stress*, *yield strength* dan *displacement*. Hasil simulasi *von misses* akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan modifikasi pengunci *roll former*.

Analisis modifikasi pada pengunci *roll former* dilakukan secara bertahap dari desain, simulasi, dan modifikasi. Pengaruh modifikasi desain diharapkan membuat gerakan pada *roll former* menjadi lebih stabil. Sehingga pada saat proses produksi pelek pengunci *roll former* tidak mengalami *crack*. Cacat *crack* atau retak dapat terjadi karena beberapa penyebab. Beberapa retakan sangat jelas dan dapat dengan mudah dilihat dengan mudah dan retakan lain sangat sulit dilihat tanpa pembesaran [7]. Simulasi *yield strength*, *stress* dan *displacement* pengunci *roll former* dilakukan dengan perangkat lunak *Solidworks*. Simulasi ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang bersifat sederhana, analisis *linier* dan *non linier* [8]. Perancangan pengunci *roll former* setelah modifikasi adalah dengan desain pengunci *roll former* yang telah disesuaikan. Dari desain ulang ini diteruskan dengan proses manufaktur yang didasari pada hasil desain ulang tersebut [9].

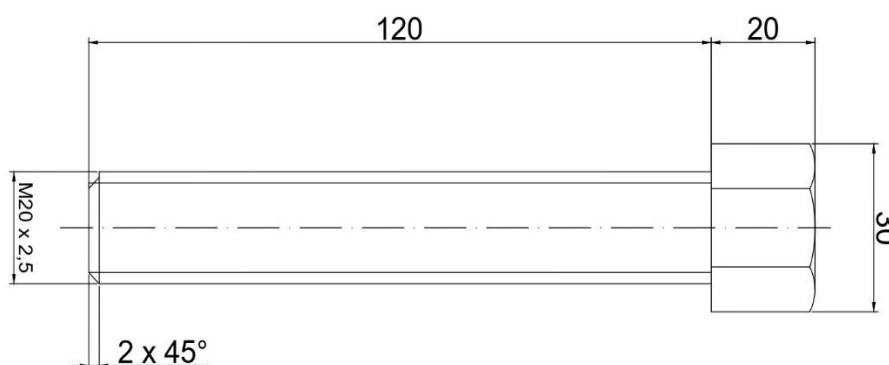
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif [10]. Metode eksperimen yang digunakan adalah dengan menggunakan program *Finite Element Method* pada salah satu perangkat lunak *CAE* yaitu *solidworks*. Program *Finite Element Method* sendiri merupakan program yang digunakan untuk rekayasa simulasi. Simulasi ini membantu untuk mengetahui nilai dari *yield strength*, *stress* dan *displacement* pada komponen yang diteliti.

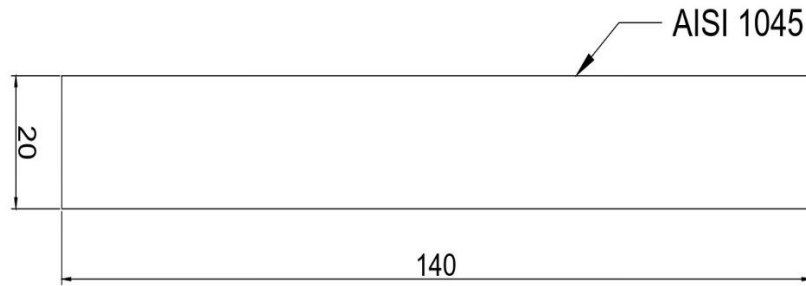
Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi pada pengunci *roll former*. Tahapan awal sebelum proses modifikasi adalah melakukan simulasi pada objek penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan material pada objek yang diteliti. Model pengunci *roll former* yang akan simulasi adalah baut dan pasak. Pada simulasi tersebut material pada komponen berbeda namun dimensi dari baut dan pasak dibuat serupa dengan tujuan membandingkan kekuatan *yield strength*, *stress* dan *displacement* pada kedua komponen tersebut. Pengambilan data pada objek simulasi yaitu baut dan pasak diambil dari hasil simulasi *Finite Element Method*. Setelah dilakukan simulasi objek penelitian akan divalidasi dengan cara membandingkan hasil simulasi dan perhitungan teoritis. Data tersebut akan menjadi rujukan pemilihan modifikasi pada pengunci *roll former*. Selanjutnya modifikasi akan dilakukan dengan mengganti desain pengunci *roll former* sesuai hasil pada penelitian.

Objek Simulasi

Objek penelitian yang digunakan pada proses simulasi adalah baut dan pasak. Pada penelitian ini baut menggunakan material *AISI 4130* atau jenis material baja paduan karbon rendah. Sedangkan pasak menggunakan material *AISI 1045* atau baja paduan karbon sedang. Dengan ukuran dimensi material yaitu panjang 140 mm dan diameter 20 mm. Detail objek penelitian terdapat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. FEM Model Baut Material *AISI 4130*



Gambar 2. FEM Model Pasak Material AISI 1045

Spesifikasi Material

Penelitian ini menggunakan material *AISI 4130* untuk baut dan material *AISI 1045* untuk pasak. Material tersebut memiliki spesifikasi khusus yang berbeda antara material *AISI 4130* dan material *AISI 1045*. Baja *AISI 4130*, juga dikenal sebagai baja *chromoly 4130*, adalah baja paduan rendah seri krom molibdenum dengan kekuatan, ketangguhan, dan kemampuan mengeras yang tinggi, biasanya digunakan dalam kondisi dipadatkan dan ditempa. Baja paduan *AISI 4130* dapat dibuat menjadi pelat baja, lembaran baja, batang baja bulat dan datar, pipa dan tabung baja, dll [11]. Baja *AISI 1045* digolongkan dalam jenis material baja karbon sedang, dimana biasanya jenis material banyak digunakan untuk membuat berbagai macam komponen dan *sparepart* mesin yang berkekuatan sedang seperti poros roda, gear, rantai, kruk as, dan masih banyak yang lainnya [12]. Pada tabel 1 dan 2 terdapat rincian spesifikasi masing-masing material secara detail. Spesifikasi yang terdapat pada tabel 1 dan 2 antara lain seperti *elastic modulus*, *poisson's ratio*, *shear modulus*, *mass desity*, *tensile strength*, *yield strength*, *thermal conductivity* dan *specific heat*.

Tabel 1. Spesifikasi Material AISI 1045

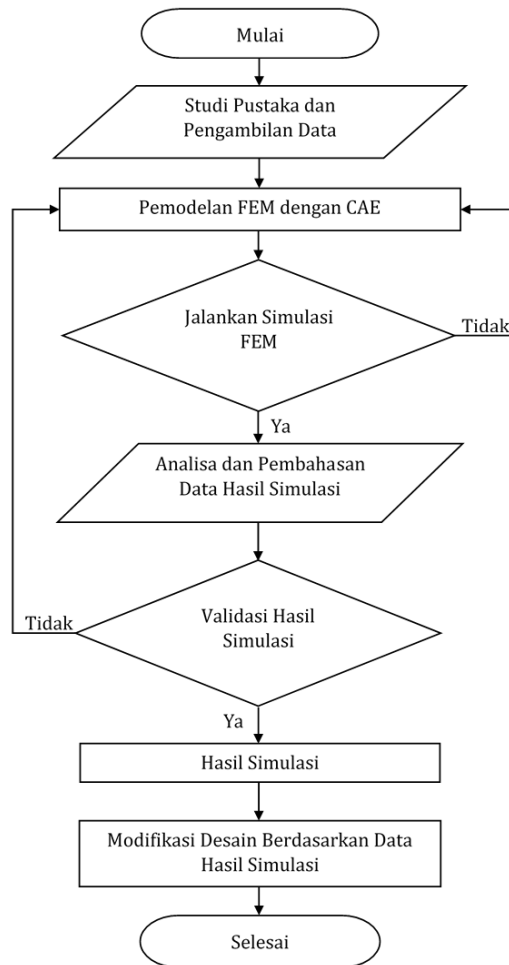
No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	<i>Elastic Modulus</i>	205000	N/mm ²
2	<i>Poisson's Ratio</i>	0,29	N/A
3	<i>Shear Modulus</i>	80000	N/mm ²
4	<i>Mass Density</i>	7850	Kg/m ²
5	<i>Tensile Strength</i>	625	N/mm ²
6	<i>Yield Strength</i>	530	N/mm ²
7	<i>Thermal Conductivity</i>	49.8	W/(m·k)
8	<i>Specific Heat</i>	486	Joule/(kg·k)

Tabel 2. Spesifikasi Material AISI 4130

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	<i>Elastic Modulus</i>	205000	N/mm ²
2	<i>Poisson's Ratio</i>	0,285	N/A
3	<i>Shear Modulus</i>	80000	N/mm ²
4	<i>Mass Density</i>	7850	Kg/m ²
5	<i>Tensile Strength</i>	731	N/mm ²
6	<i>Yield Strength</i>	460	N/mm ²
7	<i>Thermal Conductivity</i>	42.7	W/(m·k)
8	<i>Specific Heat</i>	477	Joule/(kg·k)

Flowchart Alur Penelitian

Flowchart adalah cara untuk menjelaskan tahap-tahap pemecahan masalah dengan mempresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dipahami, mudah digunakan dan standar [13]. Adapun tahapan yang dimaksud dapat dilihat pada skema pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

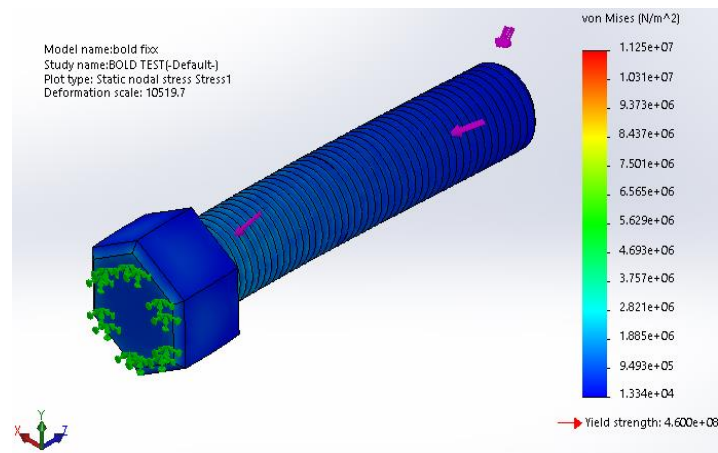
Hasil

Struktur baut dan pasak yang dijadikan objek penelitian setelah dilakukan perancangan akan dianalisa. Analisa ditujukan untuk membandingkan kekuatan objek penelitian apakah struktur dari objek penelitian dapat menerima beban yang diasumsikan atau tidak. Analisa kekuatan objek penelitian dilakukan dengan *CAE* menggunakan perangkat lunak *solidworks*. Beban yang dianalisa merupakan beban statis pada objek penelitian untuk membandingkan objek antara baut dan pasak yang memiliki kekuatan material lebih baik. Proses pengujian yang akan dilakukan menggunakan *software solidworks* antara lain analisis *stress* dan analisis *displacement*. Setelah didapatkan hasil dari simulasi selanjutnya *roll former* akan dimodifikasi dengan desain pengunci yang memiliki kekuatan material lebih baik.

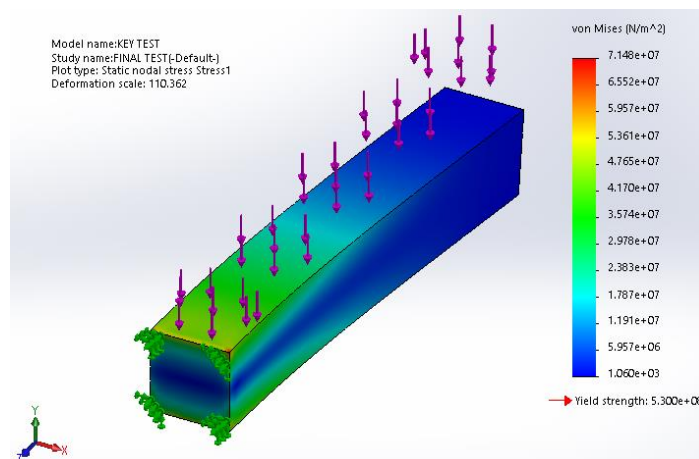
Simulasi Von Mises

Teori *von mises* merupakan teori plastisitas yang berlaku paling baik untuk bahan ulet, terutama material logam [14]. Simulasi *von mises* bertujuan untuk mengetahui *stress*, *yield strength* dan *displacement* pada objek yang disimulasi. Pada gambar 4 dan 5 analisa *von mises* akan diketahui *maximum stress*, *minimum stress* dan *yield strength* dari objek penelitian.

Sedangkan pada gambar 6 dan 7 analisa *von misses* akan diketahui nilai *displacement* pada objek penelitian.

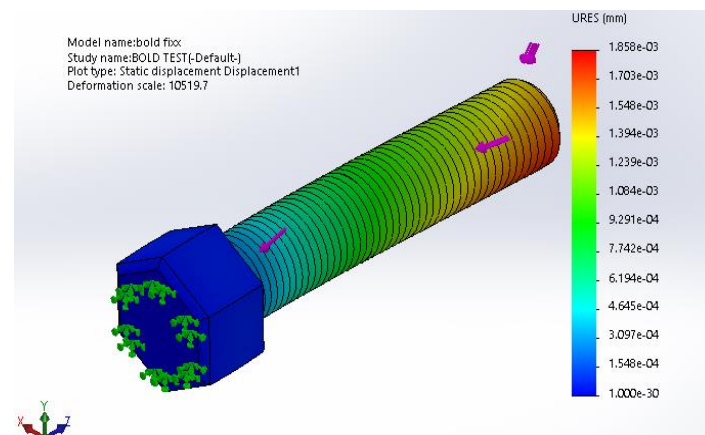


Gambar 4. Hasil Simulasi *Von Misses* Baut Material *AISI 4130*

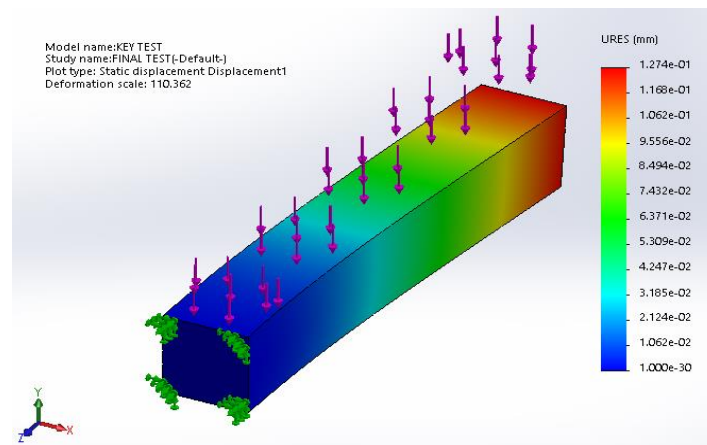


Gambar 5. Hasil Simulasi *Von Misses* Pasak Material *AISI 1045*

Dari simulasi pada gambar 4 dan 5, ditemukan bahwa baut dengan material *AISI 4130* *maximum stress* sebesar 11.250 MPa dan *yield strength* sebesar 460.000 MPa. Sedangkan pada pasak dengan material *AISI 1045* *maximum stress* sebesar 71.840 MPa dan *yield strength* 530.000 MPa. Simulasi pada objek penelitian menggunakan gaya (*F*) sebesar 1000 N.



Gambar 6. Hasil Simulasi *Von Misses Displacement* Baut Material *AISI 4130*



Gambar 7. Hasil Simulasi Von Misses Displacement Pasak Material AISI 1045

Dari simulasi *von misses displacement* pada objek penelitian yaitu baut dan pasak. Diketahui hasil dari *deformation scale* pada baut dengan material AISI 4130 adalah 10519,7. Sedangkan pada pasak dengan material AISI 1045 hasil *deformation scale* adalah 110.362.

Validasi Hasil Simulasi

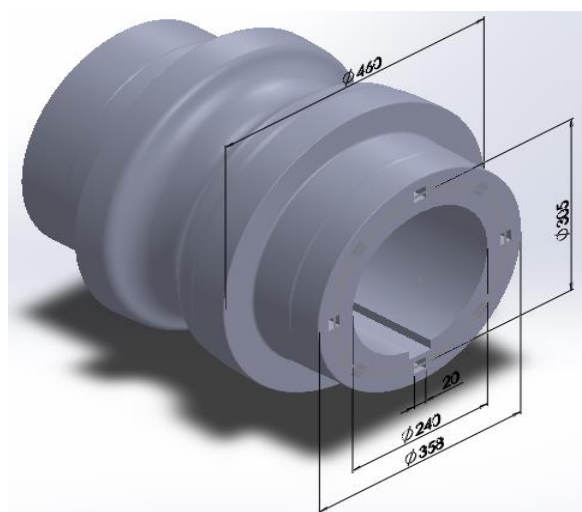
Validasi pada hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi *von misses* yaitu *maximum stress* dengan perhitungan teoritis. Pada tabel 3 hasil validasi menunjukkan perbandingan *maximum stress* dari perbandingan hasil simulasi *von misses* dengan perhitungan teoritis masih dibawah 5% sehingga model dapat digunakan.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Von Misses Dengan Perhitungan Teoritis

No	Objek	Hasil Simulasi	Perhitungan Teoritis	Error (%)
1	Baut AISI 4130	11.250 MPa	10.900 MPa	3,1%
2	Pasak AISI 1045	71.840 MPa	73.100 MPa	1,7%

Modifikasi Desain

Modifikasi desain dilakukan setelah analisis pada objek penelitian. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pasak memiliki konstruksi material yang lebih kuat daripada konstruksi material pada baut. Sehingga desain pengunci pada *roll former* akan dimodifikasi dari baut menjadi pasak. Pada gambar 8 merupakan modifikasi desain dari pengunci *roll former* yang sebelumnya menggunakan baut dimodifikasi menjadi pasak.



Gambar 8. Hasil Modifikasi Desain Pada Pengunci Roll Former

Pembahasan

CAE merupakan sebuah perangkat lunak untuk dapat menyelesaikan persoalan simulasi, analisis dan desain. Pada penelitian ini menggunakan analisis dan simulasi dengan metode eksperimen dengan *FEM. Finite element method (FEM)* adalah metode yang dapat digunakan untuk menganalisis distribusi tegangan pada sebuah struktur yang diberikan beban statis (*pressure*) [15]. Pada penelitian ini objek penelitian yang digunakan adalah baut dengan material *AISI 4130* dan pasak dengan material *AISI 1045*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan konstruksi dari baut dengan material *AISI 4130* dan pasak dengan material *AISI 1045*. Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks*. Hasil simulasi antara lain *maximum stress, minimum stress, yield strength* dan *displacement* pada konstruksi objek penelitian baik dari baut dengan material *AISI 4130* maupun pasak dengan material *AISI 1045*. Hasil simulasi akan menjadi acuan dalam modifikasi desain pada pengunci roll former.

Pada tabel 4 dan tabel 5 terdapat hasil simulasi pada objek penelitian baik dari baut dengan material *AISI 4130* dan pasak dengan material *AISI 1045*. Hasil simulasi pada objek penelitian antara lain *maximum stress, minimum stress, yield strength* dan *displacement*. Dari tabel 4 dan 5 terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada konstruksi objek penelitian. Data yang terkumpul berdasarkan simulasi menunjukkan bahwa objek penelitian pasak dengan material *AISI 1045* memiliki keunggulan pada kekuatan konstruksi daripada baut dengan material *AISI 4130*.

Tabel 4. Hasil Simulasi Baut Material *AISI 4130*

No	Keterangan	Nilai
1	<i>Maximum Stress</i>	11250 MPa
2	<i>Minimum Stress</i>	13,34 MPa
3	<i>Yield Strength</i>	460000 MPa
4	<i>Deformation Scale</i>	10519,7

Tabel 5. Hasil Simulasi Pasak Material *AISI 1045*

No	Keterangan	Nilai
1	<i>Maximum Stress</i>	71840 MPa
2	<i>Minimum Stress</i>	1.06 MPa
3	<i>Yield Strength</i>	530000 MPa
4	<i>Deformation Scale</i>	110362
4	<i>Deformation Scale</i>	110362

Pada gambar 9 menampilkan grafik perbandingan antara objek penelitian yaitu baut dengan material *AISI 4130* dan Pasak dengan material *AISI 1045*. Pada grafik menunjukkan bahwa pasak dengan material *AISI 1045* memiliki kekuatan yang lebih baik daripada baut dengan material *AISI 4130*. Hal tersebut terlihat jelas pada hasil dari simulasi terutama pada *maximum stress* dan *yield strength* dimana pasak dengan material *AISI 1045* lebih unggul daripada baut dengan material *AISI 4130*. Hasil *maximum stress* pada pasak dengan material *AISI 1045* adalah 71840 MPa sedangkan hasil *maximum stress* pada baut dengan material *AISI 4130* adalah 11250 MPa. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa kekuatan konstruksi dari pasak dengan material *AISI 1045* lebih unggul daripada baut dengan material *AISI 4130*. Selain itu hasil pada *yield strength* pada objek penelitian juga memiliki hasil yang jauh berbeda dimana pasak dengan material *AISI 1045* memiliki *yield strength* yang jauh lebih baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa baut dengan material *AISI 4130* memiliki *yield strength* sebesar 460000 MPa sedangkan pada pasak dengan material *AISI 1045* memiliki *yield strength* sebesar 530000

MPa. Dengan hasil tersebut maka pasak dengan material *AISI 1045* memiliki daya tahan terhadap tekanan yang lebih baik daripada baut dengan material *AISI 4130*. penelitian.



Gambar 9. Perbandingan Hasil Simulasi Objek Penelitian

Berdasarkan data dari gambar 9 yaitu grafik perbandingan baut dengan material *AISI 4130* dan pasak dengan material *AISI 1045*. Maka proses modifikasi desain pengunci *roll former* akan diubah dari pengunci baut menjadi pasak. Hal ini karena berdasarkan data pada gambar 9 secara konstruksi baik *stress* maupun *yield strength* pasak jauh lebih unggul daripada baut.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan perbedaan kekuatan konstruksi material yang mencolok pada baut dengan material *AISI 4130* dengan pasak material *AISI 1045*. *Maximum stress* pada pasak dengan material *AISI 1045* berdasarkan hasil simulasi senilai 71840 MPa sedangkan *maximum stress* pada baut dengan material *AISI 4130* hanya senilai 11250 MPa. Sehingga secara data pasak dengan material *AISI 1045* lebih tahan terhadap tekanan daripada baut dengan material *AISI 4130*. Hasil simulasi pada *yield strength* juga menunjukkan bahwa pasak dengan material *AISI 1045* memiliki *yield strength* senilai 530000 MPa sedangkan baut dengan material *AISI 4130* hanya memiliki *yield strength* senilai 460000 MPa. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik atau *yield strength* pada pasak dengan material *AISI 1045* lebih baik daripada baut dengan material *AISI 4130*.

Hasil akhir pada penelitian yang dilakukan adalah modifikasi desain pada pengunci *roll former*. Modifikasi desain pada penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki performa pada *roll former* yang seringkali mengalami anomali dikarenakan tidak kuatnya pengunci *roll former* menahan gerakan yang ditimbulkan dari *roll former*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa pengunci *roll former* dengan pasak memiliki kekuatan yang lebih baik dari pengunci *roll former* yang menggunakan baut. Dari hasil tersebut maka pengunci *roll former* akan dimodifikasi dari yang sebelumnya masih menggunakan baut akan diubah menjadi menggunakan pasak. Modifikasi yang dilakukan hanya pada pengunci *roll former* tanpa mengubah kontur pada *roll former*. Sehingga pada saat penerapan modifikasi desain tersebut *roll former* tidak mengalami perubahan desain secara total namun hanya perubahan desain minor yaitu pada pengunci *roll former* saja dan diharapkan dapat membuat proses produksi rim menjadi lebih efektif dan efisien.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini hanya berfokus pada analisa simulasi dan modifikasi desain. Maka untuk proses penelitian selanjutnya dapat menggunakan

alat uji tekan. Sehingga dapat mengevaluasi secara keseluruhan kualitas suatu material baik simulasi menggunakan CAE maupun pengujian dengan alat uji tekan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Yusuf, F. Yudhanto, and D. P. Purbajati, "Desain, Manufaktur dan Uji Kinerja Mesin Pengolah Serbuk Jahe Merah," *Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 87–92, 2021.
- [2] P. Bismantolo, I. Wiranto, and H. Van Hoten, "Proses *Rebending* Menggunakan *Roll Forming* Pada Plat Ss 400 / Jis G3101 Di Dalam Pembuatan *Corrugation Steel Plate* Model 47J9-1C," *Rekayasa Mek.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–37, 2020.
- [3] Muchid, "Desain 3D Kemasan Minyak Wangi Aplikasi CAD (*Computered Aided Design*) Dengan Metode Api (*Analysis Product Inspection*)," *J. Insek*, vol. 6, no. April, pp. 94–101, 2021.
- [4] N. Senduk, "Penerapan Teknik Penggambaran Garis Kontur Menggunakan Auto Cad 3D," *J. Tek. Sipil Terap.*, vol. 3, no. 2, p. 90, 2021.
- [5] Galih Prasetyo, F.X. Seto Agung Riyanto, "Analisa CAE Kekuatan Frame Unik Menahan Unit Powdering Pada Perancangan Mesin Ekstrusi Pengolah Plastik Bio-Organik Berbahan Dasar Singkong dan Gliserol," *IMDeC*, vol. 3, pp. 1–5, 2021.
- [6] J. S. Ratmonno Hari, Jennifer Ongko, Prostian Ari, Jehian Ezra, "Hasil Analisis CAE Untuk Menahan Beban Pada Frame Smart Farmshef," *Pembuatan Extruder Filam. 3D Print. Dengan Bahan Recycl. Plast. Pp*, vol. 3, pp. 1–7, 2021.
- [7] M. Syukron and R. M. A. Gusti, "Peleburan dan Pengecoran Alumunium A356 di CV.C-Maxi Alloy Aluminium, Kecamatan Umbulharjo, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, pp. 1–6, 2021.
- [8] M. I. Maulana, A. Hafizh, and A. Rasyid, "Simulasi Parameter Pengelasan Gesek Rotari Pada Al Alloy 6061 T-6 dan AISI 1018 Dengan Finite Element Method (FEM)," vol. 17, no. 2, pp. 38–47, 2022.
- [9] P. Pujiyanto and S. Virdhian, "Penyusunan (*Fitting*) Data Titik (Point Cloud) Dari Proses Pemindaian (*Scanning*) 3 Dimensi Pada Produk *Cylinder Head Cover*," *Met. Indones.*, vol. 36, no. 2, p. 84, 2018.
- [10] S. Sudianto, "Perbandingan Pemahaman Matematika Siswa antara yang Menggunakan Adobe Flash CS3 dengan *Software iMindMap™* pada Pokok Bahasan Limit Fungsi," *Didact. Math.*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2019.
- [11] O. Fariz Luthfi Nurulhadi, Rizal Hanafi, "Analisis Kekuatan dan Desain Frame Mini Bike 20 Inch Menggunakan Pendekatan Finite Element Method (*FEM*)," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 168–175, 2021.
- [12] E. Nugroho, S. D. Handono, A. Asroni, and W. Wahidin, "Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses *Heat Treatment* Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 99–110, 2019.
- [13] S. Syamsiah, "Perancangan Flowchart dan Pseudocode Pembelajaran Mengenal Angka dengan Animasi untuk Anak PAUD Rambutan," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 4, no. 1, p. 86, 2019.
- [14] Sofyan, "Pengaruh Kecepatan Angin," *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, p. 636087, 2013.
- [15] B. Handoko and H. A. Bakar, "Analisis Optimasi Tebal Rib Sayap Pesawat Wig in Ground Effect 2 Seat," vol. 4, no. 1, pp. 41–50, 2014.