

Analisis Kekuatan Struktur Rangka *Brake Lining Rivet Machine* Untuk Pemasangan Kampas Rem Dengan Sistem Hidrolik

Trio Setiyawan

Politeknik Negeri Semarang

Timotius Anggit Kristiawan

Politeknik Negeri Semarang

Tristan Yusuf Annas

Mahasiswa Politeknik Negeri Semarang

Alamat: Politeknik Negeri Semarang

Korespondensi penulis: trio.setiyawan@polines.ac.id.

Abstract. *The main objective of this research is to design a frame for a brake lining rivet machine that is sturdy when given a static load according to calculations that can be carried out by simulation. The simulation process is carried out using static structural type Solidworks software. The material used to make the frame structure is ASTM A36 steel with a density of 7,850 kg/m³ and a yield strength of 374 N/mm². The loading case on this frame is divided into 2 parts, namely the loading on the press tool holder and the hydraulic actuator holder. In the actuator holder, there were 2 cases of loading, namely F1 and F2 of 107.8 N and 2,191 N. Also in the press tool holder, there was an F3 loading case of 234,583 N. The von Mises stress on the actuator holder was 2.978 N/mm², with a value of the factor of safety is 125. While the press tool holder is 303.722 N/mm² with a factor of safety of 1.2. Based on these results, the value of the von Mises stress that occurs is still below the value of the yield strength of the material and the safety factor or factor of safety above number 1. So that the structural design of the brake lining rivet machine is categorized as safe from a given load.*

Keywords: *Brake Lining Rivet Machine, Frame, Safety of Factor, Static Structural, Safety of Factor, Von Mises Stress.*

Abstrak. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang rangka atau frame dari *brake lining rivet machine* yang kokoh saat diberikan pembebanan statis sesuai perhitungan dapat dilakukan dengan simulasi. Proses simulasi dilakukan menggunakan software solidworks jenis *static structural*. Material yang digunakan untuk membuat struktur rangka adalah baja ASTM A36 dengan massa jenis 7.850 kg/m³ dan *yield strength* 374 N/mm². Kasus pembebanan pada rangka ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu pembebanan padaudukan *press tool* dan kedudukan aktuator hidrolik. Pada kedudukan aktuator terjadi 2 kasus pembebanan, yaitu F1 dan F2 sebesar 107,8 N dan 2.191 N. Serta pada kedudukan *press tool* terjadi kasus pembebanan F3 yaitu sebesar 234.583 N. Hasil *von mises stress* pada kedudukan aktuator adalah 2,978 N/mm², dengan nilai *factor of safety* 125. Sedangkan pada kedudukan *press tool* adalah 303,722 N/mm² dengan *factor of safety* 1.2. Berdasarkan hasil tersebut, nilai *von mises stress* yang terjadi masih dibawah dari nilai *yield strength* material dan angka keamanan atau *factor of safety* diatas angka

1. Sehingga rancangan struktur pada *brake lining rivet machine* dikategorikan aman dari pembebanan yang diberikan.

Kata kunci: Mesin *Brake Lining Rivet*, Rangka, Faktor keamanan , Static Structural, Tegangan Von Mises.

LATAR BELAKANG

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi Indonesia, jumlah kendaraan angkutan umum jenis bus juga semakin meningkat. Menurut BPS (Badan Pusat Statistik) mencatat tahun 2016-2020 jumlah bus mengalami peningkatan mencapai 233.261 unit dengan rata-rata pertumbuhan 3,52% setiap tahunnya. Penambahan jumlah kendaraan bus ini menimbulkan permasalahan, salah satunya meningkatnya frekuensi angka kecelakaan akibat rem blong. Meskipun angka pasti kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh bus setiap tahunnya belum tersedia di kepolisian/dinas perhubungan darat, tetapi berita-berita di media menunjukkan kejadian tersebut cukup banyak yang diantaranya disebabkan oleh rem blong. Beragam faktor bisa menjadi penyebab, termasuk kampas rem *overheat*. Faktor lainnya adalah karena adanya malfungsi pada sistem pengereman, yaitu gap antara kampas rem dan rangkanya (*shoe brake*) karena paku keling pengikat kampas rem pada rangkanya tidak terpasang dengan sempurna.

Kendaraan dengan beban berat atau kecepatan relatif tinggi, serta banyak jalan yang menurun menyebabkan tingginya frekuensi pengereman kendaraan. Hal ini mengakibatkan umur kampas rem menjadi lebih pendek. Rata-rata 2 minggu sekali kampas rem bus yang beroperasi di jalan raya antar kota atau antar propinsi harus diganti karena aus. Proses rebuild (mengganti dan memasang) kampas rem di beberapa bengkel transportasi masih menggunakan teknik manual dan tidak mengikuti prosedur yang telah distandarkan oleh APTA BTS-SS-RP-003-07. Teknik manual pemasangan kampas rem yang biasa dilakukan diawali dengan paku keling yang dipasangkan terlebih dahulu pada rangkanya, kemudian di palu satu persatu tanpa memperhatikan teknik dan gap maksimum yang distandarkan. Hal tersebut dapat menjadikan lepasnya kampas rem saat menerima beban geser akibat pengeraman. Serta pada saat proses pengelangan membutuhkan waktu yang lama karena dilakukan satu persatu. Maka untuk mengatasi berbagai masalah tersebut dibuatlah rancangan alat bantu pemasangan kampas rem atau

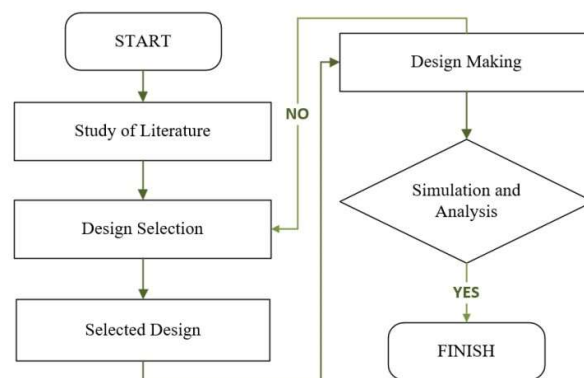
brake lining rivet machine yang menggunakan sistem hidrolik untuk mempercepat pemasangan dan meningkatkan kualitas hasil pemasangan kampas rem. Dalam mendesain mesin tersebut perlu adanya perhitungan yang sesuai dengan kebutuhan sehingga tidak terjadi kelebihan beban. Oleh karena itu, perlu dirancang rangka (*frame*) untuk memenuhi tingkat keamanan konstruksi. Hal ini diperlukan untuk memilih bahan yang sesuai dengan kondisi pembebanan yang diterima.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada analisis pembebanan statis rangka *brake lining rivet machine*. Desain dan analisis yang dibuat menggunakan software Solidworks. Proses desain dari rangka mesin dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan data untuk mencari kebutuhan pembebanan dan ukuran komponen pendukung hingga mencapai desain akhir yang sesuai kebutuhan, dan diakhiri dengan hasil simulasi desain.

Proses simulasi memperhatikan langkah-langkah penting dengan tujuan untuk mencapai yang diharapkan hasil. Langkah-langkah tersebut antara lain sebagai berikut.

- (1) Membuat kerangka berdasarkan kebutuhan dan studi literatur yang telah dilakukan
- (2) Pemilihan model analisis yang akan digunakan
- (3) Menentukan *frame* bahan yang akan digunakan
- (4) Menerapkan gaya ke titik yang diinginkan sesuai dengan perkiraan yang dihitung
- (5) Menentukan geometri tetap atau tumpuan *frame*
- (6) Melakukan proses meshing
- (7) Menjalankan simulasi statis perhitungan pembebanan pada *frame*
- (8) Melihat dan menganalisa hasil simulasi. Hasil akhir simulasi pembebanan statis pada rangka mesin adalah desain rangka yang kokoh dan sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

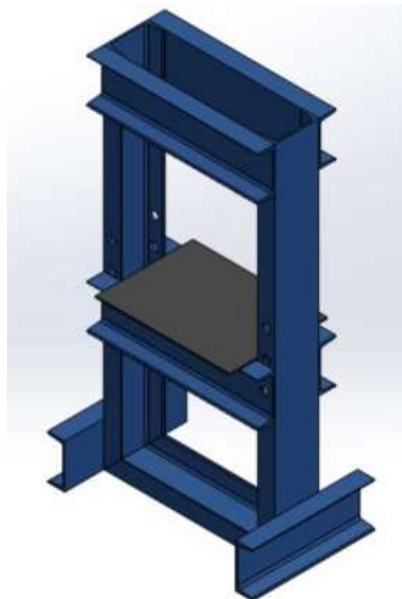
1. Spesifikasi Desain

Dalam pembuatan rangka mesin diperlukan bahan yang sesuai dengan kebutuhan agar diperoleh kualitas yang baik (*good quality*), umur panjang (*long service life*), dan harga murah (*low pricess*). Ini adalah hal yang paling mendasar sebagai pertimbangan untuk membuat rangka mesin. Material rangka yang digunakan adalah baja ASTM A36 dengan dengan profil U atau baja UNP ukuran 180 x 21 mm dan papan baja dengan material yang sama dengan ukuran 550 x 400 x 8 mm. Dasar pemilihan ASTM A36 adalah karena bahan ini tidak mudah runtuh, kokoh, dan memiliki ketahanan yang kuat, sehingga diharapkan *frame* akan memiliki masa pakai yang lebih lama.

Tabel 1. Sifat (*Properties*) material Baja ASTM A36

<i>Attributes</i>	<i>Units</i>
<i>Density</i>	7845 kg/m ³
<i>Tensile strength: ultimate</i>	590 MPa
<i>Tensile Strength: yield</i>	374 MPa
<i>Modulus of elasticity</i>	200 GPa
<i>Rasio: Poisson's</i>	0,29
<i>Heat Capacity (Nature: Specific at 100^o C)</i>	0,486 kJ/kg-K
<i>Thermal Conductivity</i>	50,7 W/mK
<i>Melting Point</i>	1521°C

Sumber : (Sastry et al., 2019)



Gambar 2. Desain Rangka *Brake Lining Rivet Machine*

2. Analisa Beban

Perhitungan beban dilakukan untuk mengetahui gaya yang terjadi pada rangka dan reaksi yang diterima olehnya (Ref). Berdasarkan perhitungan data pembebanan yang direncanakan pada struktur rangka mesin, diketahui massa silinder hidrolik adalah 11 kg (m_1). Untuk proses pemasangan kampas rem menggunakan *press tool* yang memiliki massa 355 kg (m_2) dan beban yang dibutuhkan untuk proses pengelingan adalah 11 kN. Dalam simulasi perhitungan pembebanan statis, beban akan dibagi menjadi dua sesuai dengan desain rangka, yaitu W_1 dan W_2 . Besarnya gaya yang akan diterima oleh rangka yaitu:

F_1 = Beban aktuator

$F_1 = m_1 \times g$

$F_1 = 11 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$

$F_1 = 107,8 \text{ N}$

F_2 = Beban yang diterima dudukan aktuator saat gerakan mengangkat (*pull*)

$F_2 = m_2 \times g$

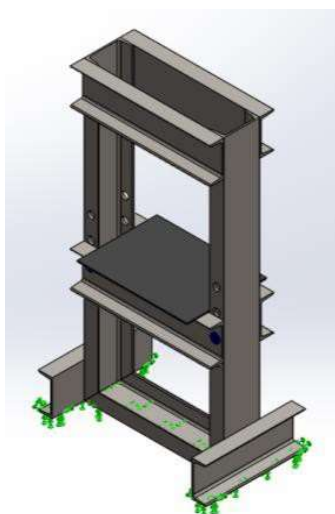
$F_2 = 233,64 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$

$F_2 = 2.191,672 \text{ N}$

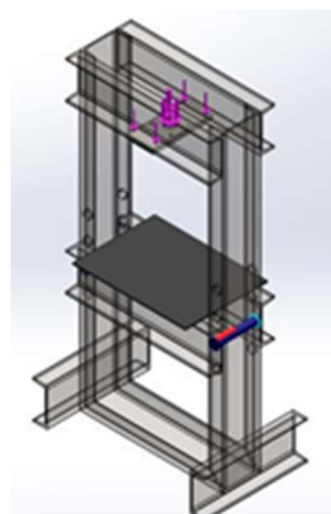
F_3 = Beban yang diterima rangka saat proses pengelingan

F_3 = beban *press tool* + beban pengelingan

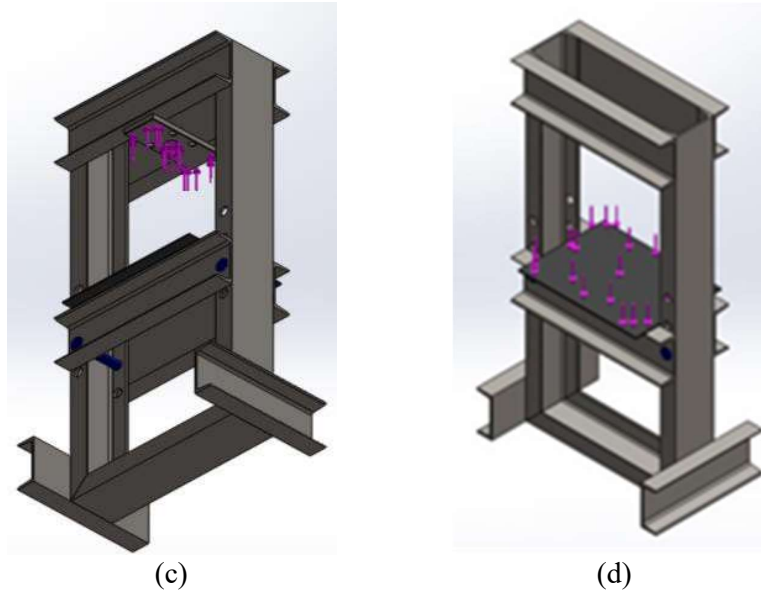
$F_3 = (355 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (231.104 \text{ N})$ $F_3 = 234.583 \text{ N}$



(a)



(b)



Gambar 3. Boundary conditions (a) Fixed geometry (b) External loads of F_1 (c) External loads of F_1 dan (d) External loads of F_3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan simulasi pembebanan, maka dianalisis terlebih dahulu pengaturan *mesh* untuk mendapatkan hasil mendekati kenyataan (*real*). Untuk mendapatkan mesh terbaik dilakukan uji coba dengan membandingkan variasi ukuran *element size* terhadap nilai simulasinya. Berikut hasil uji coba variasi ukuran elemen pada simulasi rangka *brake lining rivet machine*.

Tabel 2. Nilai uji coba variasi ukuran elemen

No	Element Size (mm)	Total Element	Nilai Von Mises Stress (MPa)
1.	44 (<i>default</i>)	12105	267,964
2.	40	13306	262,491
3.	35	16931	290,155
4.	30	21271	299,218
5.	25	28640	303,535
6.	20	42367	286,98
7.	19	47720	296,955
8.	17	57463	305,519

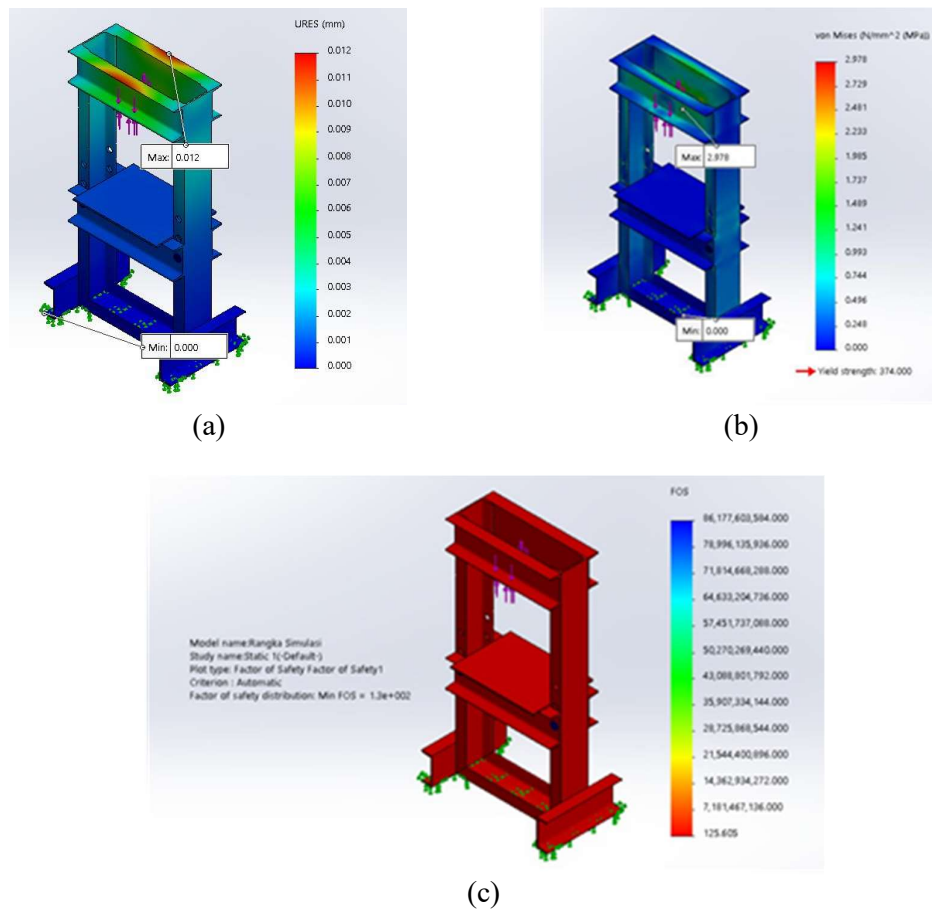


Gambar 4. Hasil Perbandingan *Total Element* dengan Hasil *Von mises stress*

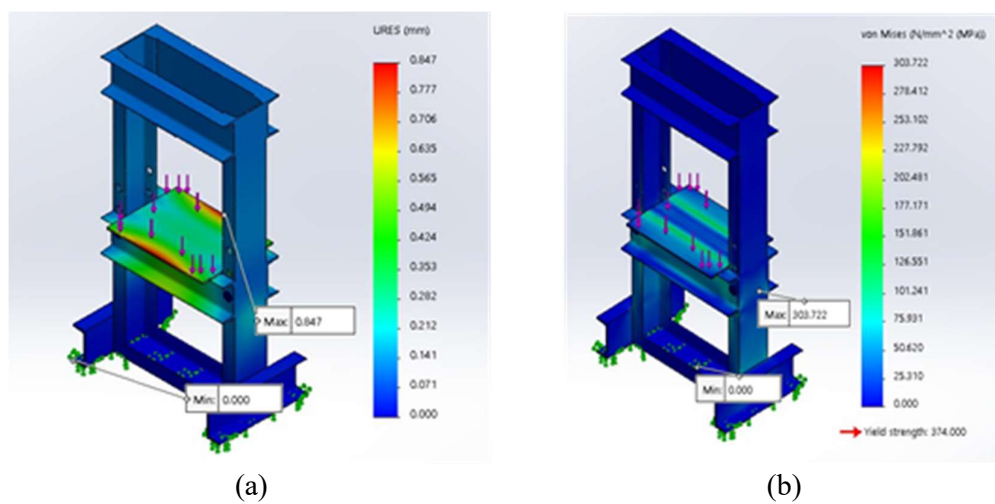
Pada elemen yang berukuran 35 mm, kenaikan hasil simulasi sangat signifikan dan masih konsisten hingga elemen yang berukuran 25 mm. Setelah diubah ukuran elemen menjadi 20 mm, hasil simulasi menjadi turun. Maka berdasarkan total hasil variasi perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa *mesh* yang terbaik dengan jumlah elemen 21271 yang berukuran 30 mm. Setelah mendapatkan ukuran *mesh* yang terbaik, langkah selanjutnya dapat melakukan simulasi pembebanan pada rangka *brake lining rivet machine* untuk mendapatkan nilai atau parameter yang diinginkan.

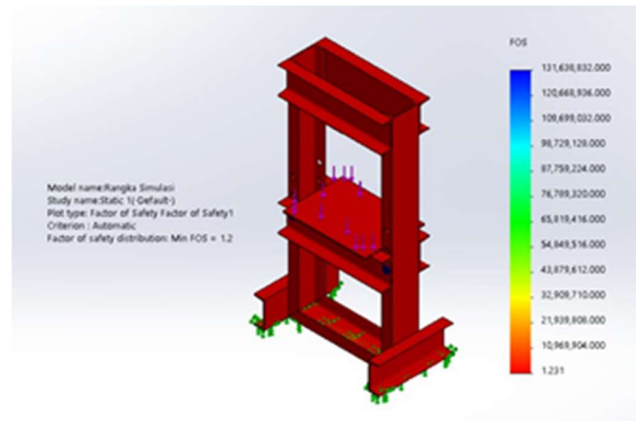
Pada elemen yang berukuran 35 mm, kenaikan hasil simulasi sangat signifikan dan masih konsisten hingga elemen yang berukuran 25 mm. Setelah diubah ukuran elemen menjadi 20 mm, hasil simulasi menjadi turun. Maka berdasarkan total hasil variasi perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa *mesh* yang terbaik dengan jumlah elemen 21271 yang berukuran 30 mm. Setelah mendapatkan ukuran *mesh* yang terbaik, langkah selanjutnya dapat melakukan simulasi pembebanan pada rangka *brake lining rivet machine* untuk mendapatkan nilai atau parameter yang diinginkan.

Pembebanan pada rangka dudukan aktuator F1 dan F2, terjadi lenturan maksimum dengan nilai *displacement* 0,012 mm (Gambar 5.a) dan nilai *Von Misses Stress* adalah 2,978 N/mm², dimana nilai tersebut masih dibawah nilai *Yield Strength* material yang digunakan, yaitu 374 N/mm² (Gambar 5.b). Sedangkan nilai angka keamanan atau *factor of safety* pembenanan adalah 125 (Gambar 5.c).



Gambar 5. Hasil Simulasi dari $F1$ dan $F2$ (a) von misses stress (b) displacement and (c) factor of safety





(C)

Gambar 6. Hasil simulasi dari F3 (a) von mises stress (b) displacement and (c) factor of safety

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut (1) Beban yang diberikan dibagi menjadi 2 kasus, yaitu F1 dan F2 pada dudukan aktuator dan F3 pada papan *press tool*, dengan masing-masing 107,8 N; 2.191,672 N; dan 234.583 N. (2) Hasil simulasi *displacement* yang di hasilkan pada dudukan aktuator dan papan *press tool* adalah 0,012 mm dan 0,847 mm. (4) Nilai *von mises stress* maksimum pada dudukan aktuator dan papan *press tool* berturut-turut adalah 2,978 N/mm² 303,722N/mm². (3) Nilai keamanan atau *factor of safety* pada dudukan aktuator dan papan *press tool* adalah 125 dan 1,2.

Berdasarkan kesimpulan dari nilai von mises stress dan *factor of safety* simulasi rangka *brake lining rivet machine*, maka struktur rangka ini termasuk dalam kategori aman. Karena nilai tegangan yang terjadi pada kedua kasus masih dibawah dari *yield strength* material, serta *factor of safety* didapatkan nilai diatas 1. Jadi rangka ini dapat dilanjutkan ke proses fabrikasi dan mampu menahan beban yang terjadi.

DAFTAR REFERENSI

- Bisono, R. M., Hafidhoh, N., & Salim, A. T. A. (2021). Strength Analysis of Frame Structure Loading in Planning Using Solidworks Static Simulation Study. *Biomedical and Mechanical Engineering Journal (BIOMEJ)*, 1(2), 26-32.
- Sastry, C. C., Hariharan, P., Pradeep Kumar, M., & Muthu Manickam, M. A. (2019). Experimental investigation on boring of HSLA ASTM A36 steel under dry, wet, and cryogenic environments. *Materials and Manufacturing Processes*, 34(12), 1352-1379.
- Wibowo, D. B., & Haryanto, I. (2015). Kegagalan Fungsi Pengereman Bis Dan Truk Akibat Rusaknya Komponen Rakitan Kampas Rem. *ROTASI*, 17(1), 19-28.
- Wirabuana, R. P., & Wibowo, D. B. (2015). Analisis Kekuatan Paku Keling pada Sub-Asembly Kampas Rem Bus. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 3(1), 38-43.
-