



**PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN
RUMAH AXLE DEPAN MOBIL DESA DENGAN
METODE *REVERSE ENGINEERING***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin**

Oleh :

Prio Dwi Atmojo

NIM.5212416030

**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2021**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Prio Dwi Atmojo

NIM : 5212416030

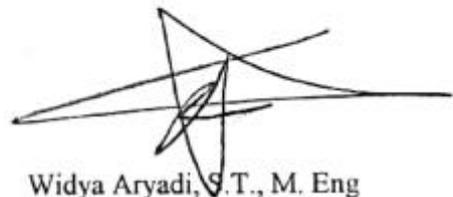
Progam Studi : Teknik Mesin

Judul : Perancangan dan Analisis Kekuatan Rumah *Axle* Depan Mobil
Desa dengan Menggunakan Metode Reverse Engineering

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Progam Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 18 Febuari 2021

Pembimbing



Widya Aryadi, S.T., M. Eng
NIP. 197209101999031001

PENGESAHAN

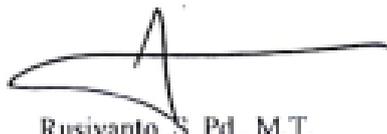
Skripsi dengan judul "Perancangan dan Analisis Kekuatan Rumah *Axle* Depan Mobil Desa Dengan Metode *Reverse Engineering*" telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES Tanggal 18 bulan Maret tahun 2021

Oleh

Nama : Prio Dwi Atmojo
NIM : 5212416030
Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua Ujian



Rusiyanto, S. Pd., M.T.
NIP. 197601012003121002

Sekretaris Ujian



Samsudin Anis S.T., M.T., Ph. D
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



Drs. Sawahyo, M. Pd.
NIP. 195905111984031002

Penguji 2



Drs. Sunyoto, M.Si.
NIP. 196511051991021001

Pembimbing



Widya Aryadi, S.T., M. Eng
NIP. 197209101999031001



Mengetahui
Fakultas Teknik UNNES

Drs. Nur Qudus, M.T., IPM
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun diperguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa ada pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan dari Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik tanpa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku dalam perguruan tinggi.

Semarang 18 Maret 2021

Yang membuat pernyataan,



Prio Dwi Atmojo
NIM. 5212416030

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto : Keberhasilan itu hanya bisa dilakukan oleh diri sendiri Bukan dari orang lain

Keberhasilan bukan berapa banyak yang kita dapatkan tetapi berapa banyak yang dapat kita berikan serta berarti untuk orang lain

Berdoalah kepada Tuhanmu dengan berendah diri dan suara yang lembut, sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang melampaui batas (Q.S. Al A'raf (7) : 55).

Persembahan :

1. Untuk ayah, ibu, kakak dan adikku tercinta
2. Seluruh teman seperjuangan Teknik Mesin S1 UNNES
3. Almamater Universitas Negeri Semarang yang selalu saya banggakan

SARI

Prio Dwi Atmojo. 2021. Perancangan dan analisis kekuatan rumah *axle* depan mobil desa dengan metode *reverse engineering*. Widya Aryadi, S.T., M. Eng. Progam Studi Teknik Mesin.

Pengembangan rumah *axle* di Indonesia yang terbilang masih minim dan perlu pengembangan lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan desain rumah *axle*, dan menganalisis kekuatan rumah *axle* secara simulasi menggunakan *software*.

Penelitian ini menggunakan metode *reverse engineering* atau pengembangan sebuah produk rumah *axle* depan Suzuki JB33 dan simulasi metode element hingga (*finite element*) pada desain rumah *axle* dengan menggunakan *software CATIA V5R19*. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi ketebalan material 2 mm, 2.5 mm, 3 mm, 3.5 mm. Material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan baja ST60.

Hasil simulasi yang menunjukkan nilai *safety factor* dari variasi ketebalan material 2 mm, 2.5 mm, 3 mm, 3.5 mm berturut-turut 2.08, 2.55, 3.09, 3.49. Desain rumah *axle* yang dibuat dalam bentuk 2D dan 3D, hasil desain rumah *axle* yang paling optimal menahan beban gaya adalah rumah *axle* yang memiliki ketebalan material 3,5 mm yaitu dengan nilai *von mises stress* sebesar 6,14 MPa, *displacement* sebesar 0,0239 mm dan nilai *safety factor* sebesar 3,49. Luaran dari penelitian ini berupa gambar kerja hasil desain rumah *axle*.

Kata Kunci : *Axle, Reverse Engineering, Analysis Stress, CATIA V5R19*

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat serta salam juga kita haturkan pada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang dan semoga kita termasuk umatnya yang mendapatkan syafa'atnya di yaumul akhir nanti.

Skripsi dengan judul **"Perancangan dan Analisis Kekuatan Rumah Axle Depan Mobil Desa dengan Menggunakan Metode Reverse Engineering"** dapat terselesaikan berkat bantuan, bimbingan, motivasi dan doa dari berbagai pihak. Sebagai rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Widya Aryadi, S. T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran kepada penulis.
4. Drs. Suwahyo M.Pd dan Drs. Sunyoto M.Si sebagai dosen penguji 1 dan dosen penguji 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran kepada penulis.

Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendo'akan serta memberikan dukungan dan motivasi.

1. Tim penelitian perancangan yang menjadi patner terbaik pada penelitian kali ini (Yosep David Pagestu).
2. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin angkatan 2016 yang telah memberikan motivasi dan saran kepada penulis.
3. Teman-teman seperjuangan atas kebersamaan dan semua motivasi yang tercurah kepada penulis.
4. CRC Mesin UNNES, RISTEK UNNES dan Padepokan Fake House yang telah mengajarkan banyak hal di luar perkuliahan.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun terhadap skripsi ini.

Semarang, 18 Desember 2020



Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
SARI	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Perancangan	8
2.2.2 Metode Perancangan French	8
2.2.3 Metode Perancangan Pahl and Beitz	9

2.2.4	Metode Perancangan VDI	9
2.2.5	Reverse Engineering.....	10
2.2.6	Pengertian <i>Axle Housing</i>	11
2.2.7	Komponen <i>Axle Housing</i>	12
2.2.8	Bahan Material baja ST 60	14
2.2.9	Distribusi Beban Gaya Pada <i>Axle</i>	16
2.2.10	<i>Autodesk Inventor</i>	19
2.2.11	<i>CATIA</i>	22
2.2.12	<i>Finite element Method (FEM)</i>	22
2.2.13	<i>Safety Factor</i>	26
BAB III METODE PERANCANGAN		27
3.1.	Model Rancangan.....	27
3.2.	Prosedur Perancangan	27
3.3.	Waktu dan Tempat Perancangan	30
3.3.1	Waktu Perancangan.....	30
3.3.2	Tempat Perancangan	30
3.4	Bahan dan Alat Perancangan	30
3.4.1	Alat.....	30
3.4.2	Bahan	30
3.5	Parameter Penelitian.....	31
3.6	Teknik Analisis Data	31
3.7	Validasi Hasil Rancangan.....	33
3.8	Desain Rancangan	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Hasil Penelitian	35
4.1.1	Studi Literatur	35
4.1.1.1	Spesifikasi Material	35
4.1.1.2	<i>Software Autodesk Inventor</i>	36
4.1.1.3	<i>Software Catia</i>	36
4.1.1.4	Jenis Rumah <i>Axle</i>	36

4.1.1.5	Fungsi Rumah <i>Axle</i> Depan	37
4.1.2	Identifikasi Kebutuhan Produk	37
4.1.3	Konsep Produk	40
4.1.4	Uji Simulasi.....	42
4.4.1.1	Asumsi Perhitungan Pembebanan	42
4.4.1.2	Data Hasil Simulasi Rumah <i>Axle</i> Depan.....	42
4.4.1.3	Hasil Uji Simulasi	44
4.4.1.4	Validasi Persyaratan Teknis Oleh Pakar Desain	48
4.2	Pembahasan	51
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		63

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

Mpa	Megapascal	Mo	Molybdenum
Kg	Kilogram	Cu	Copper
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	W	Tungsten
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	Tit	Titanium
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>	Sn	Tin
FF	<i>Front Engine Front Drive</i>	Al	Aluminium
FR	<i>Front Engine Rear Drive</i>	Pb	Timbal
RR	<i>Rear Engine Rear Drive</i>	Ca	Kalsium
MR	<i>Middle Engine Rear Drive</i>	Zn	Seng
4WD	<i>Four Wheel Drive</i>	Fe	Besi
AWD	<i>All Wheel Drive</i>	ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
C	<i>Carbon</i>	ANSI	<i>American National Standards</i>
°C	<i>Celcius</i>	JIS	<i>Japanese Industrial Standard</i>
N/mm ²	Newton per Millimeter Persegi	DIN	<i>Deutsche Industrie Norm</i>
Si	Silikon	Mn	Mangan
S	Sulfur (Belerang)		
P	Fosfor		
Ni	Nikel		
Cr	Krom		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Pengujian Tarik.....	14
Tabel 2. 2 Pengujian Komposisi	15
Tabel 2. 3 Klasifikasi Logam Ferrous.....	16
Tabel 4. 1 Material Properties Baja ST 60.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram alir metode perancangan VDI	10
Gambar 2. 2 Rumah gandar tipe salisbury.....	13
Gambar 2. 3 Rumah gandar tipe Banjo.....	13
Gambar 2. 4 Tegangan pada balok.....	19
Gambar 2. 5 model 3D element h (kiri) dan element p (kanan)	24
Gambar 2. 6 model 2D element h (kiri) dan element p (kanan)	25
Gambar 3. 1 Flowcart Penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Desain Tampak Depan	33
Gambar 3. 3 Desain Tampak Atas	34
Gambar 3. 4 Desain Tampak Bawah.....	34
Gambar 3. 5 Desain Tampak Samping Kanan.....	34
Gambar 3. 6 Desain Tampak Samping Kiri	34
Gambar 4. 1 Desain rumah <i>axle</i> depan suzuki JB33 ketebalan 3 mm	38
Gambar 4. 2 Analisis von mises stress desain rumah <i>axle</i> depan suzuki JB33.....	39
Gambar 4. 3 Analisis displacement desain rumah <i>axle</i> depan suzuki JB33.....	39
Gambar 4. 4 Desain Rumah <i>Axle</i> Depan Awal.....	41
Gambar 4. 5 Desain Rumah <i>Axle</i> Depan Terbaru.....	41
Gambar 4. 6 Hasil uji simulasi von mises stress rumah <i>axle</i> ketebalan 2 mm.....	44
Gambar 4. 7 Hasil uji simulasi von mises stress rumah <i>axle</i> ketebalan 2,5 mm.....	45
Gambar 4. 8 Hasil uji simulasi von mises stress rumah <i>axle</i> ketebalan 3 mm.....	45
Gambar 4. 9 Hasil uji simulasi von mises stress rumah <i>axle</i> ketebalan 3,5 mm.....	46
Gambar 4. 10 Hasil uji simulasi displacement rumah <i>axle</i> ketebalan 2 mm.....	46

Gambar 4. 11 Hasil uji simulasi displacement rumah <i>axle</i> ketebalan 2,5 mm.....	47
Gambar 4. 12 Hasil uji simulasi displacement rumah <i>axle</i> ketebalan 3 mm.....	47
Gambar 4. 13 Hasil uji simulasi displacement rumah <i>axle</i> ketebalan 3,5 mm.....	47
Gambar 4. 14 Grafik Von Mises Stress Maksimum Rumah <i>Axle</i> Depan	51
Gambar 4. 15 Grafik Von Mises Stress Minimum Rumah <i>Axle</i> Depan.....	52
Gambar 4. 16 Grafik Displacement Maksimum Rumah <i>Axle</i> Depan	53
Gambar 4. 17 Grafik Displacement Minimum Rumah <i>Axle</i> Depan	54
Gambar 4. 18 Grafik Safety Factor Maksimum Rumah <i>Axle</i> Depan.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain 2D Acuan Rumah <i>Axle</i>	63
Lampiran 2 Desain 3D Acuan Rumah <i>Axle</i>	64
Lampiran 3 Desain 2D Rumah <i>Axle</i> Terbaru	65
Lampiran 4 Desain 3D Rumah <i>Axle</i> Terbaru	66
Lampiran 5 Lembar Validasi Desain Rumah <i>Axle</i> Depan	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Merespon pesatnya pasar otomotif di Indonesia, pada tahun 2012 Universitas Negeri Semarang (UNNES) bekerjasama dengan Kementerian Perindustrian (Kemperin) merancang mobil pedesaan dengan mesin yang disuplai PT Vitar. Mobil pedesaan ini dinilai perlu untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan mobilitas serta produktivitas masyarakat pedesaan. Mobil pedesaan ini direncanakan untuk diproduksi massal sehingga perlu dilakukan peningkatan mutu dan kualitas kendaraan agar dapat bersaing di pasar otomotif. Peningkatan mutu kendaraan dilakukan dalam hal keamanan, kenyamanan, kemudahan dalam pemakaian dan keindahan desain kendaraan (Prameswari dan Yohanes, 2019: 67)

Menurut data spesifikasi dari RISTEKDIKTI yang dilansir di *website* RISTEKDIKTI dengan mesin 1000 cc, mobil tipe *pick up* itu dapat diklaim menghasilkan tenaga yang lebih kuat dari pickup lain dikelasnya. Mobil jenis ini cocok digunakan untuk daerah pedesaan, dataran tinggi dan pelosok wilayah terluar dan tertinggal. Selain itu, harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan harga mobil pickup yang sudah ada dipasaran.

Laman yang dilansir dari *website* detik otomotif, mobil pedesaan menggunakan sistem bakar injeksi. Untuk rangka dan body menggunakan konstruksi *chassis* tangga agar lebih nyaman. *Chassis* ini dibuat di Tegal dan sisanya dikerjakan di Semarang. Suspensinya menggunakan 3 *link* dengan *coil spring* dan *rigid axle*. Untuk kapasitas angkut bisa mengangkut 900 kg beban. Mobil pedesaan ini sudah

lulus uji emisi *Euro 2* dan uji layak jalan 100 ribu kilometer. Mobil pedesaan harus mampu menahan beban dari body dan mesin, oleh karena itu harus mempunyai komponen yang kuat terutama bagian *axle* depan.

Pada bagian rumah *axle* mobil pedesaan menggunakan rumah *axle* pada mobil Suzuki JB33 dengan asumsi pembebanan pada rumah *axle* depan mobil sebesar 60% berat dari kendaraan ditambah dengan beban hidup, didapatkan pembebanan sebesar 3.678,75 N. Hasil analisis rumah *axle* depan tipe Suzuki JB33 menunjukkan tegangan maksimum sebesar 22,53 Mpa terjadi pada bagian kingpin, sedangkan stress minimum sebesar 0,000000116 Mpa. Untuk *displacement* maksimum sebesar 0,0961 mm, dan untuk deformasi minimum sebesar 0 mm.

Berdasarkan masalah diatas dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memperbaharui atau pengembangan sebuah desain yang ada dan diharapkan lebih kuat menggunakan metode perancangan *french*. Dari latar belakang diatas penulis melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan Dan Analisis Kekuatan *Axle* Depan Mobil Desa Menggunakan Metode *Reverse Engineering*” untuk me-*reverse engineering axle* pada mobil pedesaan yang selama ini diimpor.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang dapat ditentukan identifikasi masalah sebagai berikut:

- 1) Belum adanya pengetahuan tingkat kekuatan rumah *axle* mobil desa yang *direverse engineering*.
- 2) Belum adanya pengetahuan tentang variasi ketebalan bahan yang tepat untuk merancang rumah *axle*.

- 3) Belum adanya pengetahuan tentang pengembangan rumah *axle* mobil desa yang selama ini diimpor, untuk meningkatkan kekuatan rumah *axle* mobil desa.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah :

- 1) Rancangan desain rumah *axle* dibuat mengikuti medan dan infrastruktur pada daerah pedesaan.
- 2) Membuat rancangan desain rumah *axle* produk lokal pada mobil pedesaan.
- 3) Penelitian desain rumah *axle* hanya pada bagian depan.
- 4) Menjadikan desain rumah *axle* bagian depan dapat menopang beban yang ditentukan.

1.4. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana desain rumah *axle* depan mobil desa yang memiliki kekuatan yang paling aman dan proporsional?
- 2) Bagaimana hasil terendah pada uji simulasi *von mises stress, displacement, safety factor* pada desain rancangan rumah *axle* depan mobil desa dalam bentuk 3D model dengan menggunakan *software CATIA*?

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghasilkan :

- 1) Menghasilkan desain rumah *axle* yang memiliki kekuatan yang paling aman dan proporsional dengan menggunakan *software drawing inventor* dan *software analysis CATIA*.

- 2) Mengetahui nilai terendah pada simulasi *von mises stress, displacement, safety factor* pada desain rancangan rumah *axle* depan mobil desa dalam bentuk 3D model dengan menggunakan *software CATIA*

1.6. Manfaat Penelitian

- 1) Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pengembangan *axle* mobil desa yang mudah diproduksi dan berbiaya murah.
- 2) Menambah pengetahuan tentang perancangan rumah *axle* mobil desa dengan metode simulasi 3D berbasis *software drawing inventor* dan analisis uji kekuatan *axle* menggunakan *software CATIA*.
- 3) Menghasilkan rumah *axle* angkutan kendaraan umum pedesaan yang aman dan kuat bagi penggunanya.
- 4) Memberikan kontribusi pengembangan dan wawasan mengenai perancangan rumah *axle* dengan metode simulasi 3D berbasis *software*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Perancangan dan analisis kekuatan rumah *axle* depan mobil desa dengan menggunakan metode *reverse engineering* dan aplikasi yang digunakan adalah *software autodesk inventor* sebagai pembuatan desain 2D dan 3D, sedangkan *software catia V5R21* sebagai analisis desain. Desain perancangan diperkirakan harus lebih kuat dari desain sebelumnya. Berikut ini penelitian terdahulu yang berkaitan atau relevan sebagai acuan penelitian ini :

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Ahire dan Munde (2016) menjelaskan hasil dari analisa rumah *axle* depan menggunakan *software ansys* dengan material 27C15 menunjukkan hasil tegangan maksimum sebesar 263.93 MPa dan *von-mises* maksimum sebesar 274.25 MPa yang relatif aman karena berada dibawah tegangan maksimum material 720 MPa. Untuk defleksi maksimum ditengah sebesar 7.30 mm dan pada bantalan sebesar 4.75 mm relatif aman karena berada dibawah defleksi maksimum tengah sebesar 11.93 mm dan defleksi bantalan maksimum sebesar 7.845 mm, untuk beban maksimum yang dapat diangkut oleh rumah *axle* depan sebesar 3500 kg = 35000N.

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Ruban dan Sivaganesan (2016) menjelaskan untuk analisis desain dan optimasi poros depan kendaraan komersial meliputi : (i) uji gaya vertikal sebesar 0.2 g – 3 g, (ii) uji pengereman dengan gaya vertikal sebesar 1g – 2.8 g pada titik lintasan dan gaya pengereman 0 g – 2.0 g pada radius gelinding ban ke arah belakang, (iii) uji menikung dengan gaya vertikal

0,5 g – 1,5 g dengan gaya *cornering* (lengkukan) 0,25 g – 0,75 g dengan beban sumbu 4800 kg. didapatkan hasil analisis (i) uji gaya vertikal pada bantalan pegas didapatkan tegangan maksimum dan defleksi maksimum sebesar 618.5 MPa dan 21.2 mm masih dikatakan aman, (ii) uji pengereman dengan gaya vertikal sebesar 2.8 g dan dengan gaya pengereman sebesar 2.0 g mendapatkan tegangan dan defleksi maksimum sebesar 1434.4 MPa dan 8.6 mm masih dikatakan aman, (iii) uji menikung dengan gaya vertikal sebesar 1.5 g dan gaya *cornering* (lengkukan) sebesar 0.75 g mendapatkan tegangan dan defleksi maksimum sebesar 487 MPa dan 3.7 mm masih dikatakan aman.

Penelitian yang dilakukan oleh Aghav dan Walame (2016) tentang analisis *stress* dan memperkirakan umur kelelahan rumah *axle* depan pada truk dengan kondisi muatan yang berbeda. Analisis rumah *axle* depan dengan material AISI 1045 dengan beban 15000 lbs (6803.88 kg) menunjukkan daerah yang mengalami tegangan maksimum berada di bawah bantalan pegas (*spring pad*) atau ditengah poros sebesar 497.20 N/mm² dengan pembebanan gaya vertikal sebesar 100.125 KN. Pengereman pada gaya vertikal menunjukkan daerah yang mengalami tegangan maksimum berada leher angsa poros yang menuju roda sebesar 877 N/mm² dengan pembebanan gaya vertikal sebesar 94.95 KN dan gaya pengereman sebesar 66.75 KN.

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Khot (2019) tentang desain dan optimasi rumah *axle* depan truk. Menjelaskan hasil analisis tegangan dan defleksi maksimum dengan pembebanan gaya sebesar 87.845 KN menggunakan material diantaranya : (i) baja struktur menunjukkan tegangan dan defleksi maksimum

sebesar 173.52 MPa dan 1.007 mm dengan batas tekanan maksimum pada material sebesar 250 MPa memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1.44, (ii) besi cor warna abu – abu menunjukkan tegangan dan defleksi maksimum sebesar 153.16 MPa dan 1.8016 mm dengan batas tekanan maksimum material sebesar 240 MPa memiliki nilai faktor keamanan 1.57, (iii) paduan aluminium menunjukkan hasil tegangan dan defleksi maksimum sebesar 172.88 MPa dan 2.7468 mm dengan batas tekanan maksimum material sebesar 280 MPa memiliki nilai faktor keamanan 1.62. Perbandingan dari ketiga material tersebut menunjukkan bahwa hasil analisis material paduan aluminium memiliki nilai faktor keamanan yang tertinggi dibandingkan dengan baja dan besi cor abu - abu, umur fatik meningkat dibandingkan dengan baja dan besi cor abu – abu, berat paduan aluminium lebih ringan dibandingkan dengan baja dan besi cor abu – abu.

Penelitian tentang optimalisasi pemilihan material *axle*, sebelumnya dilakukan Karmiadji et al, (2018:82) dengan judul “Optimalisasi Pemilihan Material *Rear Axle Housing* Model T8 Jenis Truk Kapasitas 7,5 Ton” Simulasi dengan *software Pro Engineer* dimana dapat mensimulasikan kondisi sebenarnya untuk mengetahui tegangan maksimum pada *axle*, menunjukkan material SAPH 540 agar lebih aman untuk meningkatkan *von mises* (tegangan akibat pembebanan tegak lurus) dan *safety factor* harus menambah ketebalan pada material.

Penelitian serupa tentang analisis desain dan kelelahan rumah *axle* depan pada truk menggunakan *software ansys* menggunakan material diantaranya : (i) baja 50 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 197.91 MPa tanpa retakan dan 201.08 MPa dengan retakan , sedangkan deformasi maksimum sebesar 1.0965 mm

tanpa retakan dan 1.0913 mm dengan retakan. (ii) AISI 1045, AISI 4130, AISI 4140, AISI 4150 menghasilkan tegangan maksimum yang sama sebesar 197.72 MPa tanpa retakan dan 200.91 MPa dengan retakan, sedangkan rata – rata deformasi maksimum sebesar 1.1901 mm tanpa retakan dan 1.1957 mm dengan retakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi pada umumnya terletak pada permukaan di daerah ujung balok as yang dihubungkan dengan roda dan deformasi minimum terdapat pada material baja 50 (Avikal et al, 2020:1).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perancangan

Perancangan Produk merupakan serangkaian kegiatan yang berurutan, mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam proses perancangan. Fase – fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lainnya. Berikut ini fase – fase perancangan produk meliputi (i) Langkah Pra Perancangan Produk yang meliputi penetapan asumsi perancangan produk dan orientasi produk. (ii) Langkah Perancangan Produk yang meliputi fase informasi, fase kreatif, fase analisis (Ginting, 2010:20). Pada perancangan produk terdapat model – model perancangan diantaranya, model perancangan French, Zield, Pahl and Beitz, VDI

2.2.2 Metode Perancangan French

Diagram alir model french sebagaimana dicantumkan berikut ini, lingkaran menunjukkan hasil kegiatan yang mendahuluinya, sedangkan persegiempat menunjukkan kegiatan yang berlangsung/proses. Kebutuhan dalam lingkaran yang memulai proses perancangan adalah hasil kegiatan yang mendahuluinya yang

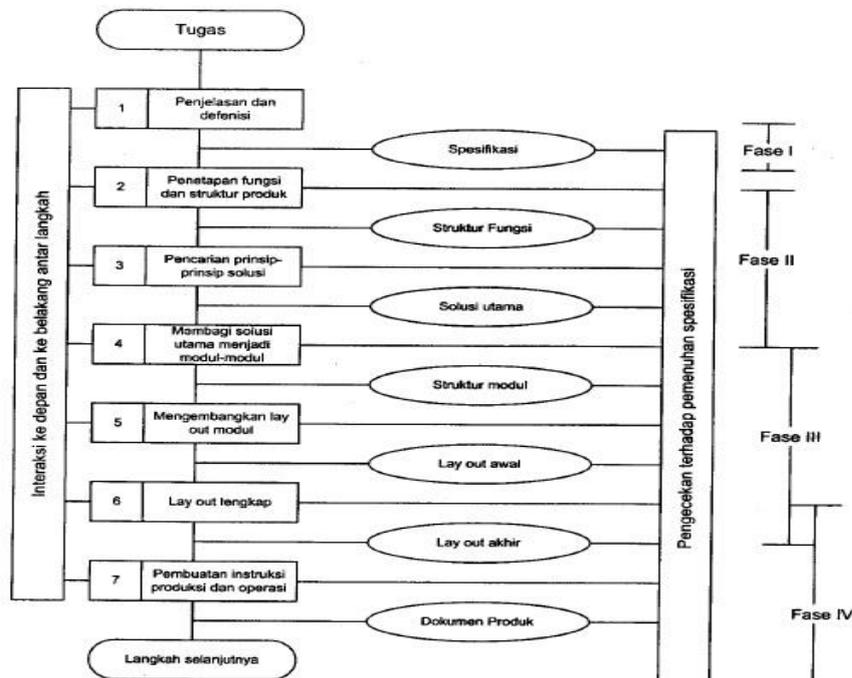
dilakukan oleh orang – orang pemasaran yang tidak dapat digambarkan dalam diagram alir. (Ginting, 2010:20).

2.2.3 Metode Perancangan Pahl and Beitz

Perancangan menurut Pahl dan Beitz sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya “*Engineering Design A Systematic Approach*” terdiri dari empat fase yaitu; (i) Perencanaan dan penjelasan tugas, (ii) Perencanaan dan penjelasan tugas, (iii) Perancangan bentuk produk, (iii) Perancangan detail. Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti fase pertama menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan. Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahluinya (Ginting, 2010:20).

2.2.4 Metode Perancangan VDI

Diagram alir berikut ini menggambarkan cara merancang yang dibuat oleh persatuan insinyur Jerman. Terdiri dari tujuh fase dimana masing – masing fase memberikan hasil yang tercantum pada kotak – kotak jajaran dikolom sebelah kanan, dan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram alir metode perancangan VDI
(Sumber : Ginting, 2010:39)

2.2.5 Reverse Engineering

Definisi *Reverse Engineering* adalah teknik untuk menganalisa sistem dengan identifikasi komponen – komponennya dan berkaitan antar komponen. Serta mengekstraksi dan membuat abstraksi dan informasi perancangan dari sistem yang dianalisa. Kegiatan yang dilakukan meliputi 5 tahap yaitu; (i) Kegiatan Pembongkaran, (ii) Kegiatan *Assembling* Komponen yaitu menganalisis kemudahan pemasangan dan pembongkaran komponen, (iii) Kegiatan *Benchmarking* yaitu membandingkan keunggulan dan kelemahan beberapa produk yang sejenis, (iv) Melakukan Perancangan Produk Baru mengikuti prosedur perancangan perancangan deskriptif French atau Ibrahim Zield, (v) Pembuatan *Prototype* Produk (Wibowo, 2006:28).

Menurut Pathack et al, (2013:39) *reverse engineering* adalah untuk membuat produk baru dari restorasi untuk menciptakan kembali baik bagian komersial bernilai tinggi atau keuntungan bisnis. Dibidang teknik mesin dan manufaktur industri mengacu pada metode membuat desain dan data dokumentasi dari bagian yang ada pada rakitan. Pembuatan produk mengambil dari penggunaan sistem *CAD/CAM/CAE* dan memberikan keuntungan besar dalam meningkatkan kualitas, sifat material, efisiensi desain ulang, pembuatan dan analisis.

2.2.6 Pengertian Axle Housing

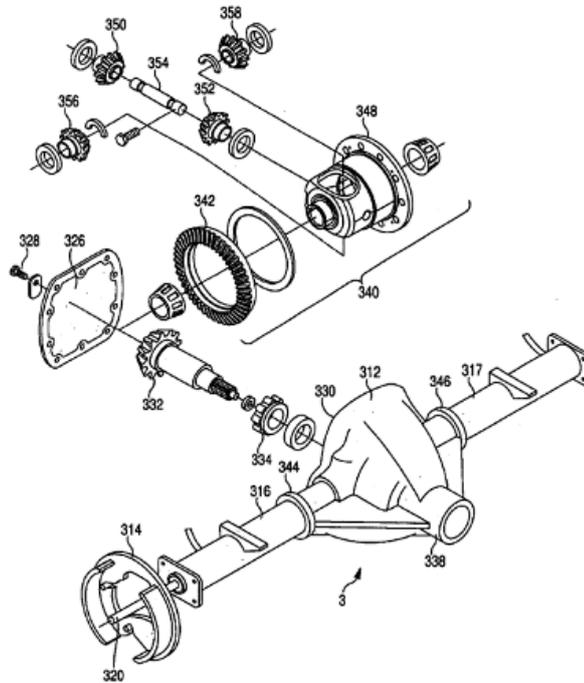
Axle merupakan poros atau *shaft* sebagai penyangga beban kendaraan dan padanya terpasang roda yang berputar. Secara fungsional *axle* dibagi menjadi dua yaitu penyangga kendaraan bagian depan (*front axle*) dan penyangga kendaraan bagian belakang (*rear axle*) (Sutowo, 2016:2). *Axle* yang ada pada poros penggerak berfungsi untuk dua hal yaitu : (i) memungkinkan terjadinya perbedaan putaran antara roda penggerak kiri dan kanan pada saat berbelok. (ii) untuk meningkatkan torsi yang terjadi pada poros penggerak karena adanya rasio pada garden (Sunggono, 2017:7).

Menurut Mujahidin dan Andoko (2019:1) *axle* merupakan poros roda penggerak yang berfungsi menyalurkan tenaga dari *differential* ke roda. *Axle* terbagi menjadi dua yaitu : poros depan dan poros belakang. Kegagalan poros sering terjadi pada umumnya karena beban yang diterima melebihi kapasitas yang dimiliki adapun faktor lain seperti beban kejut akibat tabrakan.

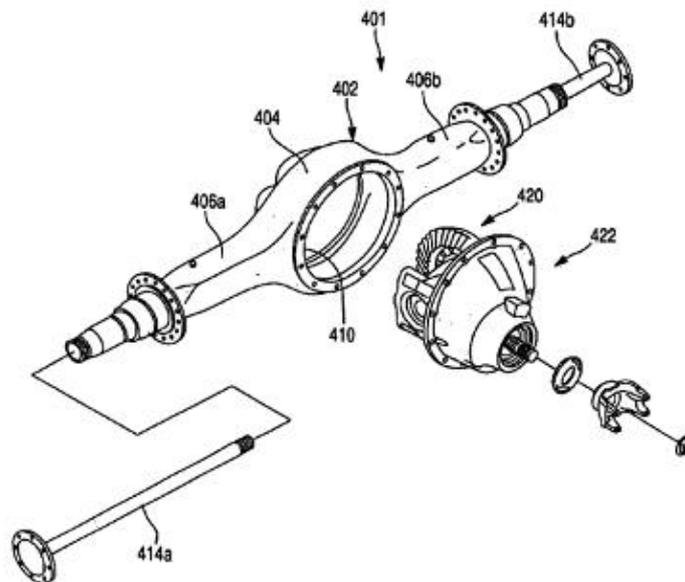
2.2.7 Komponen *Axle Housing*

Pada perakitan poros itu mencakup sejumlah komponen yang diadaptasi untuk mengirimkan daya rotasi dari sebuah mesin kendaraan ke roda. Rumah poros pada umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu jenis rumah gandar pertama adalah konstruksi rumah gandar yang tidak dapat dipisahkan dalam satu kesatuan disebut *Salisbury* atau *spicer*. Dalam struktur perakitan ini terbagi menjadi beberapa bagian yang dapat dipisahkan meliputi, rumah *axle* bagian tengah yang merupakan bagian balok yang menampung komponen *differential* yang kemudian terhubung langsung dua bagian balok yang menampung poros – poros yang terhubung langsung dengan *differential* untuk menggerakkan roda berputar. Jenis rumah gandar yang kedua yaitu tipe banjo, yang dimana komponen struktural rumah gandar dapat dipisahkan dalam satu kesatuan Durand, et al (2006).

Allmandinger, et al (2004) menyatakan bahwa rumah gandar dibagi menjadi dua jenis. Jenis rumah gandar yang pertama adalah pembawa yang disatukan konstruksinya atau yang sering disebut dengan *Salisbury* atau *spicer* dan diilustrasikan pada gambar 2.2. Jenis rumah gandar yang kedua adalah rumah gandar yang konstruksinya dapat dipisah atau yang sering disebut dengan banjo. Pada konstruksi rumah gandar tipe banjo memiliki tabung poros pada bagian tengah yang menampung komponen *differential* yang berfungsi untuk meneruskan tenaga dari mesin menuju as roda, dihubungkan dengan balok lengan poros yang menampung *axle shaft* yang berfungsi untuk meneruskan tenaga dari *differential* menuju roda dan diilustrasikan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 2 Rumah gandar tipe *salisbury*
(Sumber : Almandinger, et al 2004)



Gambar 2. 3 Rumah gandar tipe *Banjo*
(Sumber : Almandinger, et al 2004)

2.2.8 Bahan Material baja ST 60

Baja merupakan paduan karbon dengan logam besi yang memungkinkan juga terdiri konsentrasi unsur-unsur paduan logam yang lainnya. Sebagian dari baja biasanya digolongkan menurut kadar karbon. Baja dengan kadar karbon rendah atau *low carbon steel* (<0.25% berat C), baja dengan dengan kadar karbon sedang atau *medium carbon steel* (antara 0.25-0.60% berat C), dan jenis baja dengan kadar karbon tinggi atau *high carbon steel* (antara 0.60-1.4% berat C). Dalam penggunaannya baja karbon sering digunakan untuk pembuatan alat-alat perkakas, struktur bangunan, komponen mesin, dan sebagainya. Baja ST 60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang, dengan presentase karbon pada besi sebesar 0.3% C – 0.59% C dengan titik didih di 1550°C dan titik lebur 2900°C (Furqon et al, 2016:23).

Menurut penelitian yang dilakukan Masykur, (2011) hasil pengujian tarik (*ultimate strength*) maupun luluh (*yield strength*) dengan material baja karbon ST 60 dengan parameter keuletan yang ditunjukkan dengan adanya proses perpanjangan (*elongation*) dan proses reduksi penampang perpatahannya. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 1 Hasil Pengujian Tarik

Perlakuan	No	Kuat Tarik (N/Mm ²)	Kuat Luluh (N/Mm ²)	Perpanjangan (%)	Kontraksi (%)
0°C	1	693,17	413,44	7,48	50,10
0°C	2	701,35	428,11	16,34	51,10
0°C	3	695,52	409,52	17,68	46,51

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Sarjito dan Jokosiswoyo (2009:22) berdasarkan analisa baja ST 60 dengan perlakuan quenching mempunyai kekuatan tarik maupun luluh dan kekerasan (*Hardness Test*) yang lebih tinggi dibanding baja ST 60 tanpa *quenching* dan memenuhi standar BKI volume V (*Rules for Materials*) 2006 sec 6. Untuk pengujian puntir (*Torsion Test*) disimpulkan bahwa baja ST 60 dengan *quenching* mempunyai sifat getas (*Brittel*) sedangkan baja ST 60 tanpa *quenching* bersifat ulet (*Ductile*). Berikut pengujian komposisi baja ST 60 :

Tabel 2. 2 Pengujian Komposisi

UNSUR	(%)
C	0,5012
Si	0,3420
S	0,0009
P	0,0098
Mn	0,7534
Ni	0,0071
Cr	0,0018
Mo	0,0015
Cu	0,0436
W	0,0000
Ti	0,0062
Sn	0,0361
Al	0,0204
Pb	0,0041
Ca	0,0021
Zn	0,0084
Fe	98,23

Mulianti dan Hendri (2011) menyatakan bahwa material poros roda kendaraan dapat digolongkan ke dalam material *medium carbon steel*. Material ini biasanya digunakan untuk keperluan general struktur. Material yang tergolong *medium carbon steel* ini memiliki kandungan karbon berkisar antara 0.1 sampai dengan 1.7 % sebagai elemen paduan utama. Unsur tambahan pada material *medium*

carbon steel antara lain yaitu : mangan 1%, phosphor 0.05%, silica 0.3% dan sulfur 0.05%.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Logam *Ferrous*

Nama	Group	Kandungan Carbon (%)	Beberapa Pengguna
<i>Low Carbon Steel</i>	<i>Plain Carbon Steel</i>	0.1 – 0.15	Lembaran pelat untuk dipress menjadi panel kerangka mobil, kawat/kabel, batangan dan pipa-pipa.
<i>Medium Carbon Steel</i>	<i>Plain Carbon Steel</i>	0.15 – 0.3	Untuk kebutuhan umum bengkel dalam bentuk batangan, pelat boiler dan roda gigi.
	<i>Plain Carbon Steel</i>	0.3 – 0.5	<i>Cranksaft</i> , poros, pegas daun, cold chisel.
<i>High Carbon Steel</i>	<i>Plain Carbon Steel</i>	0.8 – 1.0 1.0 – 1.2 1.2 – 1.4	<i>Coil spring</i> , wood <i>chisel</i> , <i>files</i> , mata bor, dies dan taps, pisau.

Adetunji (2010:23) menyatakan bahwa komposisi baja ST 60 sebagai berikut : Carbon 0,35 – 0.42%, Silikon 0.15 – 0.25%, Mangan 0.6 – 0.8%, Phosfor 0.04%, Sulfur 0.04%, Cuprum 0.25%, kromium 0.10%, Nikel 0,10%, Nitrogen 0.11%.

2.2.9 Distribusi Beban Gaya Pada *Axle*

2.2.9.1 Distribusi Tegangan

Tegangan yang didistribusikan secara merata, konsentrasi tegangan dari beban yang diberikan pada *axle housing* membuat kegagalan pada *axle housing*. Alasan kegagalan yang terjadi karena *axle housing* tidak lagi dapat menerima beban maksimum. Beban maksimum untuk *axle housing* dapat ditentukan dengan

menggunakan *finite element Method*. Analisis stress dan deformasi dari *axle housing* merupakan tindakan pembebanan yang sesuai ketika kendaraan bergerak lurus, meliuk, berbelok, maupun pengereman. Mengakibatkan radius transisi busur antara gigi *axle housing* mengalami tegangan (Wahyu dan Ery 2015:4.6-8)

Menurut Aminudin (2019:29) faktor yang mempengaruhi umur kelelahan struktur :

- 1) Tegangan merata (*mean stress*), kenaikan tingkat tegangan merata menimbulkan pengurangan ketahanan kelelahan (*fatigue life*).
- 2) Efek permukaan (*surface effect*), untuk sebagian kondisi pembebanan pada umumnya, tegangan maksimum dalam suatu komponen atau struktur dapat ditinjau pada permukaan yang dimiliki.
- 3) Faktor desain (*design factor*), desain dari suatu komponen mempengaruhi secara signifikan pada karakteristik kelelahan. (*fatigue*) yang dimiliki. Setiap takik atau diskontinuitas pada benda dapat menyebabkan tegangan dan sumber retakan kelelahan.

Menurut Xu et al, (2017:1741) menjelaskan hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi/*displacement* dipengaruhi oleh tegangan tarik/*von mises stress* dalam proses ekspansi senyawa, itulah sebab ketebalan dinding prefabrikasi menjadi lebih tipis. Bahwa faktor desain juga mempengaruhi terjadinya cacat fraktur.

Menurut karmiadi et al, (2018: 86) menjelaskan kendaraan yang sering mengalami patah pada rumah *axle* dikarenakan beban yang diterima dari kendaraan bertumpu satu titik pada bagian suspensi dengan arah vertikal yang kemudian menuju ke rumah *axle* sehingga rumah *axle* mengalami tegangan tarik/*von mises*

stress sehingga benda kerja mengalami *displacement*. *Von mises stress* merupakan tegangan tarik akibat pembebanan tegak lurus terhadap benda kerja dan *displacement* adalah perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material akibat tegangan yang diberikan.

Menurut Hisham dalam Bayuaji (2018:18) definisi tegangan adalah perubahan bentuk dan ukuran benda yang tergantung pada arah dan letak gaya luar yang diberikan. Ada beberapa jenis deformasi yang bergantung pada sifat elastisitas benda, yaitu tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Apabila sebuah benda elastis dengan panjang (*L*) dan luas penampang (*A*) diberikan gaya (*F*) sehingga bertambah bertambah panjang ΔL , dalam keadaan ini benda mengalami tegangan. Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang mengakibatkan perubahan bentuk benda sesuai dengan arah dan letak gaya luar yang diberikan. Tegangan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas benda. Secara matematis dituliskan :

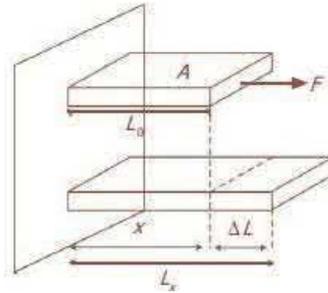
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

σ = tegangan (Pa)

F = gaya (N)

A = luas penampang (m)Benda



Gambar 2. 4 Tegangan pada balok
(Sumber : Bayuaji 2018)

2.2.10 Autodesk Inventor

Dalam perancangan *axle* mobil desa ini digunakan *Autodesk Inventor Professional* sebagai salah satu perangkat alat lunak untuk desain *solid model* 3D. Perangkat lunak ini membantu untuk mendesain serta mensimulasikan suatu alat.

Seprianto (2011:54) menyatakan bahwa Autodesk Inventor merupakan salah satu perangkat lunak untuk membuat 3D *mechanical CAD* dan *solid modelling* yang dilengkapi berbagai fasilitas untuk memproduksi, memvalidasi dan dokumentasi secara lengkap suatu komponen yang dibuat berdasarkan standarisasi (*ISO, ANSI, JIS, DIN* dsb). *Autodesk Inventor* adalah program pemodelan *solid* yang berbasis fitur parametrik, artinya semua objek dan hubungan antar geometri dapat dimodifikasi kembali meskipun geometrinya sudah jadi tanpa perlu mengulang dari awal. Selain itu pada assembling dapat dibuat/dimasukkan berbagai bentuk *part* /komponen sesuai standard-standard yang berlaku. Hal ini sangat memudahkan ketika sedang dalam proses desain suatu produk atau rancangan

Autodesk Inventor Adalah salah satu produk dari *Autodesk Corp* yang diperuntukkan untuk *engineering design and drawing*. *Autodesk Inventor* merupakan produk dari *CAD* setelah *AutoCAD* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan *drafter* dalam *design*, serta tampilan yang lebih menarik dan real, karena material yang disediakan semirip material aslinya. Beberapa keunggulan dari *Autodesk Inventor* adalah :

- 1) Memiliki kemampuan *Parametric solid modeling*, yaitu kemampuan untuk melakukan *design* serta pengeditan dalam bentuk *solid* model dengan data yang telah tersimpan dalam *database*. Dengan adanya kemampuan tersebut *drafter/engineer* dapat merevisi atau memodifikasi *design* yang ada tanpa harus *re-design* ulang sebagian atau seluruhnya.
- 2) Memiliki kemampuan *Animation*, yaitu kemampuan untuk menganimasikan suatu *file assembly* mengenai jalannya suatu alat yang telah di *assembly* dan dapat di simpan dalam *file AVI*.
- 3) Memiliki kemampuan *Automatic create tehcnical 2D drawing* serta *bill of material* dan tampilan *Shading* dan *rendering* pada *layout*. *Adaptive* yaitu kemampuan untuk menganalisis gesekan dari animasi suatu alat serta dapat menyesuaikan dengan sendirinya.
- 4) Material atau bahan yang memberikan tampilan suatu *part* nampak lebih nyata.
- 5) Kapasitas *file* lebih kecil.

Dari beberapa kelebihan tersebut maka pengguna *Autodesk Inventor* diberi banyak keuntungan dari segi efisiensi serta efektivitas waktu untuk produktivitas pekerjaan yang akan dilakukan (Purba 2015:3).

Autodesk Inventor Professional 2015 memiliki beberapa *file* dalam penggunaannya :

1) *Part files (.ipt)*

Digunakan pada saat membuat komponen atau *part* , yang telah terlebih dahulu dibuat *sketch* kemudian dengan memanfaatkan *part tools* dapat memanipulasi *sketches, features* dan *bodies* sehingga menghasilkan bentuk *solid* dari komponen yang akan dibuat.

2) *Assembly files (.iam)*

Setelah komponen/*part* selesai dibuat, maka untuk menggabungkan beberapa komponen menjadi suatu unit, dibuat dalam bentuk *assembly files (.iam)* dalam bentuk *file* ini dapat pula dibuat komponen baru atau mengambil/ memasukan komponen sesuai dengan standarisasi oleh beberapa asosiasi (*DIN, ANSI, BSI, GB, ISO dan JIS*) pada *library* yang telah disediakan oleh *inventor*.

3) *Drawing (.idw, .dwg)*

Setelah komponen/*part* ataupun *assembly* dari suatu produk selesai dibuat, maka dapat dibuat gambar produksi dengan menggunakan *drawing files (.idw, .dwg)*. Adapun gambar yang dihasilkan dapat berupa proyeksi dari model *solid* yang telah dibuat pada *part files* atau *assembly files*.

2.2.11 CATIA

Saat ini banyak berbagai macam perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk analisis struktur, salah satunya *CATIA* merupakan produk keluaran dari *Dassault System*. Penggunaan *software CATIA* dapat dipakai untuk analisis komponen baik itu kekuatan struktur maupun analisis frekuensi bebas sampai simulasi perancangan dapat dilakukan. Kini banyak perusahaan dibidang yang bergerak dibidang otomotif menggunakan *software CATIA*. (Effendi 2013: 27-28)

Sedangkan menurut Fitriadi (2008:21) *software CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application)* adalah alat bantu yang mempunyai banyak fungsi dengan model analisis rancnag bangun yang handal “*Integrated Design and Analysis*”. *CATIA* memiliki keitimewaan sebagai salah satu sistem gambar 2 dimensi dan 3 dimensi. Memiliki konsinten mulai dari *user interface*, data management, *data base*, model yang sangat komplit dan progam aplikasi *interface*. *CATIA* banyak digunakan pada industry antara lain *mechanical design*. Analisis *robotic*, dan perancangan. *CATIA* sebagai analisis *tool* berfungsi untuk analisis produk yang ada ataupun dalam proses perancangan mempunyai beberapa bagian antara lain *CATIA kinematic*, *CATIA image design*, dan *CATIA FEM (Finite element Modeler)*. Secara khusus *CATIA FEM* mempunyai kemampuan dan kegunaan dalam *preprocessor 3D finite element* serta membangun suatu model lengkap dengan mendeskripsikan fisik, sifat material, kondisi batas dan beban.

2.2.12 Finite element Method (FEM)

Finite element Method (FEM) adalah metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam bidang engineering dan *mathematical physics*.

Dimana permasalahan yang masuk dalam ruang lingkup *structural analysis, heat transfer, fluid flow, mass transport, dan electromagnetic potential*. *Finite element Method (FEM)* memungkinkan untuk mendeskripsikan geometri rumit pada *part* menjadi volume atau luas sederhana dan kecil yang disebut element hingga (Rahmawan dkk 2018:2919).

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Bhatti dalam Aminudin (2019:35) menjelaskan (*FEM*) *finite element Method* adalah metode numerik yang digunakan untuk memperoleh persamaan matematis dalam bentuk diferensial dan parsial untuk memecahkan permasalahan bidang rekayasa melalui pembagian model menjadi beberapa element dasar perhitungan dalam proses analisis.

Metode element hingga (*FEM*) adalah metode numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah teknik yang memerlukan analisis khusus, dengan menggunakan program analisis yang berbeda (Tankut et al, 2014:134). Metode element hingga dapat digunakan untuk menganalisis data mengenai pengaruh perubahan bentuk akibat deformasi, tegangan, kecepatan *fluida* dan pengaruh temperatur. Dimana dengan menggunakan metode element hingga dapat mengetahui daerah mana yang menerima tegangan maksimal. Sehingga model dapat dirancang dengan baik dan optimal Hendra (2012:365). Berikut ini jenis element hingga yang paling umum digunakan menurut (kurowski 2017:23) :

1) *Element Dimensionality*

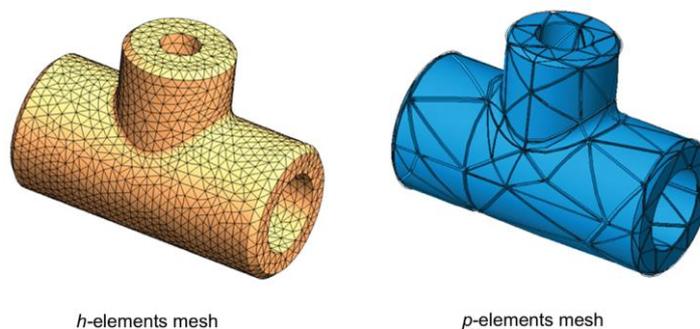
Klasifikasi menurut cara element yang mewakili bidang perpindahan di element 3D dibedakan menjadi (padat, shell, membran, dan balok), element 2D, dan element 1D.

2) *Element Shape*

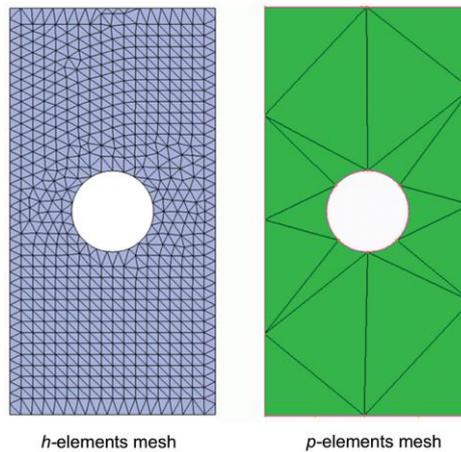
Secara teoritis element bentuk apapun dapat dirancang. Namun untuk alasan praktis, hanya bentuk element sederhana yang digunakan untuk geometri apapun.

3) *Element Order and Element Type*

Urutan element didefinisikan oleh urutan fungsi interpolasi perpindahan yang digunakan oleh element. Semisal element urutan pertama menggunakan fungsi interpolasi perpindahan urutan pertama, maka element kedua menggunakan perpindahan urutan kedua. Sedangkan jika element jenis menunjukkan jika urutan element adalah tetap atau jika dapat diubah tanpa perlu membagi geometri dari model menjadi banyak element banyak (*remeshing*). Untuk element yang diperbaiki digunakan untuk versi h dari FEM. Untuk element yang urutannya dapat diubah secara otomatis adalah versi p dari FEM. Nama h berasal dari ukuran element karakteristik dan nama p berasal dari fungsi interpolasi perpindahan *polinomial*. Element h dan p ditunjukkan dalam gambar 2.9 dan gambar 2.10 :



Gambar 2. 5 model 3D element h (kiri) dan element p (kanan)
(Sumber : kurowski, 2017)



Gambar 2. 6 model 2D element h (kiri) dan element p (kanan)
(Sumber : kurowski, 2017)

4) *Summary of Commonly Used Element*

Mayoritas program FEM menggunakan element h pengecualian, simulasi hanya berdasarkan element p dan *stress Check* yang dapat menggunakan keduanya yaitu element h dan p.

5) *Element Modeling Capabilitas*

Element dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuan untuk mendukung tipe tertentu analisis. Cara ini kita dapat membedakan antara element material linier dan non linier, element regangan kecil dan besar, element shell tipis dan tebal dll. Ada juga element yang dikembangkan dengan tujuan tertentu, mencakup element koneksi kaku (kekuatan kaku), celah element, dan banyak lagi. Representasi grafis dari element khusus tergantung pada program FEM.

2.2.13 Safety Factor

Menurut Javad dalam dalam Wahyu et al, (2015:2) *safety factor* atau nilai keamanan adalah dalam merancang bagian melawan kegagalan, dimana bahwa tekanan internal tidak melebihi kekuatan material. Pendekatan faktor keselamatan digunakan untuk memperhitungkan ketidakpastian dan untuk memastikan tingkat keandalan tertentu Wu et al, (2001:4).

Penelitian yang dilakukan oleh Shigley dan Mitchell dalam bayuaji (2018:19) menjelaskan bahwa faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan dari suatu bagian mesin. Bilamana sebuah elemen mesin di naikan ke besaran tertentu, akan mengganggu kemampuan mesin tersebut untuk melakukan fungsi semestinya. Apabila sebuah element mesin tersebut kita nyatakan batas akhir, maka faktor keamanan dapat dinyatakan sebagai :

$$\text{Faktor keamanan: } n = \frac{Fu}{F} \dots\dots\dots(2.2)$$

Bila element mesin tersebut sama dengan Fu , $n = 1$ dan pada saat ini tidak ada keamanan sama sekali. Akibatnya sering dipakai istilah *margin of safety*.

Batas keamanan dinyatakan dalam persamaan :

$$m = n - 1 \dots\dots\dots(2.3)$$

Istilah faktor keamanan atau batas keamanan banyak digunakan dalam praktek di Industri. Istilah Fu dalam persamaan (1-1) merupakan angka

tersendiri yang secara static bervariasi. Jika suatu faktor keamanan dengan $n > 1$ tidak menghalangi terjadinya kegagalan.

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1. Model Rancangan

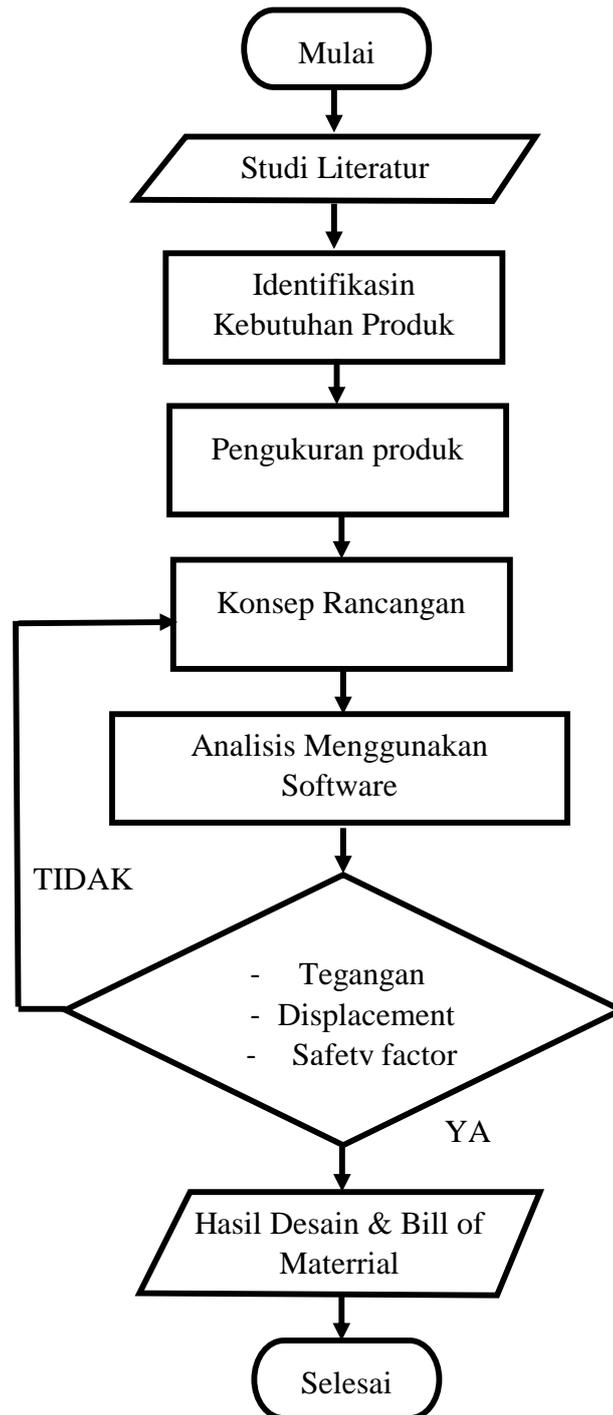
Model Perancangan yang digunakan dalam membuat rumah *axle* depan pada mobil pedesaan menggunakan metode perancangan French karena lebih tepat dan mudah dikarenakan mampu mengakomodir kebutuhan akan suatu alat yang akan langsung masuk ke analisis masalah. Satu produk hasil evaluasi tersebut dituangkan dalam sebuah dokumen yang terdiri dari gambar rancangan dan *Bill of Material*.

3.2. Prosedur Perancangan

Adapun diagram *flowchart* ditunjukkan pada gambar 3.1 dan tahapan perancangan dan analisis kekuatan rumah *axle* depan mobil desa secara lengkap dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan teori – teori yang berkaitan dengan tema skripsi, teori – teori yang dapat dijadikan acuan sebagai referensi dalam penyusunan skripsi. Teori yang dicari untuk mendukung penulisan skripsi ini adalah mengenai perancangan French. Teori French akan mendukung penelitian dan membantu dalam proses perancangan dan analisis produk yang akan dilakukan. Pada studi literatur selain mengumpulkan teori – teori yang terkait, juga dilakukan pengambilan data mengenai daftar identifikasi kebutuhan dan analisis masalah yang dituangkan dalam gambar rancangan, spesifikasi, dan *bill of material*.



Gambar 3. 1 Flowcart Penelitian

2. Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan dalam proses perancangan yaitu untuk mengidentifikasi kebutuhan yang dibutuhkan dalam perancangan. Identifikasi kebutuhan mengacu pada aspek yang meliputi spesifikasi dari desain rumah *axle* terdahulu.

3. Pengukuran Produk

Penelitian ini berfungsi untuk mengarahkan perancangan dan analisa kekuatan rumah *axle* depan, didasarkan pada pengamatan dan pengukuran-pengukuran manual/langsung pada struktur rumah *axle* depan yang ada. Pengukuran mengikuti desain rumah *axle* yang terdahulu.

4. Konsep Rancangan

Gambar rancangan desain dari *reverse engineering* mengacu pada bentuk desain rumah *axle* yang terdahulu dan ditambahkan variasi ketebalan material tanpa mengubah ukuran dimensi dari rumah *axle* yang terdahulu.

5. Analisis Software

Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan *software* sebagai perancangan dan pengujian rumah *axle* pada mobil pedesaan. Dengan menggunakan aplikasi dari media komputasi sebagai penerapan metode elemen hingga.

6. Hasil Desain dan *Bill of Material*

Hasil desain adalah gambar kerja yang berfungsi untuk memberikan keterangan mengenai spesifikasi desain. Sedangkan *Bill of Material* adalah memberikan informasi mengenai jenis material yang digunakan dan bagian –

bagian yang terdapat pada desain. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisis kekuatan rumah *axle*.

3.3. Waktu dan Tempat Perancangan

3.3.1 Waktu Perancangan

Rancangan kegiatan ini dilakukan selama 4 bulan pada bulan juni sampai dengan bulan september 2020.

3.3.2 Tempat Perancangan

Adapun tempat perancangan dan analisa kekuatan rumah *axle* dilakukang di Laboratorium Desain dan CNC Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

3.4 Bahan dan Alat Perancangan

3.4.1 Alat

1. Laptop Asus X44IU dengan RAM 4 GB dan Prosesor Intel(R) Core i3
2. Software Inventor 2020
3. Software Catia V5R19
4. Jangka sorong
5. Meteran

3.4.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan material baja karbon ST 60. Material baja karbon ST 60 merupakan jenis baja yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang atau yang sering disebut *medium carbon steel* yang memiliki kadar karbon antara 0.25-0.60%. Dalam penggunaannya baja karbon sering digunakan untuk pembuatan alat-alat perkakas, struktur bangunan, komponen mesin, karena baja karbon sedang

memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit ulet (*Ductile*) dan tangguh (*toughness*).

3.5 Parameter Penelitian

Penelitian ini memakai tiga variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

1.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat, pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi dari ketebalan bahan material sebesar 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm .

2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat atau biasa disebut dengan variabel dependen adalah variabel yang ditentukan atau dipengaruhi oleh variabel bebas, variabel terikat dipenelitian ini sebagai berikut: *von mises stress Minimum* dan *Maksimum*, *Displacement Minimum* dan *Maksimum*, dan *Safety Factor* pada desain rumah *axle* bagian depan mobil desa yang digunakan variabel terikat pada riset ini.

3.2 Variabel Kontrol

Variabel Kontrol pada penelitian ini adalah bahan material Baja ST60. Variabel kontrol berperan sebagai pengendali, sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar.

3.6 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data ialah metode atau cara mengolah sebuah data menjadi informasi yang mudah dipahami dan juga

bermanfaat untuk menemukan solusi permasalahannya. Penelitian ini menggunakan metode *reverse engineering* dan disimulasikan menggunakan *software CATIA V5R19*. Hasil dari penelitian ini berupa data kuantitatif dari pemilihan variasi ketebalan material yang diberi gaya optimal untuk mendapat *von mises stress*, *displacement*, *Safety factor*. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 3. 1 Data *Von Mises Stress*

<i>Von Mises Stress (N/m²)</i>	Variasi Ketebalan Rumah axle depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Minimal				
Maksimum				

Tabel 3. 2 Data *Displacement*

<i>Displacement (mm)</i>	Variasi Ketebalan Rumah axle depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Minimal				
Maksimum				

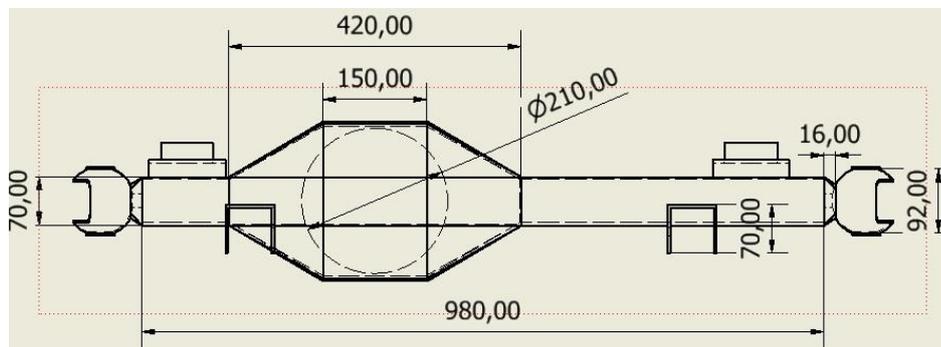
Tabel 3. 3 Data *Safety Factor*

<i>Safety Factor</i>	Variasi Ketebalan Rumah axle depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Minimal				
Maksimum				

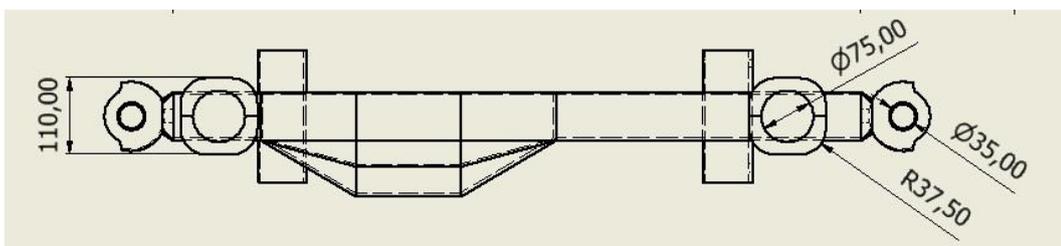
3.7 Validasi Hasil Rancangan

Validasi hasil rancangan dengan metode simulasi bantuan *software inventor*. dengan menggunakan bantuan *software inventor* perancang dapat mensimulasikan atau memberikan bentuk tiga dimensi ke gambar sket yang sudah dibuat. Untuk validasi syarat-syarat teknis perancangan dilakukan dengan persetujuan oleh pakar desain. Pada proses perancangan dan analisis kekuatan rumah *axle* depan mobil desa, Desain rancangan mengacu pada desain rumah *axle* terdahulu.

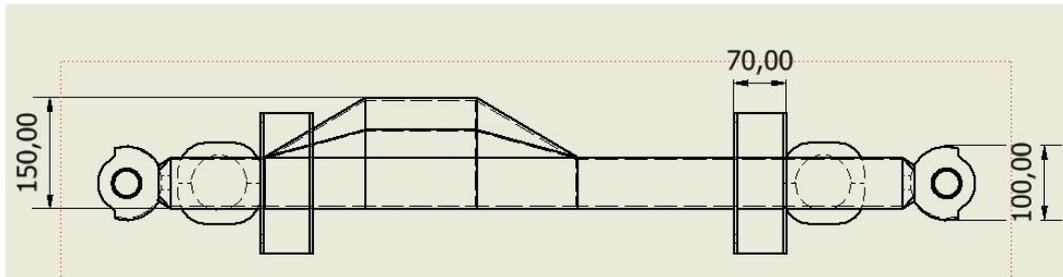
3.8 Desain Rancangan



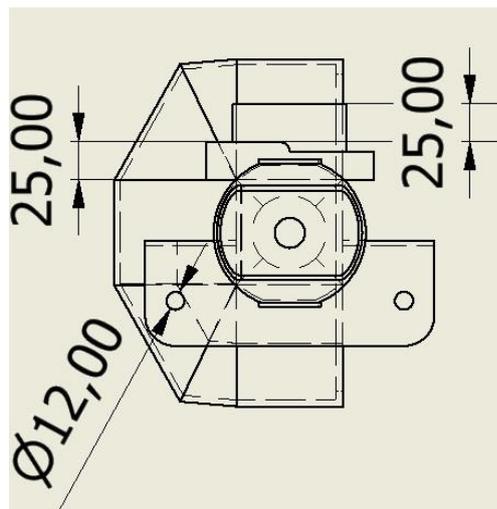
Gambar 3. 2 Desain Tampak Depan



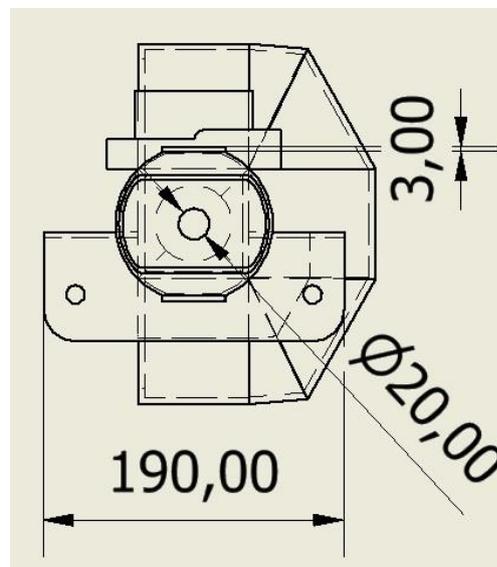
Gambar 3. 3 Desain Tampak Atas



Gambar 3. 4 Desain Tampak Bawah



Gambar 3. 5 Desain Tampak Samping Kanan



Gambar 3. 6 Desain Tampak Samping Kiri

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengumpulan data melalui studi literatur, observasi terkait desain rumah *axle* yang akan di re-desain, didapatkan data yang akan dijadikan acuan penelitian sehingga tercipta produk desain rumah *axle* yang kuat dan aman bagi penggunaannya.

4.1.1 Studi Literatur

4.1.1.1 Spesifikasi Material

Dasar dari desain rumah *axle* depan mobil pedesaan UNNES menggunakan material baja ST60. Baja ST60 merupakan logam yang banyak dipakai dalam bidang teknik karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan memiliki tingkat keuletan yang baik dan merupakan golongan baja karbon sedang. Berikut ini merupakan tabel tabel properties baja ST60 :

Tabel 4. 1 *Material Properties* Baja ST 60

Properties	Baja ST60 Equivalent S45C
Tensile Strength (MPa)	569
Yield Strength (MPa)	343
Hardness (HB)	160 – 220
Elongation Ratio (%)	20
Reduction of Area (Psi)	30
Impact Merit AKV	-
Resilent value AKV (j/cm ²)	-

Young's Modulus (GPa)	190 – 210
Poisson's ratio	0.27 – 0.30
Density (kg/m ³)	7700 – 8030

4.1.1.2 Software Autodesk Inventor

Autodesk Inventor 2020 adalah *software* CAD yang sering digunakan untuk mendesain atau merancang sebuah produk. *Software Autodesk Inventor 2020* pada penelitian ini digunakan untuk mendesain rumah *axle* depan. Fitur yang digunakan pada saat mendesain adalah *sketch, extrude, revolve, loft, hole, fillet*. Untuk keluaran format file yang digunakan adalah format (.ipt).

4.1.1.3 Software Catia

Catia V5R19 (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) adalah *software* produk keluaran *dassault system* yang sering digunakan untuk analisis komponen baik itu kekuatan struktur maupun analisa frekuensi bebas sampai simulasi perancangan dapat dilakukan. *Software Catia V5R19* pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis kekuatan desain rumah *axle* depan meliputi tegangan maksimum dan minimum, displacement maksimum dan minimum, *safety factor*. Keluaran format file yang digunakan adalah *CATIA Part*. Untuk tahapan dari format file dari (.ipt) ke format file *CATIA Part* harus diubah ke format file (.stp) agar bisa dibaca oleh *software Catia V5R19*.

4.1.1.4 Jenis Rumah Axle

Jenis rumah *axle* yang dipakai pada penelitian menggunakan rumah *axle* dari suzuki tipe JB33 yang telah di *reverse engineering*. Jenis rumah *axle* pada

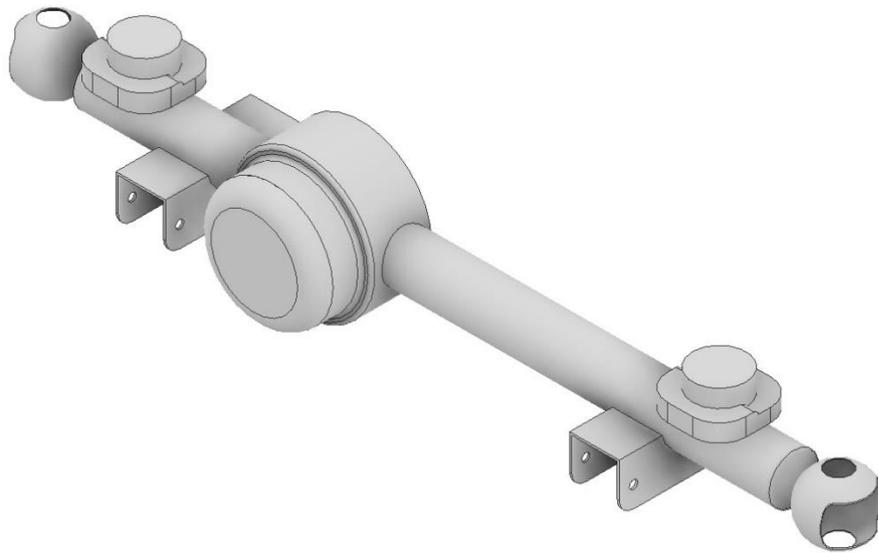
Suzuki JB33 adalah rumah *axle* tipe solid *axle*. Pada tipe ini suspensi hanya berupa poros kaku yang dilengkapi dengan pegas daun dan kingpin. Sehingga pergerakan roda satu dengan lainnya terhubung dengan satu poros. Keuntungan tipe suspensi ini mampu menahan beban berat tetapi tidak mempunyai pergerakan fleksibel (Suprayogi 2015:6).

4.1.1.5 Fungsi Rumah Axle Depan

Rumah *axle* depan dirancang untuk mentransmisikan beban mobil dari pegas ke roda depan. Untuk mencegah gangguan karena posisi mesin kendaraan berada di depan, Serta memberikan stabilitas dan keamanan pada saat kendaraan berkecepatan tinggi. Rumah *axle* ini untuk menopang berat kendaraan bagian depan dan memfasilitasi kemudi kendaraan untuk berbelok ke kanan maupun kekiri Ruban dan Sivaganesan, (2016).

4.1.2 Identifikasi Kebutuhan Produk

Identifikasi kebutuhan produk mengacu pada model desain rumah *axle* depan produk terdahulu. Pada desain *axle* produk terdahulu menggunakan rumah *axle* depan suzuki tipe JB33. Pada Suzuki tipe JB33 menggunakan rumah *axle* jenis *solid axle* dengan material baja ST60, pada rumah *axle* tipe ini tergolong rumah *axle* mempunyai keandalan dalam bermanuver, kuat, dan kemudahan dalam perawatan. Berikut ini bentuk desain rumah *axle* depan Suzuki JB33 dibawah ini :

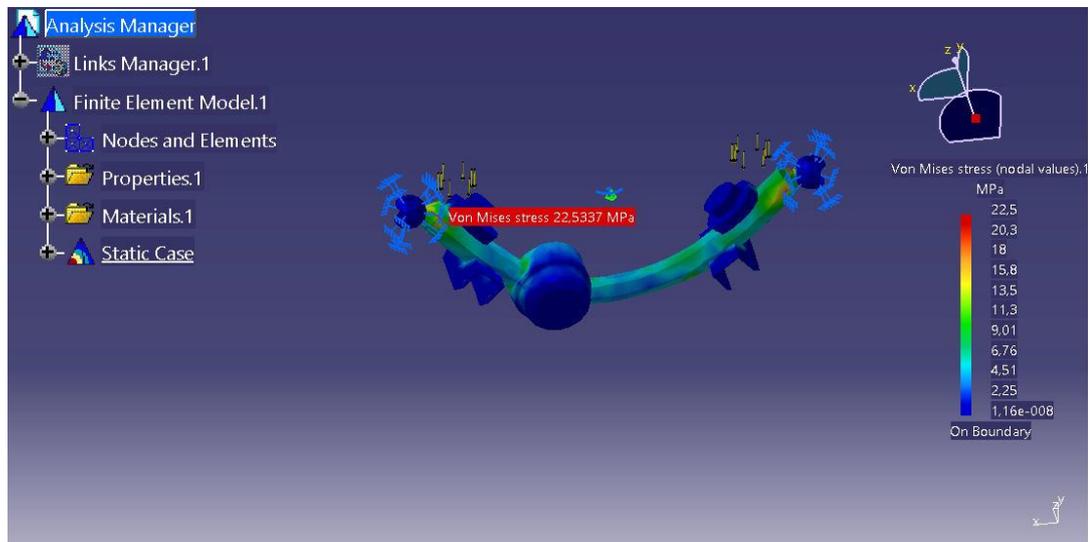


Gambar 4. 1 Desain rumah *axle* depan suzuki JB33 ketebalan 3 mm

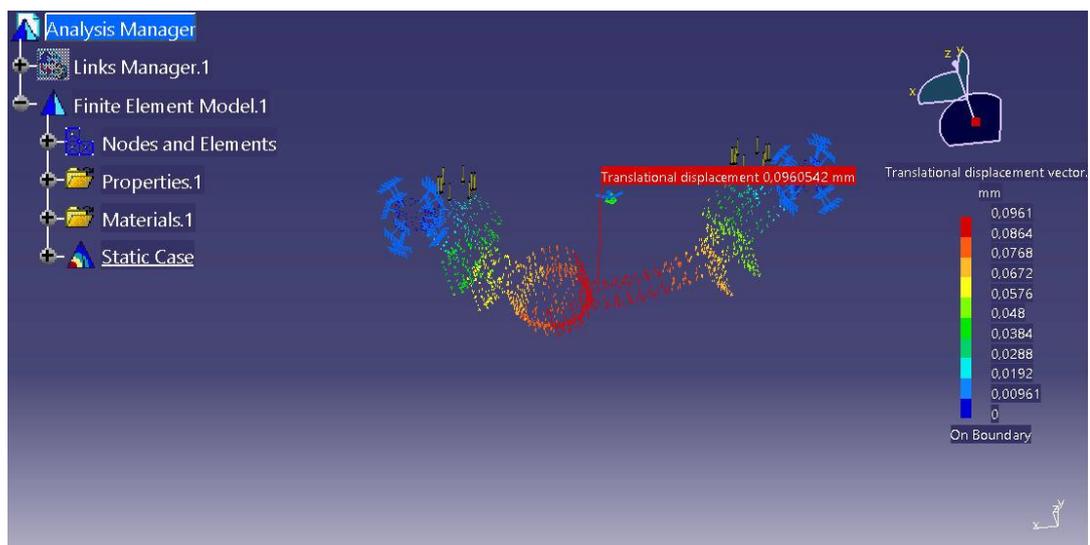
Menurut karmiadi et al, (2018:84) untuk perhitungan desain rumah *axle* dihitung dari berat kendaraan dan beban muatan pada kendaraan. Desain diatas dapat dihitung asumsi pembebanan pada rumah *axle* depan suzuki JB33 sebesar 60% berat kendaraan dengan asumsi berat kendaraan 1 ton ditambah beban hidup yang diasumsikan maksimal 150 kg di dapatkan :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban} &= \frac{60}{100} \times 1000 \text{ kg} = 600 \text{ kg} + 150 \text{ kg} = 750 \text{ kg} \\
 &= 750 \text{ kg} \times 9,81 = 7357,5 \text{ N (dikonversikan)} \\
 &= 7357,5 : 2 = 3678,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Didapatkan Asumsi pembebanan rumah *axle* suzuki JB33 sebesar 7357,5 N yang di bagi menjadi 2 tumpuan menjadi 3678,75 N, dari hasil pembebanan untuk dimasukkan ke dalam simulasi pembeban menggunakan *software CATIA V5R19* sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Analisis *von mises stress* desain rumah *axle* depan suzuki JB33



Gambar 4. 3 Analisis *displacement* desain rumah *axle* depan suzuki JB33

Didapatkan hasil analisis rumah *axle* depan suzuki JB33 sebagai berikut :

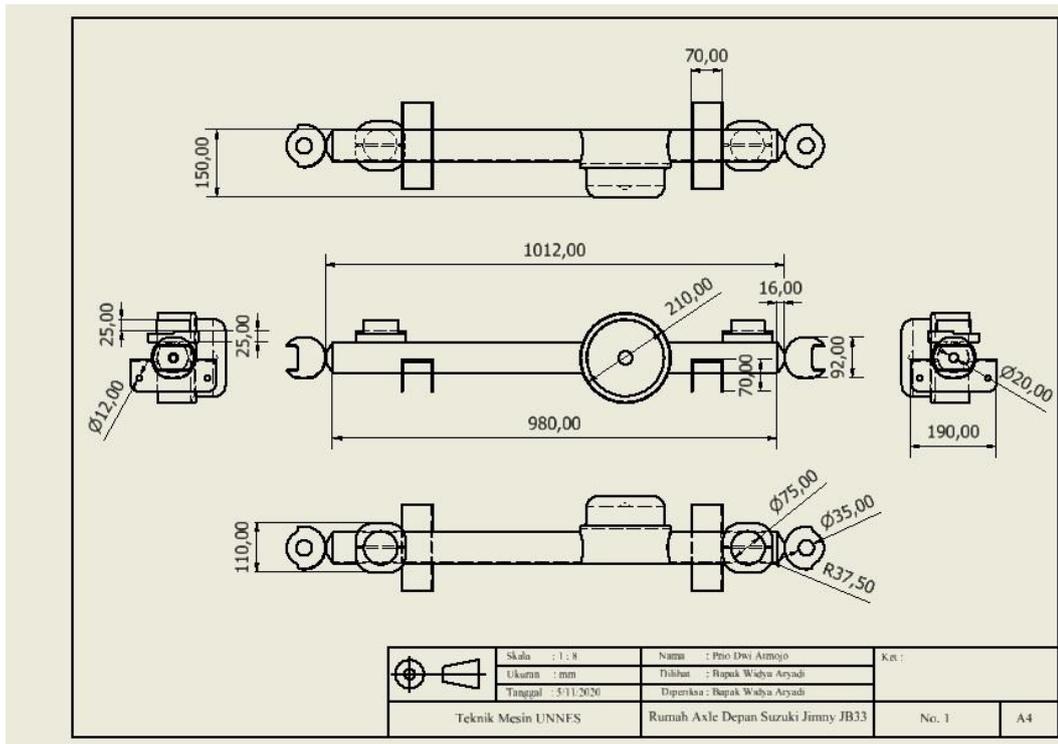
Tabel 4. 2 Simulasi Rumah *Axle* Depan Suzuki JB33

Ketebalan Material Baja St 60	Pembeban gaya 60% dari beban kendaraan dan beban hidup				
	<i>Von Mises Stress</i> (MPa)		<i>Displacement</i> (mm)		<i>Safety factor</i> N > 1
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Maksimum
3 mm	0,000000116	22,53	0	0,0961	1,22

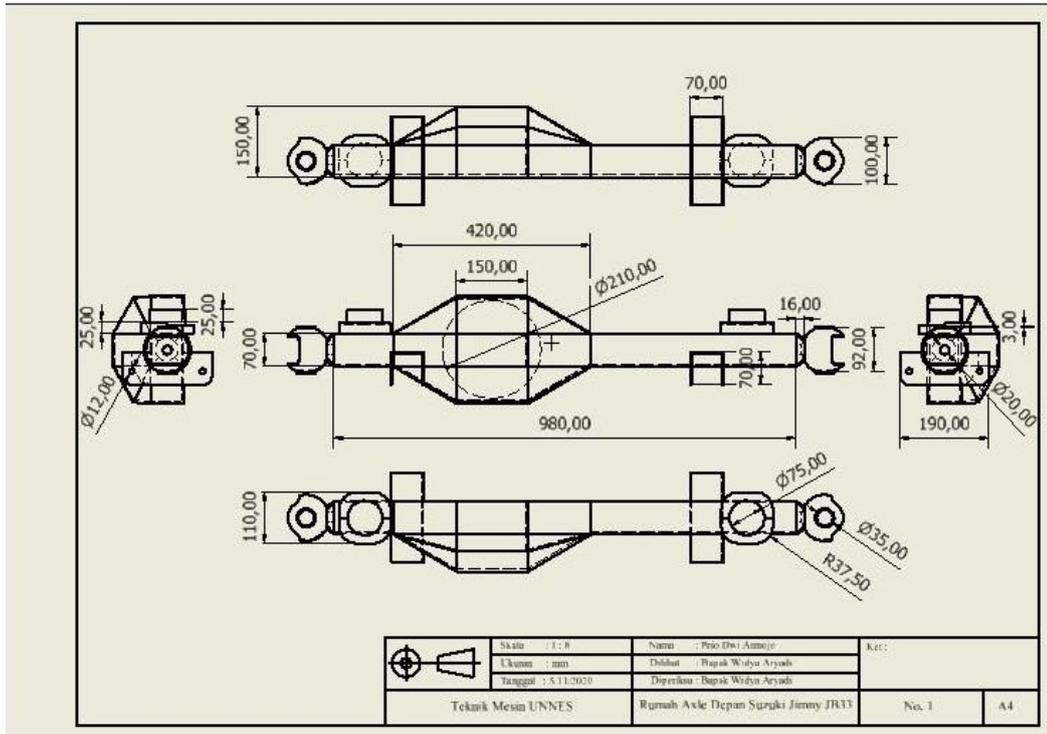
Hasil dari analisis rumah *axle* depan Suzuki JB33 dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini untuk mengetahui seberapa besarnya nilai tegangan/*von mises stress*, *displacement*, *safety factor* apabila desain tersebut di *re-desain*.

4.1.3 Konsep Produk

Berdasarkan desain desain rumah *axle* sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengoptimasian desain dengan cara merubah bentuk rumah *axle* tanpa mengubah dimensi rumah *axle* sebelumnya, untuk melakukan analisis pengujian hingga mengetahui perbandingan hasil simulasi dari desain rumah *axle* sebelumnya dengan rumah *axle* yang di desain ulang. Menghasilkan peningkatan mutu dan kualitas desain yang baru seerti mengubah bentuk tanpa mengubah dimensi sebelumnya. Perbedaan desain yang sebelumnya dengan desain yang baru dapat dilihat pada gambar 4.4 sampai dengan gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Desain Rumah Axle Depan Awal



Gambar 4. 5 Desain Rumah Axle Depan Terbaru

4.1.4 Uji Simulasi

Hasil uji analisis kekuatan rumah *axle* depan menggunakan software *CATIA V5R19* akan dibahas dibawah ini :

4.4.1.1 Asumsi Perhitungan Pembebanan

Asumsi pembebanan untuk simulasi rumah *axle* sebesar 60% berat kendaraan dengan asumsi berat kendaraan 1 ton ditambah beban hidup yang diasumsikan maksimal 150 kg di dapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{60}{100} \times 1000 \text{ kg} = 600 \text{ kg} + 150 \text{ kg} = 750 \text{ kg} \\ &= 750 \text{ kg} \times 9,81 = 7357,5 \text{ N (dikonversikan)} \\ &= 7357,5 : 2 = 3678,75 \text{ N} \end{aligned}$$

Didapatkan Asumsi pembebanan rumah *axle* suzuki JB33 sebesar 7357,5 N yang di bagi menjadi 2 tumpuan menjadi 3678,75 N, dari hasil pembebanan untuk dimasukkan ke dalam simulasi pembeban menggunakan *software CATIA V5R19*.

4.4.1.2 Data Hasil Simulasi Rumah Axle Depan

Pada hasil simulasi yang dilakukan didapatkan bahawa setiap variasi ketebalan material memiliki angka yang berbeda beda, berikut ini hasil simulasi dengan asumsi pembebanan sebesar 3678,75 Newton :

1. Von Mises Stress

Hasil uji simulasi *von mises stress* dengan menggunakan *software CATIA V5R19* disajikan dalam tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4. 3 Hasil Uji *Von Mises Stress*

<i>Von Mises Stress (MPa)</i>	Variasi Ketebalan Rumah axle depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Minimal	0,00000081	0,00000063	0,00000044	0,00000041
Maksimum	10,3	8,41	6,93	6,14

2. *Displacement*

Hasil uji simulasi *Displacement* dengan menggunakan *software CATIA V5R19* disajikan dalam tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil Uji *Displacement*

<i>Displacement (mm)</i>	Variasi Ketebalan Rumah axle depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Minimal	0	0	0	0
Maksimum	0,0239	0,0222	0,02	0,018

3. *Safety factor*

Angka keamanan / *safety factor* didapatkan dari hasil perhitungan manual dengan rumus dan disajikan dalam tabel 4.5 dibawah ini:

$$\text{Faktor keamanan: } Sf = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Calculated Stress}} \dots\dots\dots 4.6$$

$$Sm = \text{Nilai yield strength material} \dots\dots\dots 4.7$$

$$fs = \text{Nilai Von Mises Stress} \dots\dots\dots 4.8$$

Tabel 4. 5 Hasil *Safety Factor*

<i>Safety Factor</i>	Variasi Ketebalan Rumah <i>axle</i> depan			
	2 mm	2,5 mm	3 mm	3,5 mm
Maksimum	2,08	2,55	3,09	3,49

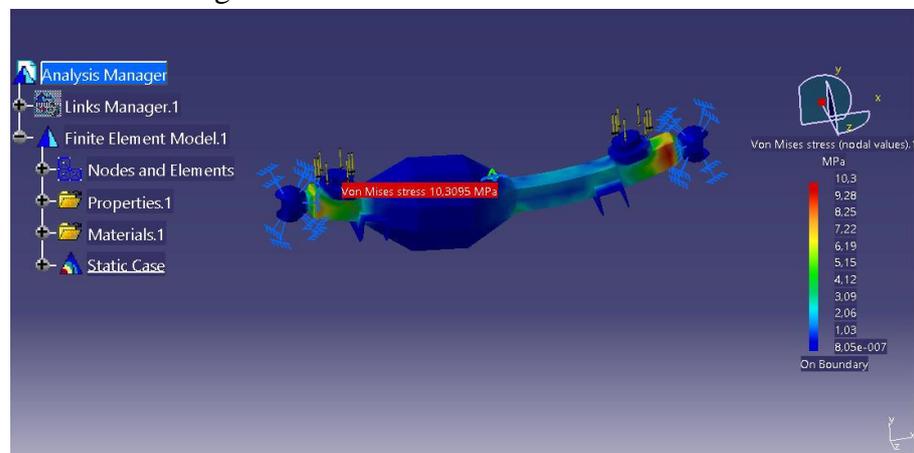
4.4.1.3 Hasil Uji Simulasi

Hasil uji simulasi kekuatan rumah *axle* depan menggunakan *software CATIA V5R19* menghasilkan beberapa hasil uji seperti berikut:

1. *Von Mises Stress*

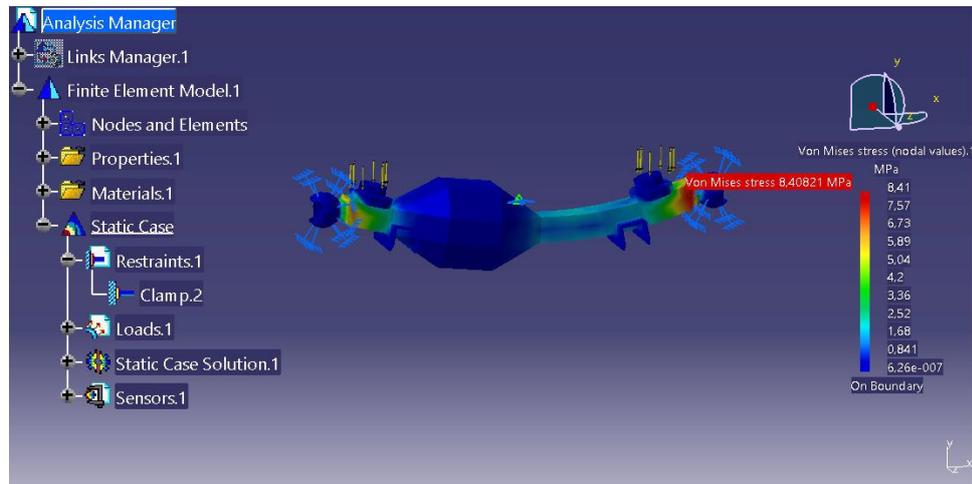
Material dikatakan luluh ketika tegangan *von mises stress* terjadi melebihi nilai dari *yield strength*. *Von mises stress* digunakan untuk memprediksi tingkat keluluhan material terhadap kondisi pembebanan dari pengujian tarik Atmojo dan Sugiyanto, (2012:36). Gambar uji simulasi kekuatan rumah *axle* akan ditampilkan dibawah ini:

a. Rumah *axle* dengan ketebalan 2 mm



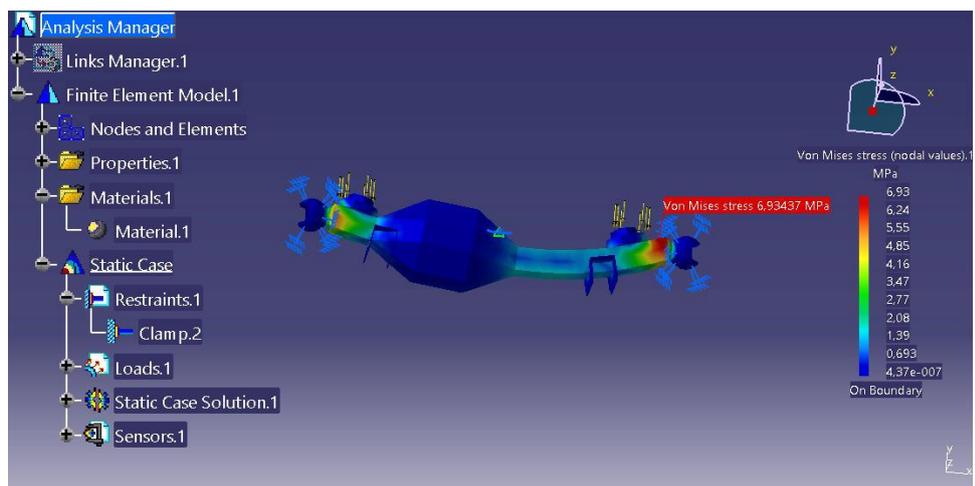
Gambar 4. 6 Hasil uji simulasi *von mises stress* rumah *axle* ketebalan 2 mm

b. Rumah *axle* dengan ketebalan 2,5 mm



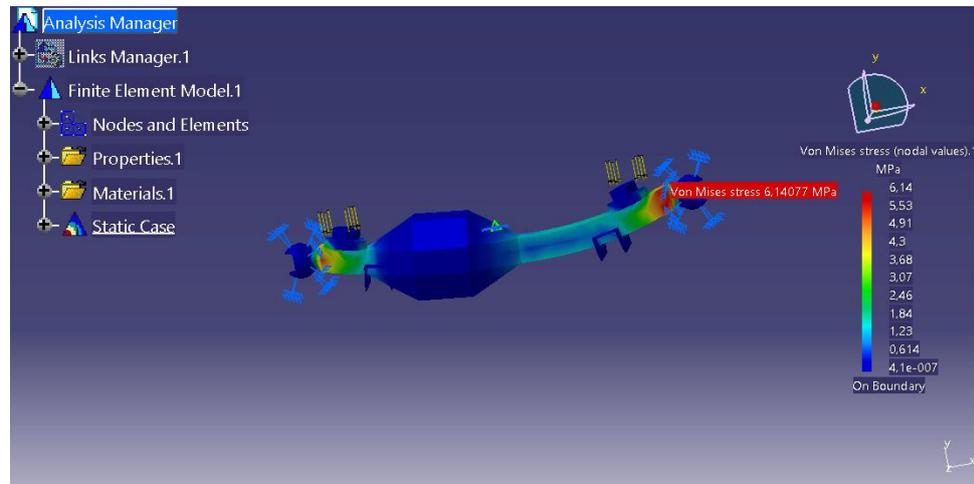
Gambar 4. 7 Hasil uji simulasi *von mises stress* rumah *axle* ketebalan 2,5 mm

c. Rumah *axle* dengan ketebalan 3 mm



Gambar 4. 8 Hasil uji simulasi *von mises stress* rumah *axle* ketebalan 3 mm

d. Rumah *axle* dengan ketebalan 3,5 mm

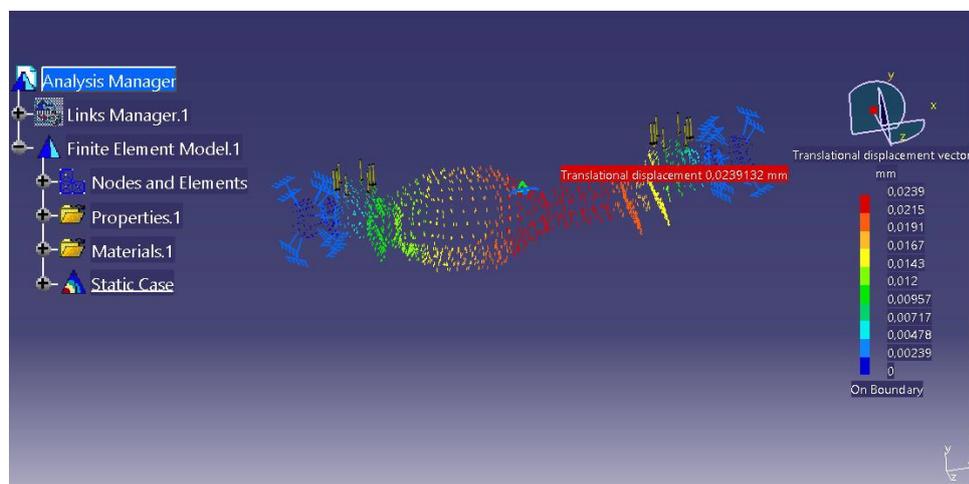


Gambar 4. 9 Hasil uji simulasi *von mises stress* rumah *axle* ketebalan 3,5 mm

2. *Displacement*

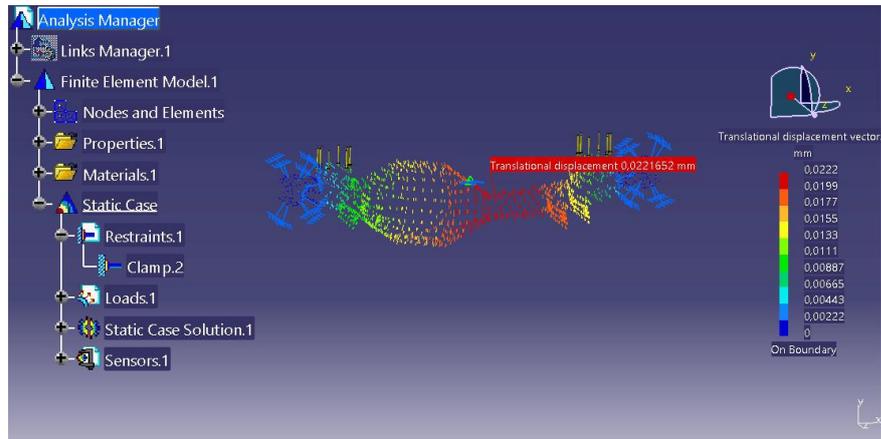
Displacement adalah pergerakan akibat beban yang terdapat pada suatu komponen. Tinggi rendahnya pergerakan tergantung pada sejauh mana beban yang diberikan pada komponen tersebut, selain kekuatan material sangat mempengaruhi. Semakin kuat jenis material maka displacement semakin kecil Rozik , (2020:23).

a. Rumah *axle* dengan ketebalan 2 mm



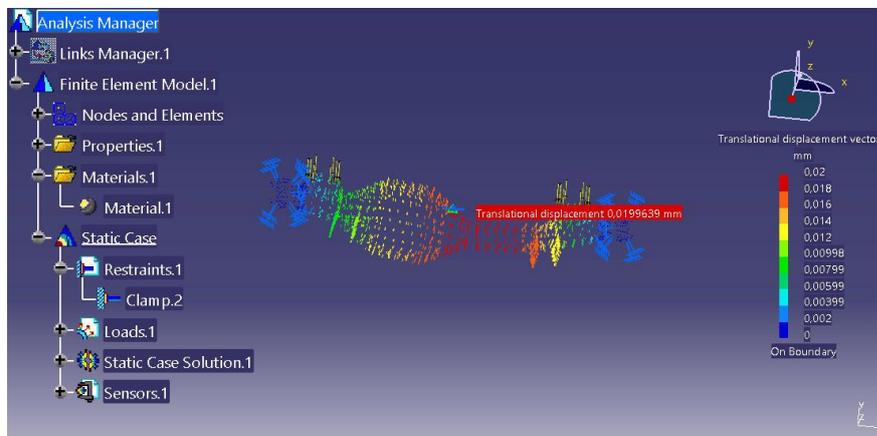
Gambar 4. 10 Hasil uji simulasi *displacement* rumah *axle* ketebalan 2 mm

b. Rumah *axle* dengan ketebalan 2,5 mm



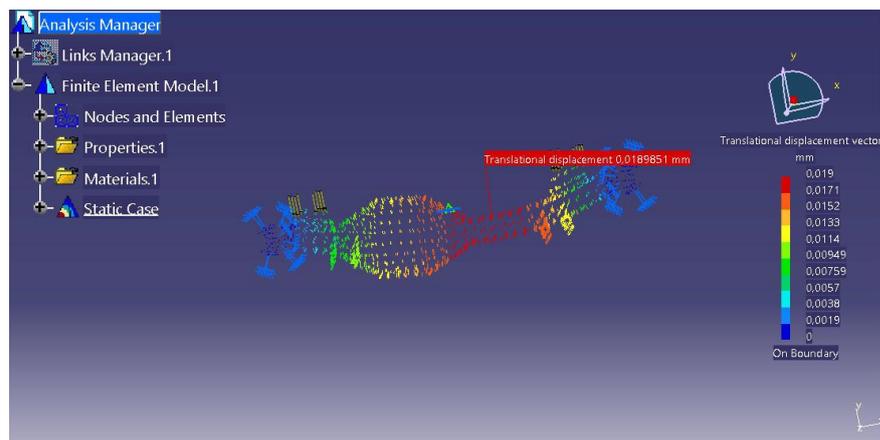
Gambar 4. 11 Hasil uji simulasi *displacement* rumah *axle* ketebalan 2,5 mm

c. Rumah *axle* dengan ketebalan 3 mm



Gambar 4. 12 Hasil uji simulasi *displacement* rumah *axle* ketebalan 3 mm

d. Rumah *axle* dengan ketebalan 3,5 mm



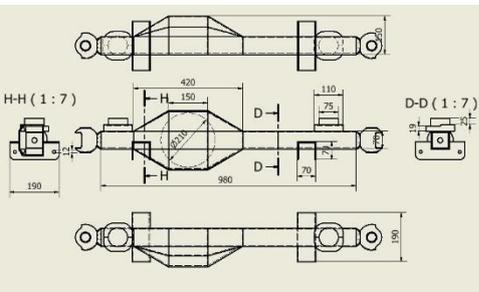
Gambar 4. 13 Hasil uji simulasi *displacement* rumah *axle* ketebalan 3,5 mm

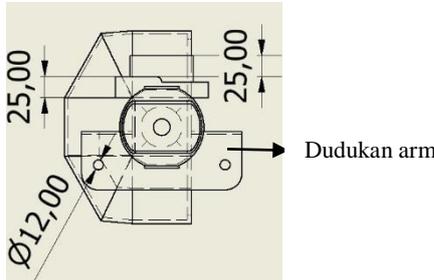
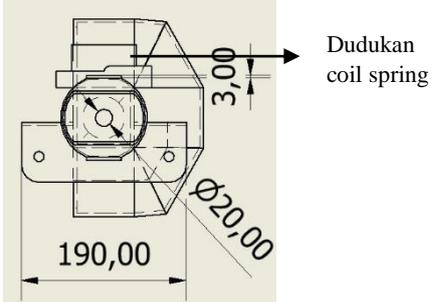
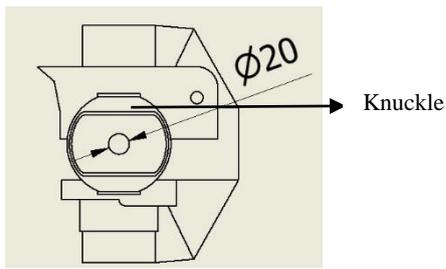
4.4.1.4 Validasi Persyaratan Teknis Oleh Pakar Desain

Validasi persyaratan teknis oleh ahli pakar desain dengan meminta persetujuan dari salah satu Dosen Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang yaitu Bapak Sudiyono , S. Pd, M. Pd selaku dosen yang ahli dalam bidang desain. Prosedur validasi persyaratan teknis yaitu memberikan lembar isian kepada pakar desain. Berikut bentuk lembar validasi desain rumah *axle* depan mobil desa Unnes :

A. Bentuk Desain rumah *axle* :

Berikan tanda ceklist (√) pada kolom yang tersedia, apabila desain rancangan sudah sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Ya” dan apabila tidak sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Tidak”.

No	Desain Rumah <i>axle</i>	Spesifikasi	Keterangan	
			Ya	Tidak
1		<p>Desain ukuran rumah <i>axle</i> depan dengan bentang panjang 980 mm, bentang tinggi 230 mm, dengan lubang differential sebesar 210 mm. Bentuk rumah <i>axle</i> berbentuk kotak dengan dimensi ukuran rumah <i>axle</i> yang disesuaikan dengan ukuran rumah <i>axle</i> dari Suzuki Jimny JB33. Karena jenis rumah <i>axle</i> Suzuki Jimny JB33 adalah solid <i>axle</i>. Kelebihan tipe <i>axle</i> ini mampu menahan beban berat tetapi tidak mempunyai pergerakan fleksibel. Untuk material yang dipakai menggunakan material baja ST60. Desain rumah <i>axle</i> dibuat dengan variasi ketebalan 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm,</p>		

		dari ke empat variasi tersebut di analisa kekuatannya untuk dipilih satu yang terbaik.		
2		Dudukan <i>arm</i> dibuat agar mampu menopang lengan arm yang terhubung pada rangka mobil agar ketika rumah <i>axle</i> diberi gaya statis akan tetap diam dan tidak bergerak.		
3		Dudukan <i>coil spring</i> dibuat agar mampu menerima beban tegak lurus dari <i>coil spring</i> . Dengan dudukan <i>coil spring</i> , defleksi <i>coil spring</i> berlangsung pada tempatnya.		
4		<i>Knuckle</i> merupakan titik poros pada sistem kemudi yang mempunyai fungsi sebagai menahan beban kendaraan pada saat kendaraan itu diam maupun pada saat berbelok.		

Komentar dan Saran

.....

B. Data Hasil Simulasi :

Berikan tanda ceklist (√) pada kolom yang tersedia, apabila simulasi rancangan sudah sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Ya” dan apabila tidak sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Tidak”.

Variasi ketebalan material	<i>Von Mises Stress</i> (MPa)		<i>Displacement</i> (mm)		<i>Safety Factor</i>	Keterangan	
	Min	Max	Min	Max		Ya	Tidak
baja ST60							
2 mm	0,00000081	10,3	0	0,0239	2,08		
2,5 mm	0,00000063	8,41	0	0,0222	2,55		
3 mm	0,00000044	6,93	0	0,02	3,09		
3,5 mm	0,00000041	6,14	0	0,018	3,49		

C. Kesimpulan

Berikan tanda ceklist (✓) pada kolom dibawah ini desain rumah *axle* depan mobil desa dinyatakan bahwa:

- () Desain layak digunakan
- () Desain layak digunakan dengan revisi
- () Desain tidak layak digunakan

Semarang, febuari 2021

Validator

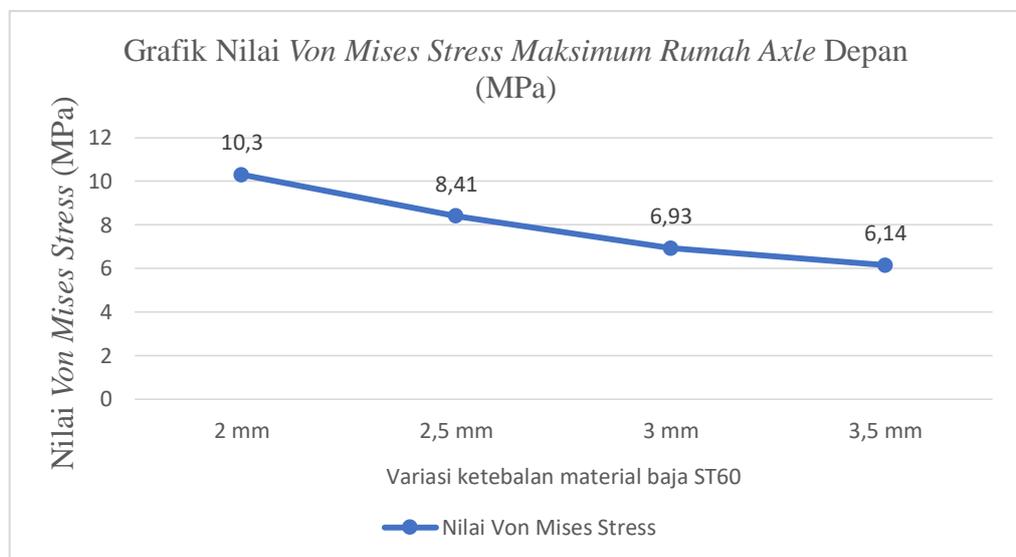
Sudiyono , S. Pd, M. Pd
NIP. 198607032017081251

4.2 Pembahasan

Hasil uji simulasi kekuatan rumah *axle* depan menggunakan *software CATIA V5R19* akan dibahas dibawah ini:

1. Von Mises Stress

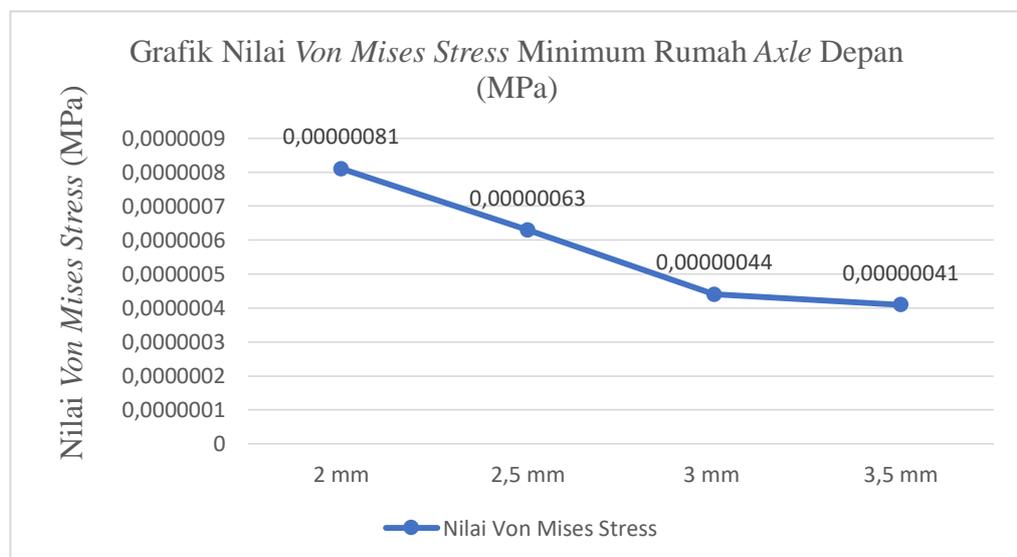
Nilai minimum dan maksimum dari hasil uji simulasi *von mises stress* pada rumah *axle* depan dengan variasi ketebalan material 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm pada tabel 4.3 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.12 dan 4.13 dibawah ini:



Gambar 4. 14 Grafik *Von Mises Stress* Maksimum Rumah *Axle* Depan

Mengacu pada gambar grafik diatas dapat diketahui bahwa variasi ketebalan material yang berbeda memiliki nilai *von mises stress* yang berbeda juga. Untuk rumah *axle* dengan ketebalan material 2 mm memiliki nilai tagangan maksimum sebesar 10,3 MPa. Rumah *axle* dengan ketebalan material 2,5 mm memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 8,41 MPa. Rumah *axle* dengan ketebalan material 3 mm memiliki tegangan maksimum

sebesar 6,93 MPa. Sedangkan rumah *axle* dengan ketebalan material 3,5 mm memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 6,14 MPa. Hasil uji simulasi menunjukkan bahwa rumah *axle* dengan ketebalan material 2 mm memiliki nilai *von mises stress* maksimum terbesar dengan nilai 10,3 MPa. Sedangkan nilai *von mises stress* maksimum yang paling kecil terdapat pada rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm dengan nilai 6,14 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal ukuran rumah *axle*, maka nilai *von mises stress* yang dihasilkan semakin kecil.



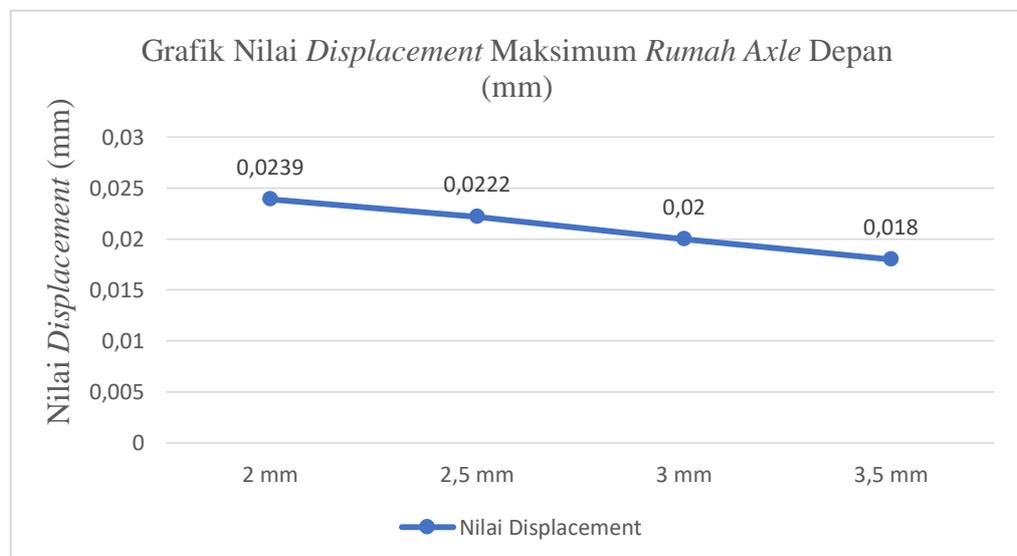
Gambar 4. 15 Grafik *Von Mises Stress* Minimum Rumah *Axle* Depan

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa ketebalan rumah *axle* yang berbeda memiliki nilai *von mises stress* minimum yang berbeda pula. Rumah *axle* dengan ketebalan 2 mm memiliki nilai tegangan minimum sebesar 0,00000081 MPa. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 2,5 mm memiliki nilai tegangan minimum sebesar 0,00000063 MPa. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3 mm memiliki nilai tegangan

minimum sebesar 0,00000044 MPa. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm memiliki nilai tegangan minimum sebesar 0,00000041 MPa. Hasil uji simulasi menunjukkan bahwa rumah *axle* dengan ketebalan material 2 mm memiliki nilai *von mises stress* minimum terbesar dengan nilai 0,00000081 MPa. Sedangkan nilai *von mises stress* minimum yang paling kecil terdapat pada rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm dengan nilai 0,00000041 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal ukuran rumah *axle*, maka nilai *von mises stress* yang dihasilkan semakin kecil.

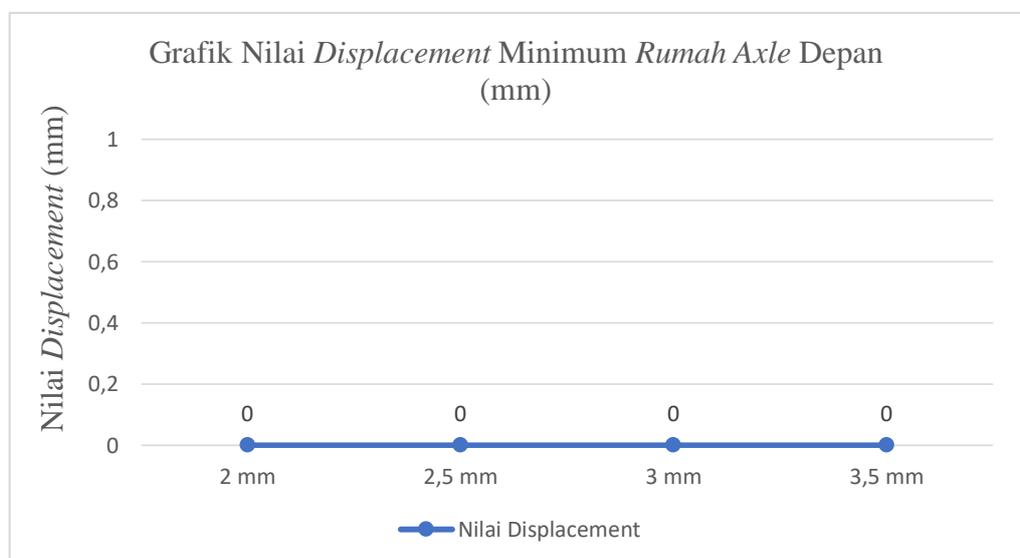
2. Displacement

Nilai maksimum dan minimum *displacement* hasil uji simulasi rumah *axle* depan dengan variasi ketebalan material sebesar 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm pada tabel 4.4 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4. 16 Grafik *Displacement* Maksimum Rumah *Axle* Depan

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa ketebalan rumah *axle* yang berbeda memiliki nilai regangan maksimum yang berbeda pula. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 2 mm memiliki nilai *displacement* maksimum sebesar 0,0239 mm. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 2,5 mm memiliki nilai *displacement* maksimum sebesar 0,0222 mm. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3 mm memiliki nilai *displacement* maksimum sebesar 0,02 mm. Sedangkan rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm memiliki nilai *displacement* maksimum sebesar 0,018 mm. hasil uji simulasi menunjukkan bahwa rumah *axle* dengan ketebalan 2 mm memiliki nilai *displacement* maksimum terbesar dengan nilai 0,0239 mm. Sedangkan nilai *displacement* maksimum yang paling kecil terdapat pada rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm dengan nilai 0,018 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal ukuran rumah *axle*, maka nilai *displacement* semakin kecil.

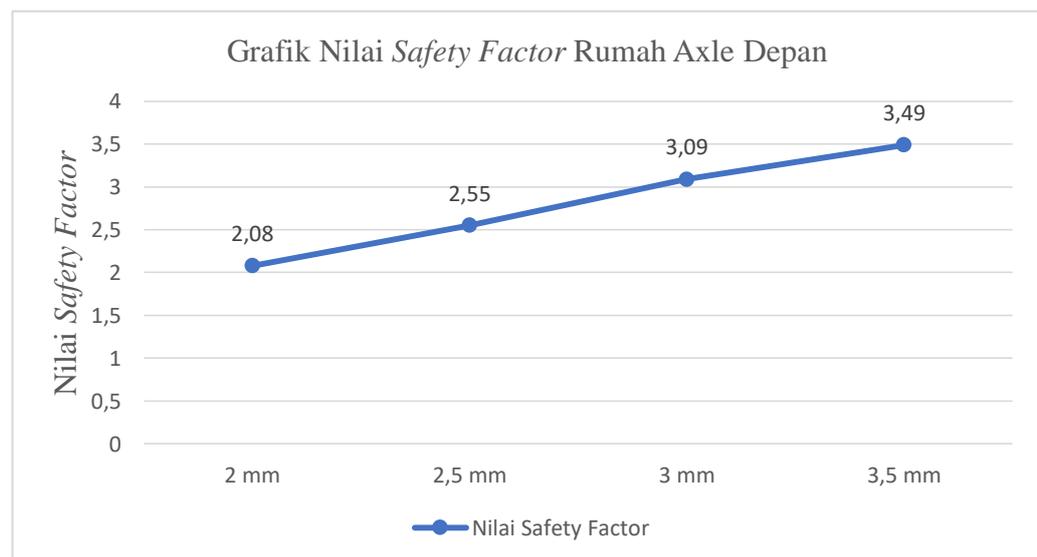


Gambar 4. 17 Grafik *Displacement* Minimum Rumah *Axle* Depan

Berdasarkan gambar grafik diatas nilai minimum *displacement* pada rumah *axle* dengan variasi ketebalan 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm memiliki nilai *displacement* minimum yang sama dengan nilai 0 mm. dikarenakan defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi setelah deformasi terjadi.

3. *Safety Factor*

Nilai maksimum dan minimum *safety factor* hasil uji simulasi rumah *axle* depan dengan variasi ketebalan material sebesar 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm pada tabel 4.5 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.16 dan 4.17.



Gambar 4. 18 Grafik *Safety Factor* Maksimum Rumah *Axle* Depan

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa ketebalan rumah *axle* yang berbeda memiliki nilai *safety factor* yang berbeda pula. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 2 mm menunjukkan nilai *safety factor* maksimum sebesar 2,08. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 2,5

mm menunjukkan nilai *safety factor* maksimum sebesar 2,55. Rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3 mm menunjukkan nilai *safety factor* maksimum sebesar 3,09. Sedangkan rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm menunjukkan nilai *safety factor* maksimum sebesar 3,49. Hasil uji simulasi menunjukkan bahwa rumah *axle* dengan ketebalan 2 mm memiliki nilai *safety factor* maksimum terkecil dengan nilai 2,08. Sedangkan nilai *safety factor* maksimum yang paling besar terdapat pada rumah *axle* dengan ketebalan material sebesar 3,5 mm dengan nilai 3,49. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai *von mises stress* rumah *axle*, maka nilai *safety factor* semakin besar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berpedoman pada hasil penelitian yang telah dilaksanakan secara simulasi yang dilanjut dengan menganalisa dengan pembahasan, maka disusun simpulan sebagai berikut :

1. Desain rumah *axle* depan yang paling aman dan proporsional untuk digunakan pada mobil pedesaan adalah rumah *axle* yang telah di *reverse engineering* dengan ketebalan bahan 3,5 mm, dengan dimensi bentang panjang 980 mm, lebar 70 mm, tinggi 300 mm, dan lubang *differential* 210 mm didapatkan nilai *von mises stress* sebesar 6,14 MPa, nilai *displacement* sebesar 0,018 mm dan nilai *safety factor* sebesar 3,49.
2. Hasil uji simulasi *von mises stress*, *displacement*, *safety factor* pada desain rancangan rumah *axle* depan mobil desa dalam bentuk 3D model menggunakan *software CATIA* pada material ketebalan 2 mm dengan dimensi bentang panjang 980 mm, lebar 70 mm, tinggi 300 mm, dan lubang *differential* 210 mm didapatkan hasil dengan nilai terendah yaitu *von mises stress* sebesar 10,3 MPa, *displacement* sebesar 0,0239 mm, dan *safety factor* sebesar 2,08.

5.2 Saran

Berikut ini beberapa saran yang direkomendasikan dari hasil penelitian ini :

1. Apabila dilakukan proses pembuatan rumah *axle* yang paling aman dan proporsional, lebih baik menggunakan desain rumah *axle* dengan ketebalan 3,5 mm dengan dimensi ukuran bentang panjang 980 mm, lebar 70 mm, tinggi 300 mm, dan lubang *differential* 210 mm.
2. Apabila dilakukan proses pembuatan rumah *axle* menggunakan desain rumah *axle* dengan ketebalan material 2 mm dengan dimensi ukuran bentang panjang 980 mm, lebar 70 mm, tinggi 300 mm, dan lubang *differential* 210 mm akan diperoleh hasil kurang optimal dikarenakan memiliki *safety factor*/faktor keamanan pada yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghav, H. L., dan Walame, M. V. 2016. Stress analysis and fatigue analysis of front *axle* of heavy-duty truck using ANSYS Ncode design life for different loading cases. *Carbon*, 100 : 0-43.
- Ahire, P. R., dan Munde, K. H. 2016. Design and analysis of front *axle* for heavy commercial vehicle. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 5(7) : 17333-17337.
- Allmandinger, T. B., S. K Hoefler, G. J. Maser, E. E. Stuart, E. J. Irwin, dan P. S. Nanua. 2004. *U.S. Patent No. 6,729,207*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Aminudin RH. 2019. Analisis kelelahan (fatigue) chassis frame bus listrik pt. Mobil anak bangsa menggunakan software autodesk inventor 2019. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Negeri Semarang.
- Atmojo, K. T., dan sugiyanto, I. D. 2012. Prediksi tegangan von mises femoral stem pada sambungan tulang pinggul buatan menggunakan metode elemen hinga . . *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Diponegoro.
- Avikal, S., A. Bisht, D. Sharma, H. Hindwan, S. Yadav, K.N. Kumar, dan P. Thakur.2020. Design and fatigue analysis of front *axle* beam of a heavy duty truck using ansys. *Materials Today Proceedings*, 26 : 3211-3215.
- Bayuaji, A., 2018. Analisis pembuatan rolling pada sisi bending 60mm berbasis software solid works pada mobil desa dengan metode press roll dies. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Negeri Semarang.
- Durand, R., dan Duggan, J. A. 2006. *U.S. Patent No. 7,140,530*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Effendy, D.A., 2013. Rancang Bangun Boiler untuk Proses Pemanasan Sistem Uap pada Industri Tahu dengan Menggunakan CATIA V5. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Negeri Semarang.
- Fitriadi, T., 2008. Perancangan Alat Bantu Jalan (Kruk) Yang Praktis Dan Ergonomis Dengan Menggunakan Software Catia. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Furqon, G.R. dan Firman, M., 2016. Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja St 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda. *Al-jazari jurnal ilmiah teknik mesin*, 1(1) : 90-117.
- Ginting, R. 2010. *Perancangan Produk*. Edisi 1. Graha Ilmu. Yogyakarta.

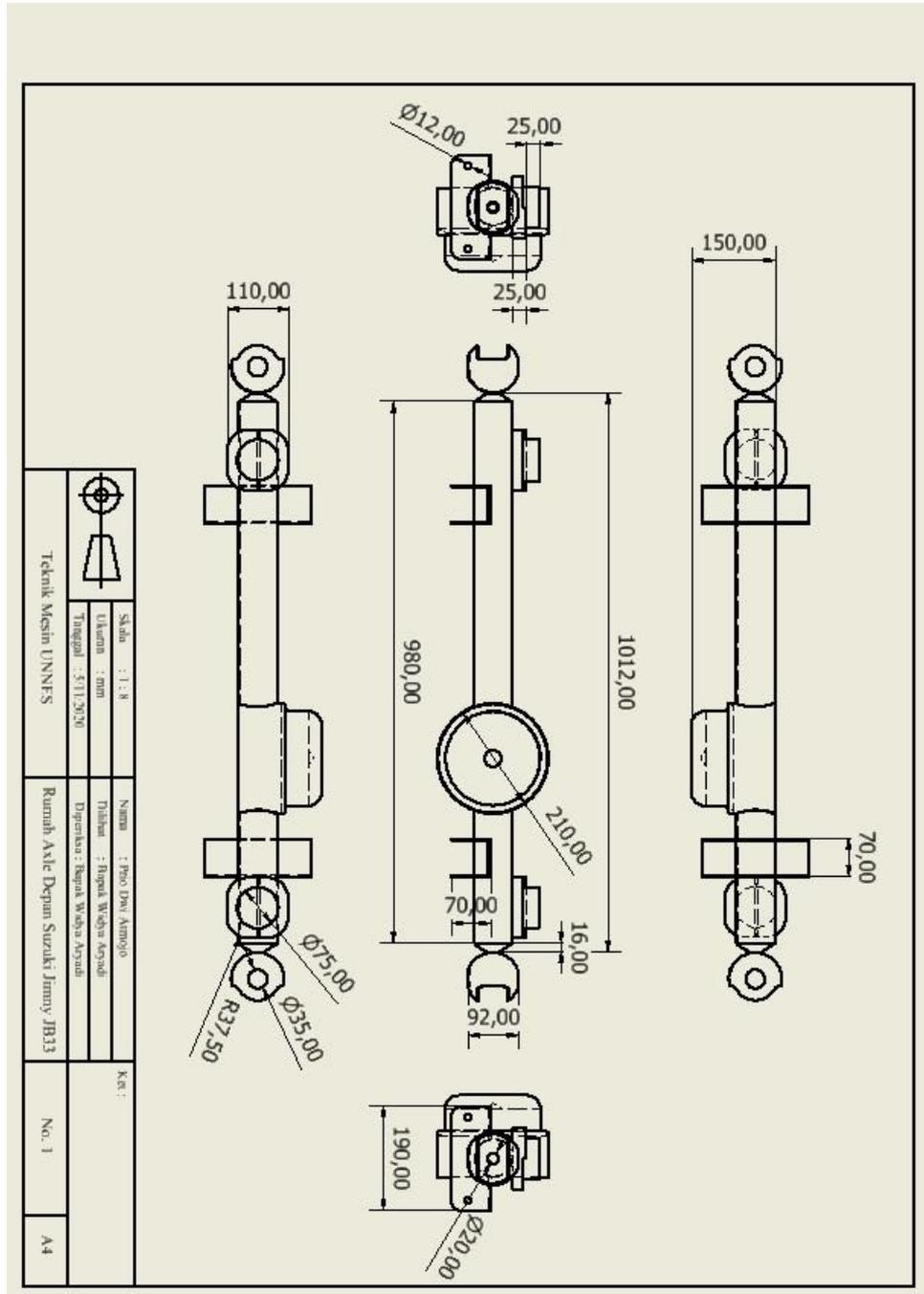
- Hendra, E. 2012. Analisa Defleksi Struktur Tower Transmisi Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Rekayasa Mesin*, 3(2) : 362-371.
- Johannes, R., Motors Liquidation Co, 1962. Steering arrangement for a solid front axle suspension. *U.S. Patent 3,020,060*.
- Karmiadi, D., 2018. Optimasi Pemilihan Material Rear Axle Housing Model T8 Jenis Truk Kapasitas 7, 5 Ton. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*. 8(2): 82-87.
- Kumar, A., P.K. Jain, dan P.M. Pathak. 2013. Reverse engineering in product manufacturing: an overview. *DAAAM international scientific book 39*: 665-678.
- Kurowski, P., 2017. *Finite element analysis for design engineers* (pp. i-xiii). SAE.
- Kurniawan, A., dan Andoko. 2019. March. Stress and Crack Simulation on Axle Housing Mitsubishi L300 Pickup Car using Finite Element Method. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 494(1): 012107.
- Masykur, M., 2011. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik pada Baja Karbon Sedang St 60. *Engineering*, 2(2) : 0 - 9.
- Mujahidin, F. 2019. March. Stress Analysis of Rear Axle Pick-up with Finite Element Method. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 494(1): 012028.
- Muthoriq, E., dan A.F.C Wahyu. 2015. Analisis Kekuatan Axle Belakang Kendaraan Truk Berbasis Software Solidwork. *Semnasteknomedia Online*, 3(1): 4-6.
- Novianto, T., 2007. Mekanisme dan trouble shooting sistem diferensial serta perhitungan penguatan momen dari drive pinion terhadap axle pada toyota kijang 5k. *Skripsi*. Program Sarjana Universitas Negeri Semarang.
- Prameswari, D., dan Y. Yohanes. 2019. Analisa Sistem Pengereman Pada Mobil Multiguna Pedesaan. *Jurnal Teknik ITS*. 8(1): E67-E73.
- Putra, A.R., 2016. Desain dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Produksi Multiguna Pedesaan Dengan Standar Kenyamanan ISO 2631. *Skripsi*. Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purbaya, A. 2016. Spek Pickup Mobil Desa Semarang. <http://oto.detik.com/mobil/d-3224546/mengintip-spek-pikap-mobil-desa-semarang>. 03 Juni 2016 (20.30).

- Rahmawan, I., R.A. Anugraha, dan T. Sjafrizal. 2018. Uji Kelayakan Teknis Desain Customize Short Arm Cast Untuk Menghasilkan Produk Yang Kuat Dan Memiliki Sirkulasi Udara Yang Baik Dengan Menggunakan Fem (finite Element Method). *eProceedings of Engineering*, 5(2) : 40-53.
- Ristekdikti. 2016. Mobil Pedesaan: Inovasi Baru dari Unnes dan Kemperin. <http://ristekbrin.go.id/info-ipitek-dikti/mobil-pedesaan-inovasi-baru-dari-unnes-dan-kemperin>. 18 Mei 2016 (19.30).
- Rozik, M. A. 2020. Perancangan dan analisis kekuatan rangka mesin pengayak pasir menggunakan autodesk inventor 2019 . *Skripsi*. Program Sarjana Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Ruban, M., dan Sivaganesan, S. 2016. Design analysis and optimization of front axle for commercial vehicle using CAE. *ARPJN journal of engineering and applied sciences*, 11(13) : 8511-8516.
- Sampietro, A.C. dan Hoyt, K.L., 1971. Rear suspension system for a motor vehicle. *U.S. Patent 3,601,425*.
- SS, M. Khot., dan Navthar, R. R. 2019. Design and optimization of front axle of heavy truck. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology* , 2455-2143 : 183-191
- Sarjito, S. dan Jokosisworo, J., 2009. Analisa kekuatan puntir, lentur putar dan kekerasan baja st 60 untuk poros *propeller* setelah di quenching. *Rotasi*, 11(2): 18-23.
- Satish, G. D., N. K.. Singh, dan R. K. Ohdar. 2008. Preform optimization of pad section of front axle beam using DEFORM. *Journal of materials processing technology*, 203(1-3):102-106.
- Seprianto, D., 2011. Perancangan Alat Blending/Mixing Menggunakan Perangkat Lunak CAD Autodesk Inventor Professional 2010. *AUSTENIT*, 3(01) : 93-97.
- Step, N. 1995. *Training Manual*. Edisi 1. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Sunggono, M.S.W., 2017. Perancangan Dan Analisa Karakteristik Traksi Sistem Powertrain Mobil Multiguna Pedesaan. *Skripsi*. Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suprayogi, B.E., 2015. Perancangan Ulang dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Multiguna Pedesaan dengan Standar Kenyamanan ISO 2631 .*Skripsi*. Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

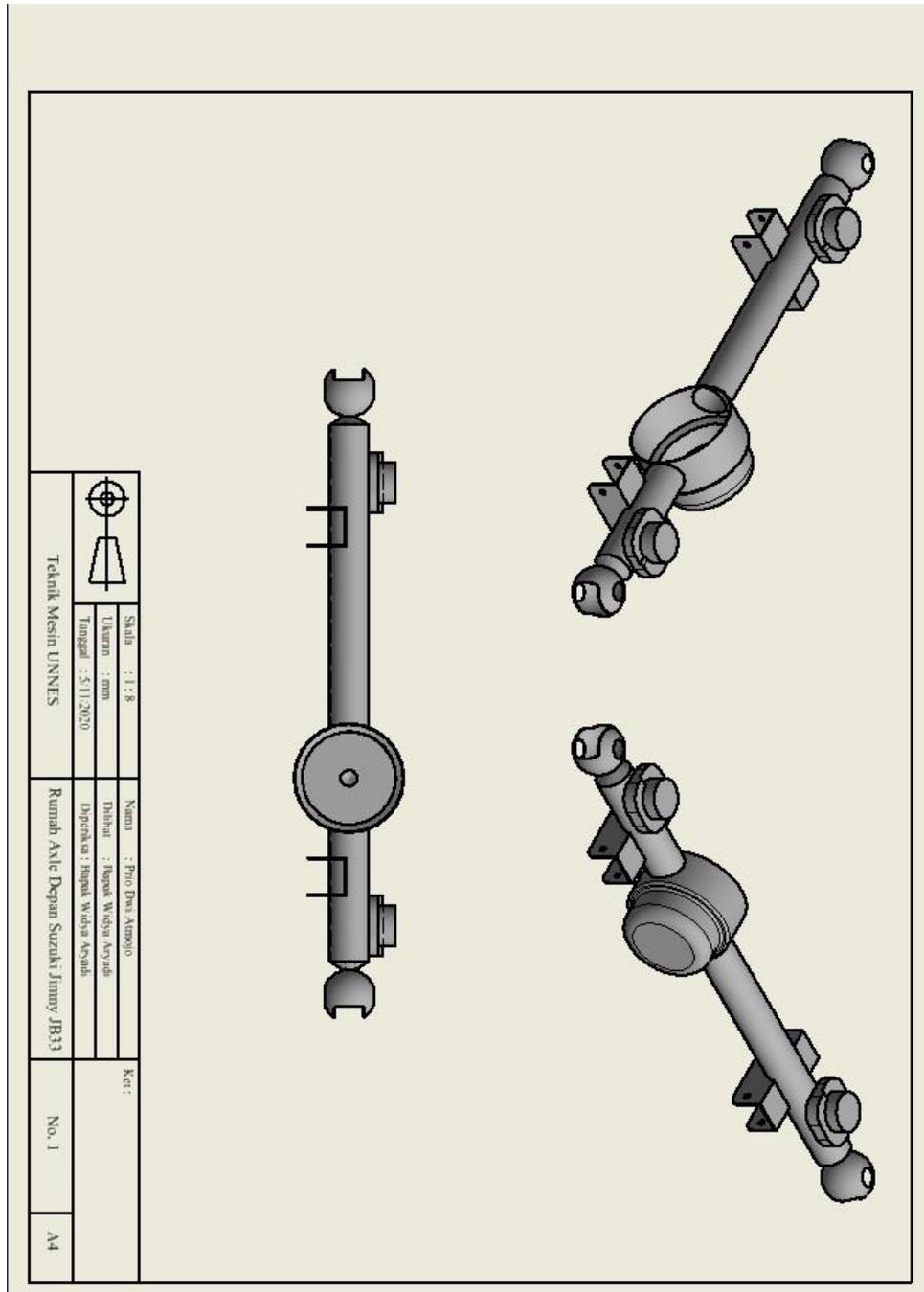
- Topac, M.M., H. Günal, dan N.S. Kuralay. 2009. Fatigue failure prediction of a rear axle housing prototype by using finite element analysis. *Engineering Failure Analysis*, 16(5) : 1474-1482.
- Tankut, N., dan Zor, M. 2014. Finite element analysis of wood materials. *Drvna industrija: Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije*, 65(2) : 159-171.
- Wibowo, D.B., 2006. Memahami Reverse Engineering Melalui Pembongkaran Produk. *Skripsi*. Progam Sarjana Universitas Diponegoro.
- Wibowo, G.F. dan Fitriadi, R., 2016. Perancangan Ulang Produk Pti 1 Menggunakan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus Di Laboratorium Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta) .*Skripsi*. Progam Sarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wu, Y. T., dan Cesare, M. 2001. Safety-factor based approach for probability-based design optimization. *AIAA applied aerodynamics conference*. Spring Forest Road 881, Nothwegia. 27609(1) : 5.
- Xu, C.G., P. Li, Y.Q. Guo, J. Zeng, dan H. Jin. 2017. Analysis and experimental study on compound mechanical bulging process for medium-sized vehicle drive axle housing. *Procedia engineering*, 207: 1737-1742.

LAMPIRAN

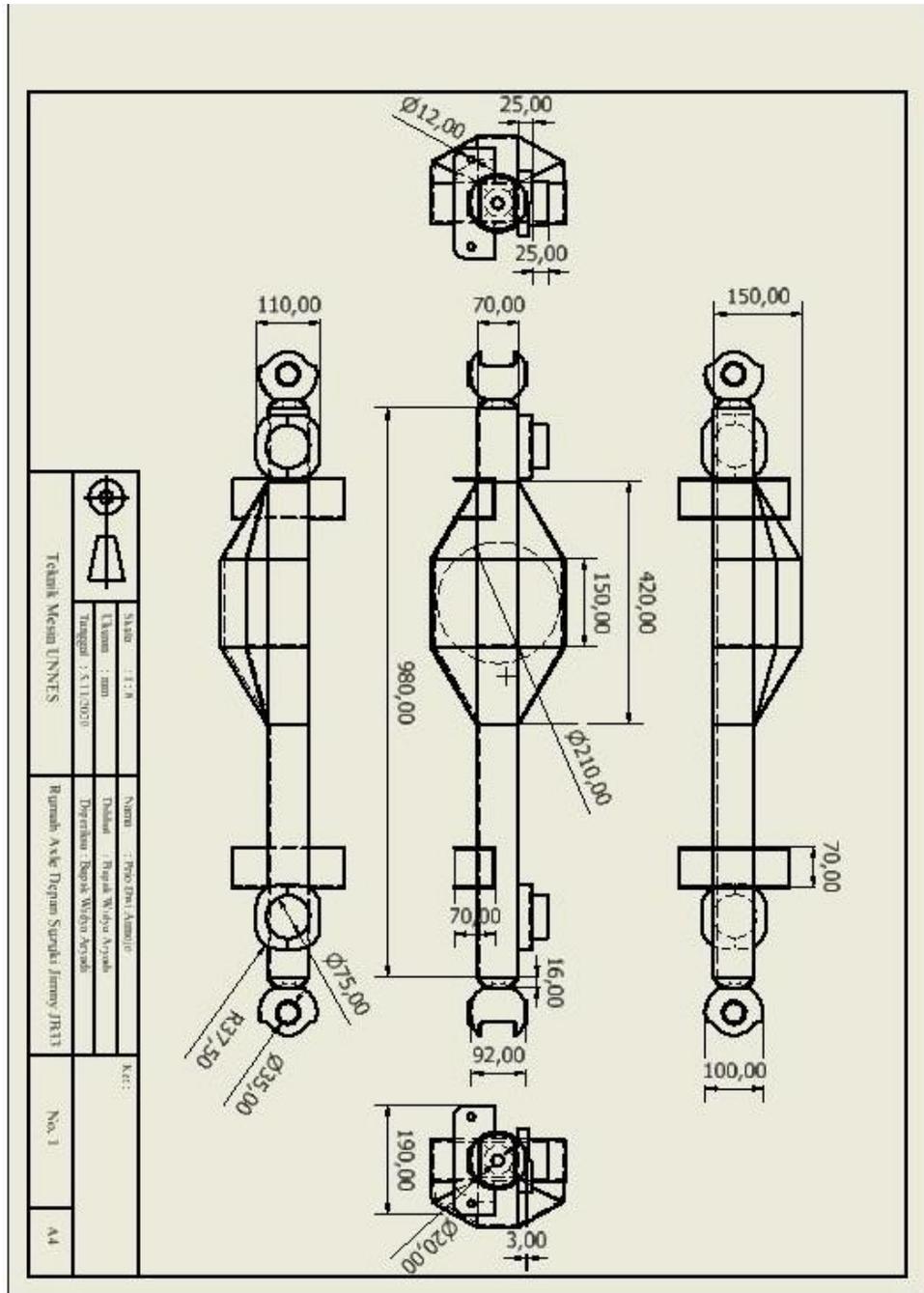
Lampiran 1 Desain 2D Acuan Rumah Axle



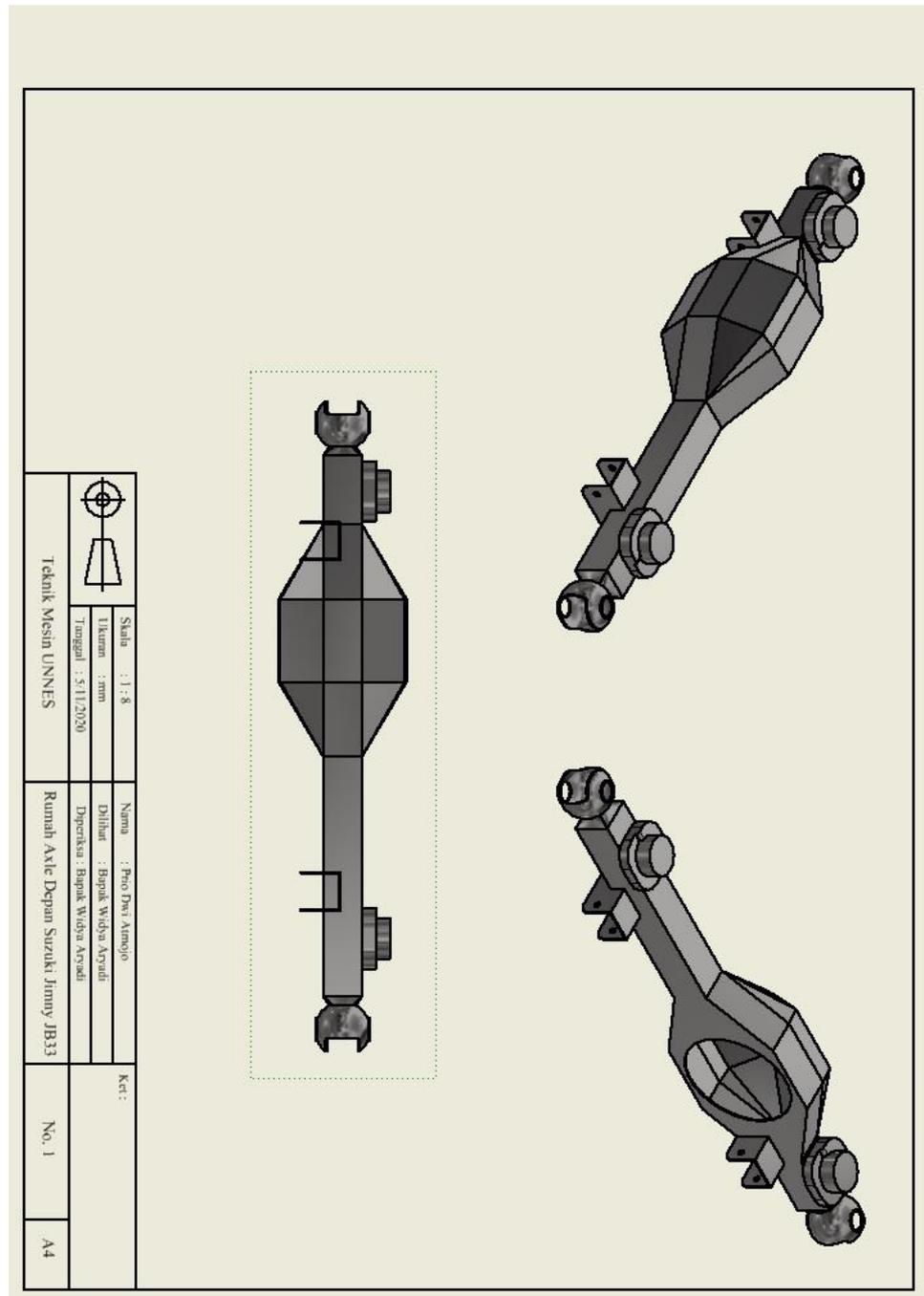
Lampiran 2 Desain 3D Acuan Rumah Axle



Lampiran 3 Desain 2D Rumah Axle Terbaru

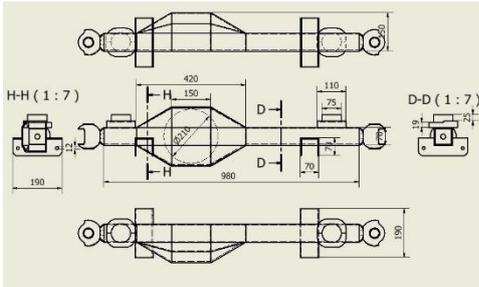


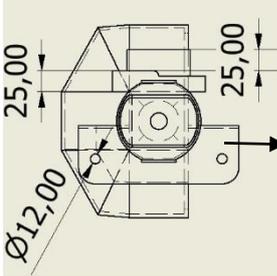
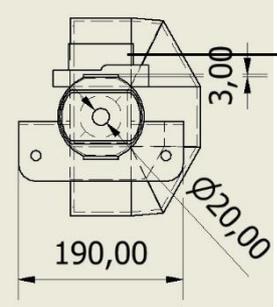
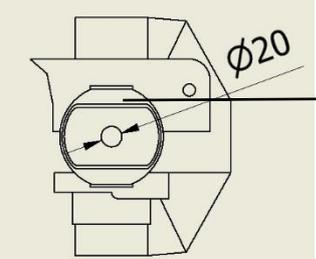
Lampiran 4 Desain 3D Rumah Axle Terbaru



Lampiran 5 Lembar Validasi Desain Rumah *Axle* Depan**Lembar validasi desain rumah *axle* depan mobil desa Unnes****A. Bentuk Desain rumah *axle* :**

Berikan tanda ceklist (√) pada kolom yang tersedia, apabila desain rancangan sudah sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Ya” dan apabila tidak sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Tidak”.

No	Desain Rumah <i>axle</i>	Spesifikasi	Keterangan	
			Ya	Tidak
1		<p>Desain ukuran rumah <i>axle</i> depan dengan bentang panjang 980 mm, bentang tinggi 230 mm, dengan lubang differential sebesar 210 mm. Bentuk rumah <i>axle</i> berbentuk kotak dengan dimensi ukuran rumah <i>axle</i> yang disesuaikan dengan ukuran rumah <i>axle</i> dari suzuki jimny JB33. Karena jenis rumah <i>axle</i> suzuki jimny JB33 adalah solid <i>axle</i>. Kelebihan tipe <i>axle</i> ini mampu menahan beban berat tetapi tidak mempunyai pergerakan fleksibel. Untuk material yang dipakai menggunakan material baja ST60. Desain rumah <i>axle</i> dibuat dengan variasi ketebalan 2 mm, 2.5 mm, 3 mm, 3,5 mm, dari ke empat variasi tersebut di analisa</p>	√	

		kekuatannya untuk dipilih satu yang terbaik.		
2	 <p>Dudukan arm</p>	Dudukan <i>arm</i> dibuat agar mampu menopang lengan <i>arm</i> yang terhubung pada rangka mobil agar ketika rumah <i>axle</i> diberi gaya statis akan tetap diam dan tidak bergerak.	√	
3	 <p>Dudukan coil spring</p>	Dudukan <i>coil spring</i> dibuat agar mampu menerima beban tegak lurus dari <i>coil spring</i> . Dengan dudukan <i>coil spring</i> , defleksi <i>coil spring</i> berlangsung pada tempatnya.	√	
4	 <p>Knuckle</p>	<i>Knuckle</i> merupakan titik poros pada sistem kemudi yang mempunyai fungsi sebagai menahan beban kendaraan pada saat kendaraan itu diam maupun pada saat berbelok.	√	

Komentar dan Saran

Pertimbangkan untuk memvariasikan jenis material yang digunakan

B. Data Hasil Simulasi :

Berikan tanda ceklist (√) pada kolom yang tersedia, apabila simulasi rancangan sudah sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Ya” dan apabila tidak sesuai berikan tanda ceklist pada kolom “Tidak”.

Variasi ketebalan material baja ST60	<i>Von Mises Stress</i> (MPa)		<i>Displacement</i> (mm)		<i>Safety Factor</i>	Keterangan	
	Min	Max	Min	Max		Ya	Tidak
2 mm	0,00000081	10,3	0	0,0239	2,08	√	
2,5 mm	0,00000063	8,41	0	0,0222	2,55	√	
3 mm	0,00000044	6,93	0	0,02	3,09	√	
3,5 mm	0,00000041	6,14	0	0,018	3,49	√	

C. Kesimpulan

Berikan tanda ceklist (√) pada kolom dibawah ini desain rumah *axle* depan mobil desa dinyatakan bahwa:

- (√) Desain layak digunakan
- () Desain layak digunakan dengan revisi
- () Desain tidak layak digunakan

Semarang, febuari 2021

Validator



Sudyono , S.Pd, M. Pd

NIP. 198607032017081251