ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR* KELAS 20 TON

Aditya Anggun Wijaya
5315122794

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul :

ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR* KELAS 20 TON

Lembar persetujuan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk pengajuan sidang skripsi pada program studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Drs. Sirojuddin, M.T.	**Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T.**
NIP. 196010271990031003	NIP. 197812122006042002

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR* KELAS 20 TON**
Nama Mahasiswa : **ADITYA ANGGUN WIJAYA**
Nomor Registrasi : **5315122794**

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. H. Sirojuddin, M.T. **NIP. 196010271990031003** (Dosen Pembimbing I)	.....	24/02/17
Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T. **NIP. 197812122006042002** (Dosen Pembimbing II)	.....	27/02/17

PENGESAHAN PANITIAN UJIAN SKRIPSI

Prof. Dr. Hj. Zulfiati, M.Pd. **NIP. 195008071976032001** (Ketua Penguji)	.....	24/02 2017
Ragil Sukarno, S.T., M.T. **NIP. 197911022012121001** (Sekretaris)	.....	20/02 2017
Dr. Eng. Agung Premono, M.T. **NIP. 197705012001121002** (Dosen Ahli)	.....	17/02 2017

Tanggal Lulus : 10 Februari 2017

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta

Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	:	**Aditya Anggun Wijaya**
No. Registrasi	:	**5315122794**
Tempat, tanggal lahir	:	**Jakarta, 22 Mei 1994**
Alamat	:	**Jl. Sepakat 1 No.34, Kp. Pondok Benda RT.05/01, Kel. Jatirasa, Kec. Jatiasih, Kota Bekasi 17424**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul "**Analisis Tegangan pada Desain *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**" adalah karya tulis ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, Februari 2017
Yang Membuat Pernyataan

Aditya Anggun Wijaya
No. Registrasi 5315122794

ABSTRAK

Aditya Anggun Wijaya. Skripsi: Analisis Tegangan pada Desain *Boom Excavator* Kelas 20 Ton. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Boom excavator kelas 20 ton merupakan penopang dan tuas utama yang digunakan untuk penempatan (*mounting*) bagian-bagian penting *excavator*, menggerakkan *arm* naik turun, menahan beban dari *arm*, *breaker*, dan beban dari luar. Untuk itu, dilakukan analisis tegangan (*stress analysis*) menggunakan metode elemen hingga (*finite element analysis)* dengan bantuan *software Autodesk Inventor Professional* 2015. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tegangan pada desain mana yang lebih kuat dan aman antara *boom excvavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ. Dimensi tinggi *boom excavator* kelas 20 ton 922 mm, tinggi *boom excavator* dari *boom top* ke *arm hydraulic pin* 1160 mm, dan panjang *boom excavator* 5700 mm. Simulasi dilakukan pada rancangan desain yang berbeda yaitu *boom excvavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ. Ketiganya diberi beban dan tumpuan (*restraints*) yang sama yaitu 111687,001 N pada pin 1, 94165 N pada pin 2, dan 336842,440 N pada pin 3. Penentuan *pin* pada desain *boom excavator* kelas 20 ton yaitu dibagian *rear boom* dan *center boom*. Setelah proses analisis dilakukan, hasil menunjukan bahwa desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman dilihat dari nilai *safety factor* 8.98691.

Kata kunci: tegangan, desain, *boom excavator*, *reinforcement*.

ABSTRACT

Aditya Anggun Wijaya. Thesis: Stress Analysis on the Design of 20 Ton Class Boom Excavator. Jakarta: Study Program Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017.

20 ton class boom excavator is the backbone and main lever used for placement (mounting) critical parts excavator, moving the arm up and down, take the weight of the arm, breaker, and the load from the outside. To that end, analysis of stress using the finite element method with the help of Autodesk Inventor Professional 2015. The purpose of this study was to analyze the stress of the design which is more strong and safety between the 20 ton class boom excvavator unreinforcement, reinforcement version of engineer PT. PQR, and reinforcement engineer PT. XYZ version. Height dimensional of 20 ton class boom excavator 922 mm, height of the boom top to boom excavator hydraulic arm pin 1160 mm and boom excavator long 5700 mm. Simulations carried out on the design of different designs that 20 ton class boom excavator unreinforcement, reinforcement version of engineer PT. PQR, and reinforcement engineer PT. XYZ version. All three were given the same loads and restraints is 111,687.001 N on pin 1, 94 165 N on pin 2, and 336,842.440 N on pin 3. Determining the pin on the design of boom excavator are rear section and center boom. After the analysis is done, the results showed that the design of reinforcement 20 ton class boom excavator engineer PT. XYZ version is the most strong and safety views on the safety factor value 8.98691.

Keywords: stress, design, boom excavator, reinforcement.

KATA PENGANTAR

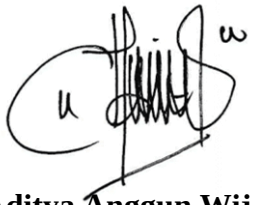
Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir skripsi ini dengan judul "**ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR* KELAS 20 TON**" disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk melengkapi dan memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis dalam menulis skripsi ini menyadari sepenuhnya bahwa terlaksananya sampai kepada bentuk skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doanya hingga penulis bisa menyelesaikan studi.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
3. Bapak Drs. H. Sirojuddin, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan skripsi ini.
4. Ibu Siska Titik Dwiyati S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T. selaku Penasehat Akademis yang juga telah banyak membantu penulis.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin, khususnya kepada angkatan 2012 yang telah memberikan dukungan motivasi serta membantu penulis.
7. Sahabat seperjuangan yaitu Febriyanto, Ilyas Ade Chandra dan Tri Sutrisno yang telah memberikan semangat dan warna tersendiri dikehidupan penulis.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar pada karya-karya yang akan datang lebih baik lagi. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Jakarta, Februari 2017



Aditya Anggun Wijaya
No. Registrasi 5315122794

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
ABSTRAK iv
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 3
1.3. Pembatasan Masalah 4
1.4. Perumusan Masalah 4
1.5. Tujuan Penelitian 5
1.6. Manfaat Penelitian 5

BAB II LANDASAN TEORI 6
2.1. Teori Dasar Perancangan 6
2.2. Teori Dasar Metode Elemen Hingga 9
2.2.1. *Stress* dan *Strain* Tiga Dimensi 10
2.3. *Autodesk Inventor* 13
2.4. *Stress Analysis* 16
2.4.1. Tegangan Normal 17
2.4.2. Tegangan Geser 18
2.5. Teori Kegagalan Material 21
2.5.1. Teori Tegangan Normal Maksimum 22
2.5.2. Teori Tegangan Geser Maksimum 23
2.5.3. Teori Tegangan *Von Misses* 23
2.6. *Safety Factor* 25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian 27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian 27
3.3. Diagram Alir Penelitian 28
3.3.1. Uraian Prosedur Penelitian 29
3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data 41
3.4.1. Penentuan Pembebanan Gaya pada *Excavator* Kelas 20 Ton. 41
3.4.2. Penentuan Berat Total *Boom Excavator* Kelas 20 Ton 42
3.4.3. Posisi Titik Berat *Boom Excavator* Kelas 20 Ton 43
3.4.4. *Free Body Diagram Boom Excavator* Kelas 20 Ton 44
3.4.5. Varian Model 45
3.5. Teknik Analisis Data 45
3.5.1. Alasan Pemilihan Varian Konsep 45

BAB IV HASIL PENELITIAN 46
4.1. Model Desain 46
4.2. Bahan dan Material 48
4.3. Perhitungan Teori 49
4.4. Kondisi Batas 52
4.5. Hasil Analisis dengan *Software Autodesk Inventor* 53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 64
5.1. Kesimpulan 64
5.2. Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN 67
RIWAYAT HIDUP 114

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	*Result Summary*	40
Tabel 4.1.	Data Properti Material *JIS SM 50 YA*	48
Tabel 4.2.	Data Properti Material *JIS G 5101 (SC 49)*	49
Tabel 4.3.	Data Properti Material *Steel, Mild*	49
Tabel 4.4.	Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*	54
Tabel 4.5.	Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*	56
Tabel 4.6.	Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR	57
Tabel 4.7.	Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR.....	58
Tabel 4.8.	Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ.....	59
Tabel 4.9.	Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ	60
Tabel 4.10.	Hasil Analisis dari Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Bagian-bagian dari *Excavator* Kelas 20 Ton	2
Gambar 2.1.	Gambar Alur Perancangan	8
Gambar 2.2.	*Stress* Tiga Dimensi pada sebuah Elemen	10
Gambar 2.3.	*Boundary Conditions*	13
Gambar 2.4.	Tegangan Normal pada Beban Axial	17
Gambar 2.5.	Tegangan pada Pembebanan Elemen	18
Gambar 2.6.	Tegangan yang Bekerja pada Sebuah Bidang Elemen	20
Gambar 2.7.	Perbandingan Teori Tegangan Geser Maksimum dengan Teori Tegangan Von Misses	24
Gambar 2.8.	a) Kurva Regangan–Tegangan, b) Kurva Tegangan–Regangan Material Ulet dan Material Getas	26
Gambar 3.1.	Diagram Alir Proses Analisis *Software Autodesk Inventor*	28
Gambar 3 2.	*Boom Excavator* Kelas 20 Ton dalam Dua Dimensi	29
Gambar 3.3.	Gambar Dimensi *Part* 1 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	30
Gambar 3 4.	Gambar Dimensi *Part* 2 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	30
Gambar 3.5.	Gambar Dimensi *Part* 3 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	30
Gambar 3.6.	Gambar Dimensi *Part* 4 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	31
Gambar 3.7.	Gambar Dimensi *Part* 5 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	31
Gambar 3.8.	Gambar Dimensi *Part* 6 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	31
Gambar 3.9.	Gambar Dimensi *Part* 7 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	32
Gambar 3.10.	Gambar Dimensi *Part* 8 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	32
Gambar 3.11.	Gambar Dimensi *Part* 9 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	32
Gambar 3.12.	Gambar Dimensi *Part* 10 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	33
Gambar 3.13.	Gambar Dimensi *Part* 11 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	33
Gambar 3.14.	Gambar Dimensi *Part* 12 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	33
Gambar 3.15.	Gambar Dimensi *Part* 13 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	34
Gambar 3.16.	Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 1 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR	34
Gambar 3.17.	Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 2 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR	34
Gambar 3.18.	Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 3 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR	35
Gambar 3.19.	Gambar Dimensi Part *Reinforcement Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. XYZ	35
Gambar 3.20.	Pemberian *Meshing* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	36
Gambar 3.20.	Penentuan Lokasi *Pin* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	36
Gambar 3.21.	Pemberian Beban pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	37
Gambar 3.22.	Pemberian Gaya Gravitasi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	37
Gambar 3.23.	Pemberian Material pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton	38
Gambar 3.25.	Proses Perhitungan pada *Software Autodek Inventor*	38
Gambar 3.26.	*Report*, a) *Von Mises Stress*, b) *Diplacement*, c) *Safety Factor*	39
Gambar 3.27.	*Excavator* Kelas 20 Ton dengan *Attachment Breaker*	41
Gambar 3.28.	Pembebanan Gaya pada *Excavator* Kelas 20 Ton	41
Gambar 3.29.	Spesifikasi *Breaker*	42

Gambar 3.30. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu X 43
Gambar 3.31. Pandangan Samping *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu Y 44
Gambar 3.32. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 44
Gambar 4.1. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*..... 46
Gambar 4.4. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 46
Gambar 4.2. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR 47
Gambar 4.5. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR 47
Gambar 4.3. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ 47
Gambar 4.6. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ..... 48
Gambar 4.7. Diagram Benda Bebas *Excavator* Kelas 20 Ton..... 49
Gambar 4.8. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 50
Gambar 4.9. Penentuan Lokasi *Pin* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 52
Gambar 4.10. Pemberian Beban pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 53
Gambar 4.11. Pemberian Gaya Gravitasi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton 53
Gambar 4.12. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement* 55
Gambar 4.13. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Unreinforcement 56
Gambar 4.14. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR 57
Gambar 4.15. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR 58
Gambar 4.16. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ..... 59
Gambar 4.17. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ..... 61
Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Tegangan yang Terjadi pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton..... 62
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan *Safety Factor* pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton 62

DAFTAR LAMPIRAN

Stress Analysis Report Boom Unreinforcement 67
Stress Analysis Report Boom Reinforcement United Tractors 75
Stress Analysis Report Boom Reinforcement Komatsu Jepang 83
Gambar *Part Boom Excavator* 91
Gambar *Assembly Boom Excavator* 108
Gambar *Explode Assembly Boom Excavator* 111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

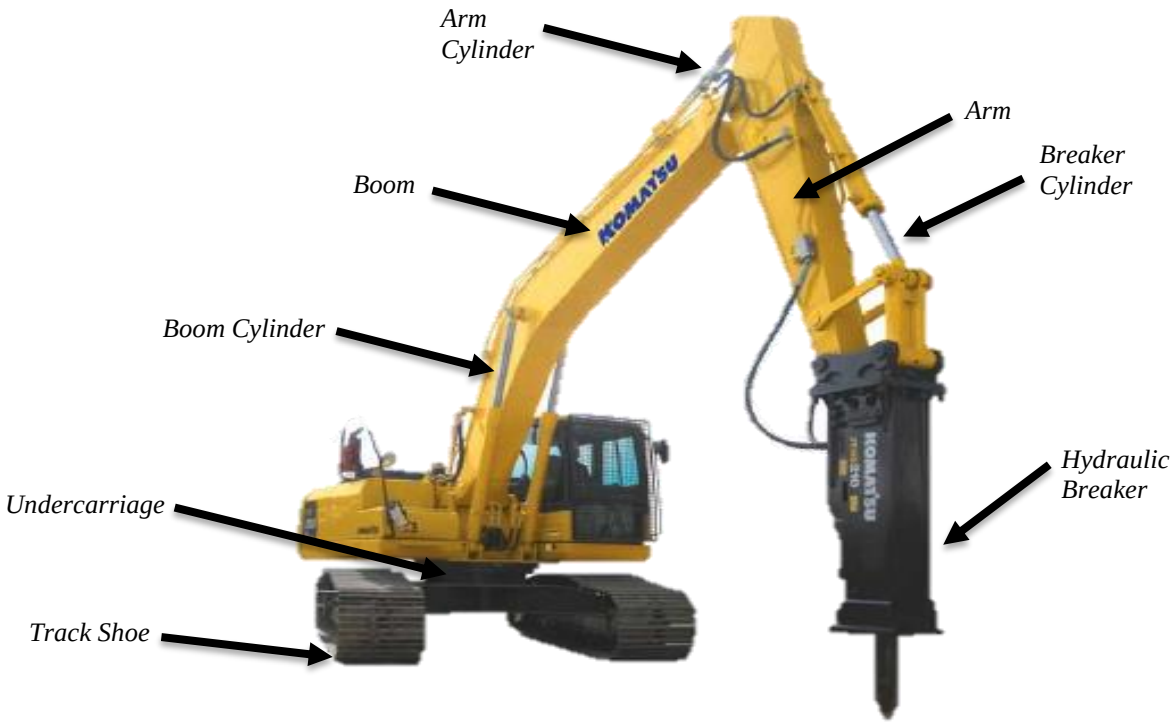
Excavator adalah alat berat yang dipergunakan untuk menggali dan mengangkut (*loading and unloading*) suatu material (tanah, batubara, pasir dan lain-lainnya). Berdasarkan sistem penggeraknya, *excavator* dibedakan menjadi dua yaitu sistem tali dan sistem hidraulik dengan media utama fluida.[1] Fungsi dari *hydraulic excavator* secara umum adalah mengerjakan kegiatan pertambangan, pembukaan lahan hutan untuk lahan pertanian, pembuatan jalan perintis, pembuatan parit dan saluran irigasi, dan mengerjakan kegiatan kehutanan. Secara umum konstruksi *hydraulic excavator* terdiri dari *attachment* dan *base machine*. *Attachment* terdiri dari *boom, arm, bucket, grapple* dan *base machine* terdiri dari *base frame, track frame,* dan *track shoe*.

Produsen perlatan konstruksi terbesar yang memproduksi alat berat di dunia adalah Caterpillar (USA), Komatsu (Jepang), Volvo *Construction Equipment* (Swedia), Hitachi *Construction Equipment* (Jepang), Liebherr (Jerman), Sany (RRT), Zoomlion (RRT), Terex (USA), Doosan *Infracore* (Korea Selatan), dan John Deere (USA).[2] Salah satu pabrik yang memproduksi alat berat di Indonesia adalah PT. XYZ (*manufacturer of heavy equipment*) yang memiliki agen distributor produk tersebut yakni PT. PQR.

---

[1] Prayogo Septyabudi, 2013, *Meningkatkan Kualitas Boom Casting Unit Hydraulic Excavator Kelas 13 Ton Pada Produksi Alat Berat di PT. XYZ*, h. 1.

[2] http://learnmine.blogspot.co.id/2013/04/terbesar-produsen-peralatan-konstruksi.html diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 10.45 WIB.



Gambar 1.1. Bagian-bagian dari *Excavator* Kelas 20 Ton[3]

Untuk merancang produk alat berat, proses pembuatan alat berat adalah hal yang harus diperhatikan berdasarkan standar produksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan proses pembuatan produk berbeda-beda akibat beberapa faktor yang mempengaruhi produk yang dihasilkan yaitu: berat, dimensi, dan bahan dasar produk. Faktor pembeda tiap proses produksi produk juga bisa disebabkan oleh jenis pekerjaan, dan kondisi tempat kerja. Dengan memilih proses produksi yang tepat, maka perusahaan penghasil produk alat berat akan mampu menyesuaikan bentuk dan fungsi dari produk yang dihasilkannya guna memenuhi kebutuhan konsumen sesuai permintaan konsumen.[4]

[3] http://www.komatsu.eu/komatsu-attachments-hydraulic-breakers.asp diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 12.45 WIB.
[4] Prayogo Septyabudi, *loc. cit.*

Boom excavator kelas 20 ton merupakan salah satu komponen yang paling penting dari *excavator* karena digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun, menahan beban dari *arm*, *bucket* atau *breaker*, dan beban dari luar. Oleh karena itu agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, *boom excavator* kelas 20 ton harus kuat dan kokoh sehingga mampu menopang beban dari *arm*, *bucket* atau *breaker*, beserta komponen *excavator* yang lain tanpa mengalami kerusakan ataupun perubahan bentuk. Melihat fungsi *boom excavator* kelas 20 ton sangat penting pada *excavator*, dimana alat tersebut lebih banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan menggunakan *attachment breaker* untuk menggantikan fungsi *bucket*, maka dari itu PT. PQR dan PT. XYZ melakukan *improvement* berupa *reinforcement* pada bagian-bagian tertentu yang mengalami tegangan maksimum terbesar untuk memperkuat dan memperkokoh struktur rangka *boom excavator* kelas 20 ton tersebut.

Untuk itu, penulis bermaksud melakukan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ dengan pemodelan *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan *reinforcement boom excavator* kelas 20 ton ini hanya bisa digunakan untuk *excavator* kelas 20 ton dengan menggunakan *attachment breaker*.
2. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*?

3. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR?
4. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ?
5. Menentukan desain mana yang lebih kuat dan aman diantara *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement engineer* PT. XYZ.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta identifikasi masalah tersebut diatas, pembatasan masalah dalam penulisan ini sebatas mengenai analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton dimana:

1. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah diatas, maka perumusan masalahnya sebagai berikut:

1. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*?”
2. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR?”

3. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.
4. Menentukan desain *boom excavator* kelas 20 ton mana yang lebih kuat dan aman.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat menjadi referensi tentang proses penelitian analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton dan memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Teori Dasar Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Di antara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat apakah industri dalam negeri dapat berpartisipasi atau tidak dalam suatu pembangunan proyek. Hal tersebut menandakan betapa pentingnya keahlian merancang harus dikuasai oleh orang-orang Indonesia.[5]

Dalam melaksanakan tugas merancangnya, perancang memakai dan memanfaatkan ilmu pengetahuan, ilmu dasar teknik, pengetahuan empirik, hasil-hasil penelitian, informasi dan teknologi, yang semuanya dalam versi perkembangan dan kemajuan mutakhir.[6]

Perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan dinamakan fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan lainnya. Setiap fase itu sendiri masih terdiri dari beberapa kegiatan, yang dinamakan langkah-langkah dalam fase. Salah satu deskripsi proses perancangan adalah deskripsi yang menyebutkan bahwa proses

[5] H. Darmawan Harsokoesoemo, *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*, (Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi De*Part*emen Pendidikan Nasional, 2000), h. 1.
[6] *Ibid.*, h. 1.

perancangan terdiri dari fase-fase berikut, yaitu: (1) diidentifikasinya kebutuhan, (2) analisis masalah, spesifikasi produk dan perencanaan proyek, (3) perancangan konsep produk, (4) perancangan produk, (5) evaluasi produk hasil perancangan, (6) penyusunan dokumen berupa gambar produk hasil rancangan dan spesifikasi pembuatan produk.[7]

Beberapa hal yang dilakukan pada kegiatan analisis perancangan adalah (1) analisis tegangan untuk mengetahui kekuatan produk, (2) perhitungan deformasi, (3) frekuensi pribadi, dan lain-lain, (4) pengecekan interferensi untuk mengetahui apakah dalam melakukan gerak untuk menghasilkan fungsinya, komponen-komponen produk saling bertabrakan, (5) analisis kinematik untuk mengecek apakah gerak yang dihasilkan produk sesuai dengan gerak yang disyaratkan.[8]

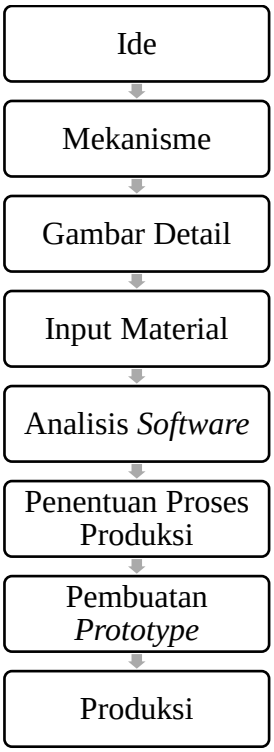
Perancangan merupakan suatu proses yang kompleks. Maka perlunya presedur dalam melakukan perancangan, prosedur perancangan adalah sebagai berikut:

1. Membuat ide atau konsep produk yang akan kita produksi. Pertama adalah berangkat dari masalah yang terjadi, lalu kita membuat ide suatu produk atau benda yang berfungsi menjadi solusi atas permasalahan yang sedang dialami.
2. Menentukan mekanisme produk yang akan dibuat. Apakah produk tersebut akan statis, atau bergerak dinamis.
3. Menggambar dalam bentuk dua dan tiga dimensi produk yang akan kita buat sedetail mungkin, ini akan membantu kita dalam merancang, memproduksi dan memprediksi biaya yang akan dikeluarkan.

---

[7] *Ibid*., h. 20.
[8] *Ibid*., h. 26.

4. Memasukan data atau informasi mengenai material ataupun komponen-komponen lain ke dalam gambar, untuk mencegah ketidaktersediaan material atau komponen yang ada dimaterial dengan apa yang kita inginkan.
5. Menganalisis kekuatan ataupun sifat produk yang kita produksi dalam aplikasi *software* komputer. Disana akan memberikan info kita terkait desain, material, dan komponen yang kita miliki apakah sudah memenuhi keinginan kita atau belum.
6. Menentukan proses produksi yang dilakukan untuk membuat produk tersebut.
7. Membuat *prototype* atau model dalam bentuk kecil produk yang kita buat. Untuk mengetahui penampilan ataupun cara kerja produk yang kita buat lebih detail lagi.
8. Produksi, Produk yang sudah siap, akan segera dilakkan produksi di *workshop*.



Gambar 2.1. Gambar Alur Perancangan

2.2. Teori Dasar Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisis struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. [9]

Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi analisis tegangan (*stress*), meliputi analisis *truss* dan *frame* serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi.

Secara umum langkah-langkah dalam FEM (*Finite Element Methode*) bisa diringkas sebagai berikut:[10]

1. Langkah 1, pemilihan tipe elemen dan diskritisasi. Amatilah benda atau struktur yang akan dianalisis, apabila 1 dimensi (contoh batang panjang), 2 Dimensi (plat datar), 3 dimensi (seperti balok). Bagilah potong benda dalam bagian-bagian kecil (elemen) langkah ini disebut sebagai langkah diskritisasi. Banyaknya potongan yang dibentuk bergantung pada geometri dari benda yang akan dianalisis, sedangkan bentuk elemen yang diambil bergantung pada dimensinya.
2. Langkah 2, pemilihan fungsi pemindah atau fungsi interpolasi, jenis-jenis fungsi yang sering digunakan adalah fungsi linier, fungsi kuadratik, kubik atau polinominal derajat tinggi.
3. Langkah 3, mencari hubungan *strain*, *displacement* dan *stress*.
4. Langkah 4, dapatkan matriks kekakuan dari elemen yang telah dibuat. Untuk benda yang terdiri dari beberapa buah elemen lakukan penggabungan atau

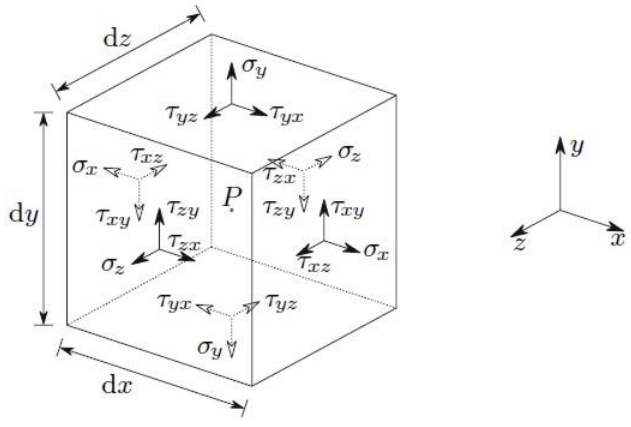
[9] Yerri Susatio, *Dasar Dasar Metode Elemen Hingga*, (Yogyakarta: Andi Publisher, 2004), h. 1.
[10] *Ibid.*, h. 2-4.

assemblage dari m atriks kekakuan elemen menjadi matriks kekakuan global yang berlaku untuk seluruh benda atau struktur.

5. Langkah 5, gunakan persamaan kesetimbangan dengan persamaan masukan syarat batas yang diketahui dalam soal.
6. Langkah 6, selesaikan persamaan pada langkah 5 dengan menghitung nilai yang belum diketahui. Jika perhitungan melibatkan matriks dengan ukuran yang kecil, biasanya ditempuh dengan cara *partitioning* matriks, tetapi jika perhitungan melibatkan matriks berukuran besar, komputer adalah jalan terbaik dalam mendapatkan solusinya.
7. Langkah 7, hitung *strain* dan *stress* dari setiap elemen.
8. Langkah 8, interprestasikan kembali hasil-hasil perhitungan yang diperoleh.

2.2.1. *Stress* dan *Strain* Tiga Dimensi

Elemen 3 dimensi adalah elemen yang dapat menahan beban pada semua arah (sumbu x, y, dan z) dan umumnya beban yang bekerja adalah beban terpusat. Tinjauan dimulai dengan memperhatikan elemen dengan ukuran dx, dy, dz dalam koordinat Cartesius.[11] Perhatikan gambar 2.2. berikut ini



Gambar 2.2. *Stress* Tiga Dimensi pada sebuah Elemen

[11] *Ibid.*, h. 302.

Normal *stress*, berarah tegak lurus pada permukaan elemen dinyatakan dalam $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ dan seterusnya. Dari kesetimbangan momen diperoleh:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}\,, \qquad \tau_{yz} = \tau_{zy}\,, \qquad \tau_{zx} = \tau_z \tag{2.1}$$

Oleh karenanya hanya ada tiga tegangan geser yang independen, dan ada tiga normal *stress*.

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \qquad \varepsilon_y = \frac{\partial u}{\partial y} \qquad \varepsilon_z = \frac{\partial u}{\partial z} \tag{2.2}$$

dimana u, v, dan w adalah *displacement* pada arah sumbu x, y, dan z. Tegangan geser (*shear stress*) γ diberikan dalam persamaan:

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma_{yx}\,, \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \gamma_{zy}\,, \quad \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \gamma_{xz} \tag{2.3}$$

Dalam bentuk matrik kolom, *stress* dan *strain* dinyatakan sebagai:

$$\sigma = \{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} \quad \text{dan} \quad \varepsilon = \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \tag{2.4}$$

Hubungan *Stress – Strain*:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+v)(1-2v)} \begin{bmatrix} 1-v & v & v & 0 & 0 & 0 \\ v & 1-v & v & 0 & 0 & 0 \\ v & v & 1-v & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \tag{2.5}$$

atau

$$\sigma = E\varepsilon \tag{2.6}$$

Displacement:

$$u = \begin{Bmatrix} u(x,y,z) \\ v(x,y,z,) \\ w(x,y,z) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} \quad \textbf{(2.7)}$$

Hubungan *Strain – Displacement*:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(2.8)}$$

atau

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) , \qquad (i,j=1,2,3) \quad \textbf{(2.9)}$$

atau

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(u_{i,j} + u_{j,i} \right) \quad \textbf{(2.10)}$$

Equilibrium Equations:

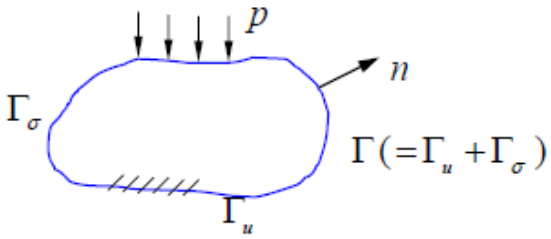
$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + f_z = 0 \end{aligned} \quad \textbf{(2.11)}$$

atau

$$\sigma_{ij,j} + f_i = 0 \quad \textbf{(2.12)}$$

Boundary Conditions:

$$u_i = \bar{u}_i, \qquad on\ \Gamma_u\ (specified\ \ displacement)$$
$$t_i = \bar{t}_i, \qquad on\ \Gamma_\sigma\ (specified\ \ traction)$$
$$(\text{traction}\ t_i = \sigma_{ij} n_j)$$



Gambar 2.3. *Boundary Conditions*

2.3. *Autodesk Inventor*[12]

Autodesk Inventor adalah salah satu *Autodesk Corp* yang diperuntukkan untuk *engineering design and drawing. Autodesk Inventor* merupakan pengembangan dari produk-produk *CAD* setelah *AutoCAD* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan dalam desain serta tampilan yang lebih menarik dan riil, karena fasilitas material yang disediakan. Sebagai perangkat lunak yang disiapkan untuk proses perancangan produk, *Autodesk Inventor* memiliki beberapa keunggulan, yakni:

1. Memiliki kemampuan *parametic solid modeling*, yaitu kemampuan untuk melakukan desain serta pengeditan dalam bentuk *solid* model dengan data yang telah tersimpan dalam *database*. Dengan adanya kemampuan tersebut *designer*/*engineer* dapat merevisi atau memodifikasi desain yang ada tanpa harus mendesain ulang sebagian atau secara keseluruhan.

[12] Nur Hidayat & Ahmad Shanhaji, *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*, (Bandung: Informatika, 2011), h. 1-2.

2. Memiliki kemampuan *animation* yaitu kemampuan untuk menganimasikan suatu file *assembly* mengenai jalannya suatu alat yang telah di-*assembly* dan dapat disimpan dalam file AVI.
3. Memiliki kemampuan *automatic create technical* 2D *drawing* serta *bill of material* dan tampilan *shading* dan *rendering* pada *layout.*
4. *Adaptive* yaitu kemampuan untuk menganalisis gesekan dari animasi suatu alat serta dapat menyesuaikan dengan sendirinya.
5. Material atau bahan yang memberikan tampilan suatu *Part* tampak lebih nyata.
6. Kapasitas file lebih kecil.

Dari beberapa kelebihan tersebut maka pemakaian *software Autodesk Inventor* sangat memberikan keuntungan dari segi efisiensi serta efektivitas waktu untuk produktifitas pekerjaan yang akan dilakukan.

Beberapa formula ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan poros (dengan satu atau lebih bagian) atau balok (dengan satu bagian konstan) dengan beberapa dukungan dan beban.

Poros/balok sumbu sejajar dengan sumbu Z. Jika dampak kepadatan materi termasuk dalam perhitungan, maka vektor gravitasi sejajar dengan sumbu Y.

Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan di dalam *software Autodesk Inventor Professional* 2015:[13]

***Shear forces*:**

$$T(z) = -\int q(z)dz + \sum_{0}^{n} F \qquad \textbf{(2.13)}$$

[13] http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2015/ENU/?guid=GUID-84D01561-FD7F-4F17-A625-C86F412BE370 diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 14.45 WIB.

***Bending moments*:**

$$M_B(z) = \int T(z)dz + \sum_0^n M_B \tag{2.14}$$

***Deflection angle*:**

$$\varphi(z) = -\int \frac{M_B(z)}{E * J(z)}\, dz + \varphi(0) + \frac{\beta}{G * S(z)} \tag{2.15}$$

dengan:

E = *modulus of elasticity in tension*

J = *moment of inertia*

G = *modulus of rigidity*

β = *shear displacement ratio*

***Deflection*:**

$$y(z) = \int \varphi(z)\, dz + y(0) \tag{2.16}$$

***Bending stress*:**

$$\sigma_B(z) = \frac{M_B(z)}{W_B(z)} \tag{2.17}$$

***Shear stress*:**

$$\tau_S(z) = \frac{T(z)}{S(z)} \tag{2.18}$$

***Torsion stress*:**

$$\tau(z) = \frac{M_{torq}(z)}{W_{torq}(z)} \tag{2.19}$$

***Tension stress*:**

$$\sigma_T(z) = \frac{\sum_0^n F_z}{S(z)} \quad \textbf{(2.20)}$$

***Reduced stress*:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_B + \sigma_T)^2 + \alpha * (\tau^2 + \tau_S{}^2)} \quad \textbf{(2.21)}$$

dengan:

σ_B = *bending stress*

σ_T = *tension stress*

τ = *torsion stress*

τ_S = *shear stress*

α : $\alpha = 3$ *for* HMH

$\alpha = 4$ *for Tresca-Guest*

2.4. *Stress Analysis*[14]

Stress Analysis merupakan sebuah alat yang disediakan bagi pengguna *Autodesk Inventor* yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, *time to market* dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi.

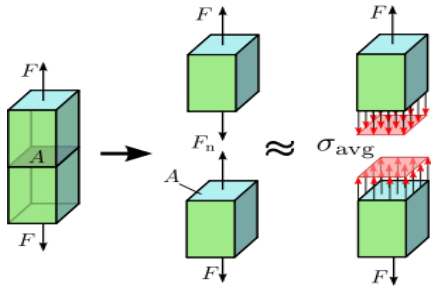
[14] Syaiful A. B. Alchazin, *Modul Training Autodesk Inventor 2012*, (Bogor: LAPAN, 2011), h. 53.

Keakuratan hasil analisis tergantung dari material, bagian yang diam (*restraint*), dan beban (*loads*) yang diberikan. Jadi, untuk mendapatkan hasil yang validkita harus memastikan bahwa properti dari material yang kita berikan benar-benar mewakili material yang akan kita gunakan. Demikian pula *restraint*s, *loads*, kedua hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda.

Tegangan (*stress*) atau statis analisis menghitung *displacement*, *strains* dan *stresses* berdasarkan material, *restraint*, dan *loads* yang diberikan. Sebuah material akan mengalami patah, atau berubah bentuk ketika *stress*-nya mencapai level tertentu. Setiap material memiliki tingkatan *stress* yang berbeda. *Stress analysis* pada *Autodesk Inventor* menggunakan *linear static analysis* berdasarkan *FEM* (*Finite Element Method*), untuk menghitung *stress*.

2.4.1. Tegangan Normal

Tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial, tegangan *bending* dan reaksi tumpuan.[15] Dalam beban aksial, tegangan normal didistribusikan secara merata pada luas penampang A, seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tegangan Normal pada Beban Axial[16]

[15] Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *Mekanika Teknik Edisi Kedua*, (Jakarta: Erlangga, 1996), h. 11.
[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

Secara matematis tegangan normal pada beban aksial didefinisikan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad \textbf{(2.22)}$$

Dengan : σ adalah tegangan normal $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

A adalah luas (m^2)

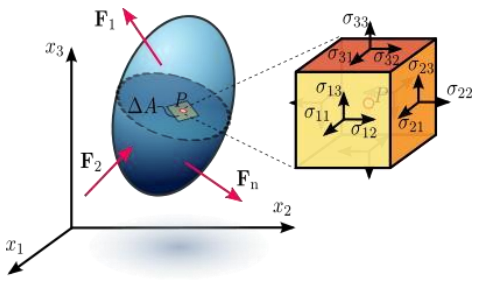
F adalah gaya tegak lurus terhadap potongan $\left(\frac{kg.m}{s^2}\right)$ atau N

Tegangan normal terdiri atas dua macam :

1. Tegangan tarik yaitu tegangan normal yang menghasilkan tarikan (*tension*) pada permukaan sebuah benda.
2. Tegangan tekan yaitu tegangan yang memberikan dorongan (*compressive*) pada permukaan sebuah benda.

2.4.2. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah tegangan yang timbul akibat gaya geser dan gaya puntir atau torsi. Bila gaya aksial atau momen lentur yang bekerja dengan gaya geser atau momen puntir, maka elemen akan mengalami tegangan normal dan geser[17], hal ini diperlihatkan dalam gambar 2.5.



Gambar 2.5. Tegangan pada Pembebanan Elemen[18]

[17] Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *loc.cit*.
[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

Keterangan gambar 2.5 yaitu :

Dengan sumbu $X_1 = x$; $X_2 = y$; $X_3 = z$ maka tegangan tensor

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \quad \textbf{(2.23)}$$

Dimana $\tau_{xy} = \tau_{yx}$; $\tau_{xz} = \tau_{zx}$; $\tau_{yz} = \tau_{zy}$

σ_x = Tegangan normal yang bekerja pada bidang x dan arah sumbu x.

σ_y = Tegangan normal yang bekerja pada bidang y dan arah sumbu y.

σ_z = Tegangan normal yang bekerja pada bidang z dan arah sumbu z.

τ_{xy} = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu x dalam arah sumbu y.

τ_{xz} = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu x dalam arah sumbu z.

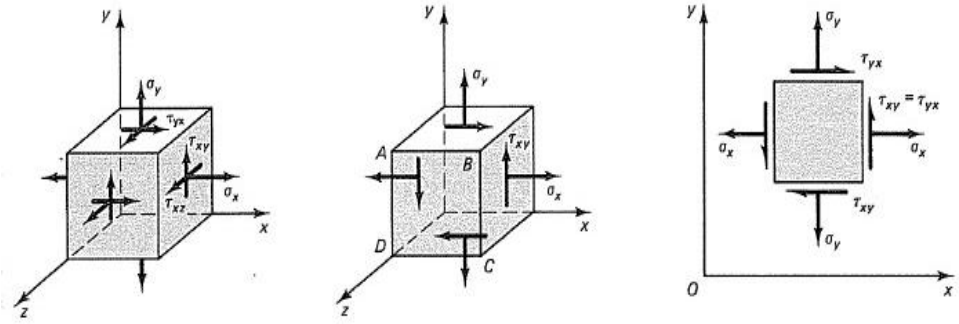
τ_{yx} = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu y dalam arah sumbu x.

τ_{yz} = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu y dalam arah sumbu z.

τ_{zx} = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu z dalam arah sumbu x.

τ_{zy} = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu z dalam arah sumbu y [8].

Persamaan transformasi tegangan bidang diperlihatkan dalam gambar 2.6.



(a) (b) (c)

Gambar 2.6. Tegangan yang Bekerja pada Sebuah Bidang Elemen[19]

Seringkali kita berpusat pada penentuan tegangan yang paling besar. Pada bidang-bidang dimana terjadi tegangan normal maksimum atau minimum, sehingga tidak didapatkan tegangan geser. Bidang ini dinamakan bidang utama tegangan (*principal stress*).[20] Secara matematis diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$(\sigma_1,\ \sigma_2)_{\substack{maks\\min}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \qquad \textbf{(2.24)}$$

Tegangan geser maksimum/minimum secara matematis didefinisikan sebagai berikut:

$$(\tau)_{\substack{maks\\min}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2} \qquad \textbf{(2.25)}$$

$$(\tau)_{\substack{maks\\min}} = \frac{1}{2}\sqrt{\left({\sigma_x}^2 - 2\sigma_x\sigma_y + {\sigma_y}^2\right) + 4{\tau_{xy}}^2}$$

$$\sigma_e = 2\tau_{maks}$$

$$\sigma_e = \left({\sigma_x}^2 - 2\sigma_x\sigma_y + {\sigma_y}^2 + 4{\tau_{xy}}^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

[19] Dietmar, Gross., Werner, Hauger., Jorg, Schroder., Wolfgang, A.Wall., and Javier, Bonet. (2011). *Engineering Mechanics 2*: *Mechanics of Materials*. New York: Springer.
[20] Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *op.cit*., h. 266.

Tidak sebagaimana halnya pada tegangan utama (*principal sress*) di mana pada bidang utama tidak akan terjadi tegangan geser, maka tegangan geser terjadi pada bidang yang biasanya tidak bebas dari tegangan normal. Tegangan normal yang bekerja pada tegangan geser maksimum adalah[21]

$$\sigma' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \qquad \textbf{(2.26)}$$

Oleh karena itu tegangan normal bekerja secara bersama dengan tegangan geser maksimum, keculai jika $\sigma_x + \sigma_y = 0$ dan tegangan utama $\tau_{xy} = 0$, maka akan menjadi

$$(\tau_{maks}) = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \qquad \textbf{(2.27)}$$

Kaidah tanda untuk tegangan tarik normal adalah positif, tegangan tekan adalah negatif. Tegangan geser positif didefinisikan sebagai bekerja keatas pada permukaan sebelah kanan dari elemen tersebut.

2.5. Teori Kegagalan Material

Kegagalan pada suatu elemen mesin dapat terjadi dalam berbagai wujud seperti misalnya *yielding*, retak, patah, korosi, aus, dan lain-lain. Penyebab kegagalan juga bermacam-macam seperti misalnya salah desain, beban operasional, kesalahan *maintenance*, cacat material, temperatur, lingkungan, waktu, dan lain-lain. Dalam beberapa kasus kegagalan juga dapat diakibatkan oleh beban mekanis yaitu yang berhubungan dengan jenis tegangan yang terjadi pada komponen mesin. Dengan pengetahuan yang lengkap tentang kegagalan, maka para insinyur dapat

[21] *Ibid.*, h. 267.

mempertimbangkan berbagai aspek penyebab kegagalan dalam perancangan sehingga diharapkan kegagalan tidak akan terjadi selama umur teknisnya.[22]

Dalam suatu rekayasa teknik, merupakan hal yang penting menentukan batasan tegangan yang menyebabkan kegagalan dari material tersebut. Dalam menggunakan teori kegagalan yang penting adalah menentukan tegangan utama (*principal stress*). Ada tiga teori kriteria kegagalan statis yang biasa dipakai antara lain:

2.5.1. Teori Tegangan Normal Maksimum

Teori tegangan normal maksimum menegaskan bahwa terjadinya kegagalan atau keretakan suatu bahan apabila tegangan normal maksimum pada suatu titik mencapai suatu harga kritis tanpa meninjau tegangan yang lain. Untuk memberlakukan kriteriakita hanya harus menentukan tegangan utama terbesar saja. Harga $\sigma_u$biasanya ditentukan dalam percobaan Tarik, dimana kegagalansuatu contoh ditentukan baik oleh pemuaian panjang yang berlebihan besarnya maupun keretakan.[23]

Jika kriteria kegagalan adalah titik luluh (*yield*), teori ini memperkirakan kegagalan akan terjadi bila:

$$\sigma_1 \geq {}^{\sigma_{ut}}/_{n_s}$$
$$\sigma_3 \geq {}^{\sigma_{uc}}/_{n_s} \qquad \textbf{(2.28)}$$

dimana: $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ = tegangan normal utama

S_{ut} = kekuatan *ultimate* material terhadap tarik

S_{uc} = kekuatan *ultimate* material terhadap tekan

[22] http://lib.unnes.ac.id/20394/1/5201410037-s.pdf diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 17.45 WIB.
[23] Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *op.cit*., h. 327.

2.5.2. Teori Tegangan Geser Maksimum

Teori ini mengatakan bahwa kegagalan akan terjadi bila tegangan geser maksimum pada setiap elemen mesin sama dengan kekuatan geser dari material. Jika tegangan utama disusun dalam bentuk $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ teori tegangan geser maksimal memperkirakan bahwa kegagalan akan terjadi bila:

$$
\begin{aligned}
|\sigma_1 - \sigma_2| &\geq |\sigma_y/n_s \\
|\sigma_2 - \sigma_3| &\geq |\sigma_y/n_s \\
|\sigma_3 - \sigma_1| &\geq |\sigma_y/n_s
\end{aligned}
\qquad \textbf{(2.29)}
$$

atau

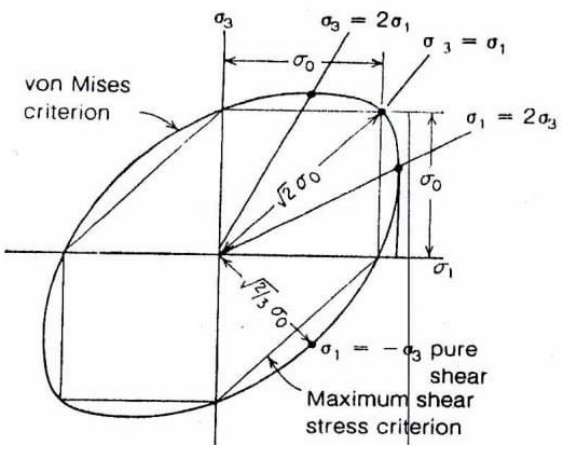
$$\tau_{maks} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \geq \frac{\sigma_y}{2} \text{ atau } \sigma_1 - \sigma_3 \geq \sigma_y \qquad \textbf{(2.30)}$$

dimana σ_y adalah kekuatan material pada saat uji tarik. Jadi kegagalan akan terjadi jika salah satu persamaan di atas terpenuhi.

2.5.3. Teori Tegangan *Von Misses*

Teori ini memperkirakan suatu kegagalan mengalah dalam tegangan geser yang memadai lebih besar dari yang diperkirakan oleh teori tegangan geser maksimal. Untuk analisis perancangan akan lebih mudah jika kita menggunakan tegangan *Von Misses*.

Dari percobaan–percobaan yang telah dilakukan, menunjukan bahwa teori energi distorsi (*Von Misses*) memperkirakan kegagalan dengan ketelitian tertinggi pada semua kuadran.



Gambar 2.7. Perbandingan Teori Tegangan Geser Maksimum dengan Teori Tegangan *Von Misses*

Tegangan ekuivalen/tegangan efektif *Von Misses* didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja. Tegangan geser oktahedral untuk tegangan uniaksial adalah $\tau_{oct} = {\sqrt{2}\ x\ \sigma_1}/{3}$. **(2.31)**

Berdasarkan teori tegangan geser oktahedral maksimum, *yielding* selalu terjadi pada nilai tegangan geser oktahedral yang diperoleh dari uji tarik sebagai $\tau_{oct} = {\sqrt{2}\ x\ S_v}/{3}$. Sehingga **tegangan ekuivalen uniaxial** menjadi:

$$\boldsymbol{\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2}\ [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]^{\frac{1}{2}}} \qquad \textbf{(2.32)}$$

Jelas, jika beban σ_e melebihi S_v, *yielding* akan bisa diprediksi. Untuk tujuan desain, σ_e sama dengan tegangan unaxial yg diizinkan.

Untuk kasus **tegangan ekuivalen biaxial** ($\sigma_3 = 0$), menjadi:

$$\boldsymbol{\sigma_e = (\sigma_1{}^2 + \sigma_2{}^2 - \sigma_1\sigma_2)^{\frac{1}{2}}} \qquad \textbf{(2.33)}$$

Dalam banyak masalah *biaxial-stress* akan lebih mudah untuk bekerja secara langsung dengan $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ (seperti pada umumnya, ini dapat ditentukan lebih

mudah daripada tegangan utama). Sehingga persamaan tersebut bisa disubstitusi menjadi:

$$\boldsymbol{\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x+\sigma_y}{2} \pm \sqrt{\tau_{xy}{}^2 + (\frac{\sigma_x-\sigma_y}{2})^2}} \quad \textbf{(2.34)}$$

diperoleh $\boldsymbol{\sigma_e = (\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}{}^2)^{\frac{1}{2}}}$ **(2.35)**

Kegagalan akan terjadi bila: $\boldsymbol{\sigma_e \geq \frac{S_y}{n_s}}$ **(2.36)**

Untuk geseran murni $\sigma_1 = \tau = \sigma_3$ dan $\sigma_2 = 0$

$$\mathbf{S_y{}^2 = \sigma_1{}^2 + \sigma_1\sigma_2 + \sigma_1{}^2 = 3_{\sigma 1}{}^2 = 3\tau_{max}{}^2} \quad \textbf{(2.37)}$$

$$\boldsymbol{\sigma_1 = \frac{S_y}{\sqrt{3}} = 0.577S_y = \tau_{max}} \quad \textbf{(2.38)}$$

2.6. *Safety Factor*

Safety Factor adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi kemanan dari suatu bagian mesin. Untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur (*structure failure*) maka kekuatan sebenarnya dari suatu bahan haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (*safety factor*) *n.* [24]

Berikut ini nilai dari faktor-faktor perancangan dari bahan-bahan ulet terhadap *yield strength*, yaitu:

a. N=1,25 hingga 2. Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan tinggi untuk semua data perancangan.
b. N=2,0 hingga 2,5. Perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.

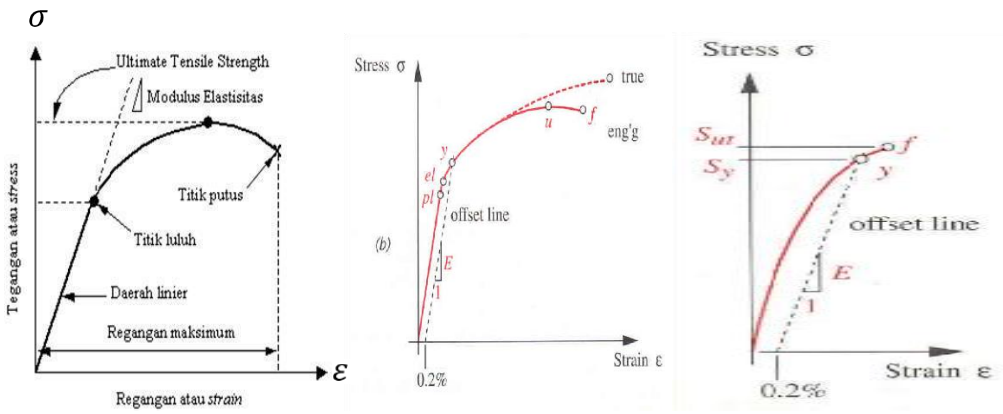
[24] Mott. Robert L, *Machine Elements In Mechanical Design fourth edition*. (Ohio: Upper Saddle River, 2004), h. 183.

c. N=2,5 hingga 4,0. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.

d. N=4,0 atau lebih. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan. Keinginan untuk memberikan keamanan ekstra untuk komponen yang kritis dapat juga memilih nilai-nilai ini

Rumus faktor kemanan secara matematis ditulis.

$$Safety\ Factor = \frac{Yeild\ Point\ Stress}{Working\ atau\ design\ stress} \qquad \textbf{(2.39)}$$



Gambar 2.8. a) Kurva Regangan–Tegangan, b) Kurva Tegangan–Regangan Material Ulet dan Material Getas

Di dalam penelitian ini, penulis mengacu pada standar ANSI MH29.1 dengan ketentuan:

a) *Factor of safety* (n_s) = 3

b) Tegangan normal izin (σ_a) = $\frac{yield\ strength}{factor\ safety} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{\sigma_y}{3}$

c) Tegangan geser izin (τ_a) = 0.577 x σ_a

d) τ_{max} yang terjadi $\leq \tau_a$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat pelaksanaan penelitian:
   a. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan, perhitungan, dan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton di laboratorium perancangan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
   b. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan, dan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton di PT. United Tractors Tbk, dan perpusatakaan Universitas Negeri Jakarta.
2. Waktu penelitian dimulai dari Maret 2016 sampai dengan bulan Desember 2016.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat lunak

   Perangkat lunak yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut:

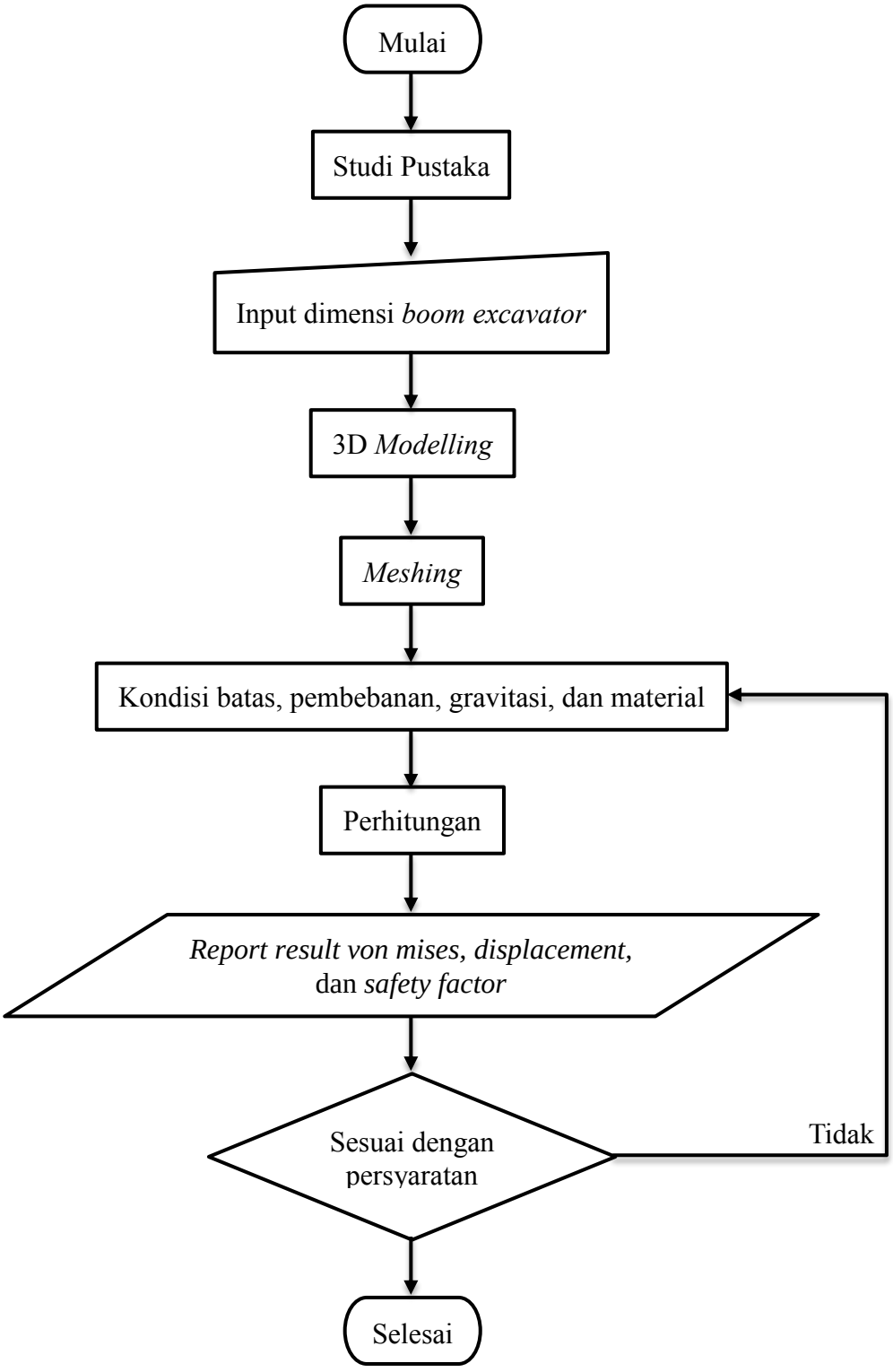
   a. *Autodesk Professional Inventor* 2015.
   b. *AutoCAD* 2007.
   c. *Microsoft Office Word* 2013.

2. Alat penelitian

   Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

   a. Komputer.
   b. Meteran.

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Analisis *Software Autodesk Inventor*

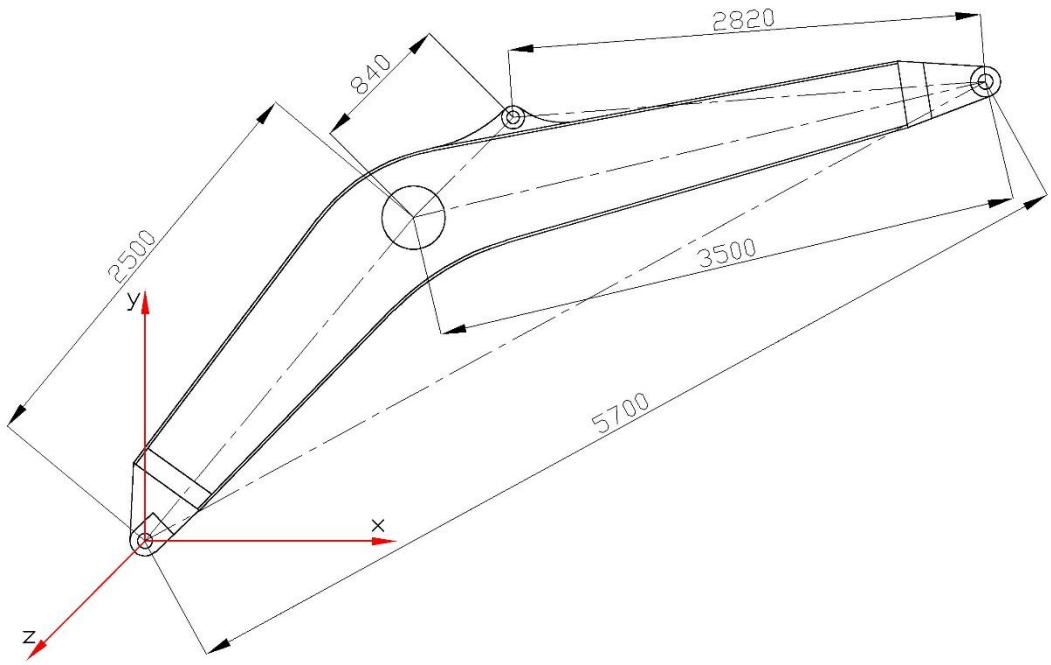
3.3.1. Uraian Prosedur Penelitian

1. Studi Pustaka

Pada tahap ini penulis mencari dan mempelajari penelitian yang relevan tentang perilaku dan pemodelan pada *boom excavator* kelas 20 ton.

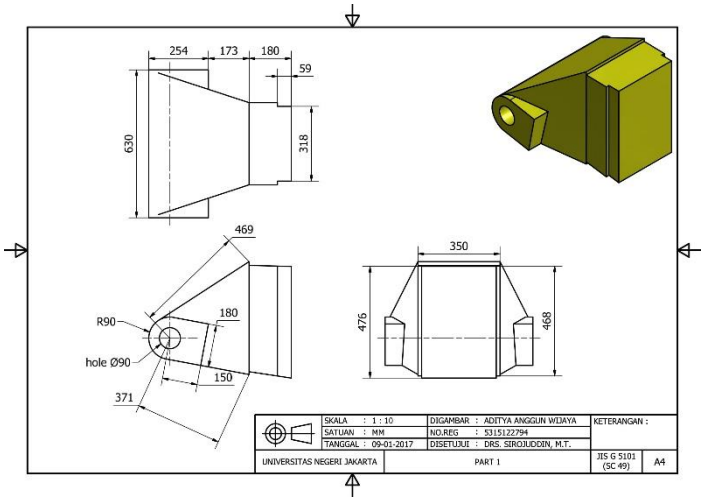
2. Penentuan dimensi

Untuk pengukuran dimensi *boom excavator* kelas 20 ton, dilakukan secara manual dengan mengukur panjang, tinggi, lebar, dan *pin* ke *pin* menggunakan meteran. Kemudian membuat sketsa 2D *boom excavator* kelas 20 ton pada *software AutoCAD* 2007.

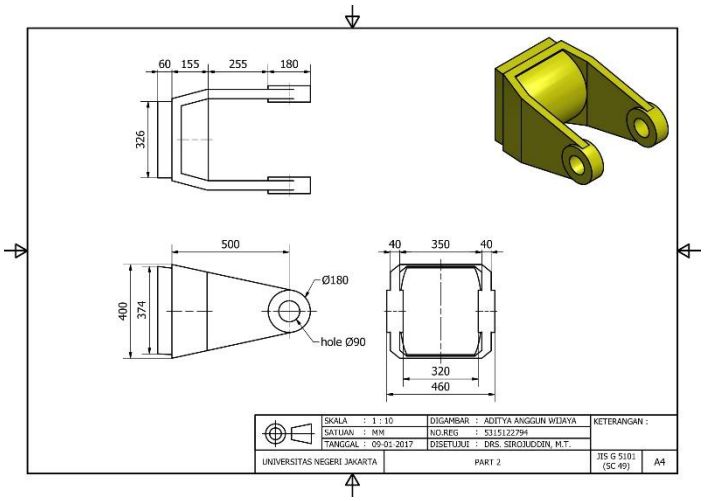


Gambar 3 2. *Boom Excavator* Kelas 20 Ton dalam Dua Dimensi

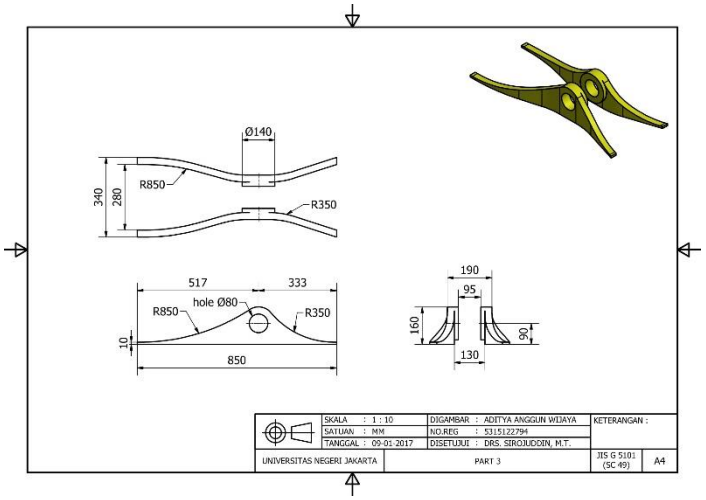
Setelah membuat sketsa 2D *boom excavator* kelas 20 ton pada *software AutoCAD* 2007, lalu lakukan 3D *modelling* dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015.



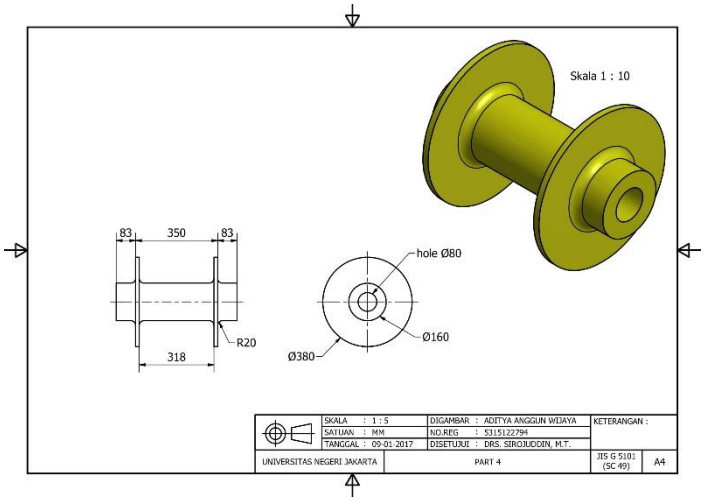
Gambar 3.3. Gambar Dimensi *Part* 1 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



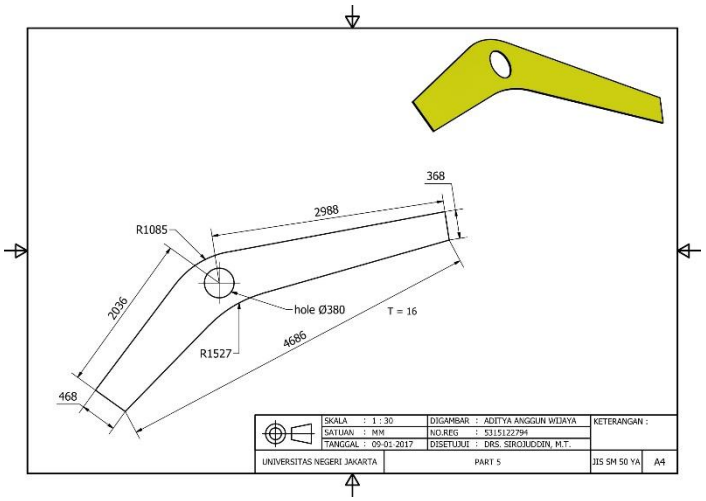
Gambar 3 4. Gambar Dimensi *Part* 2 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



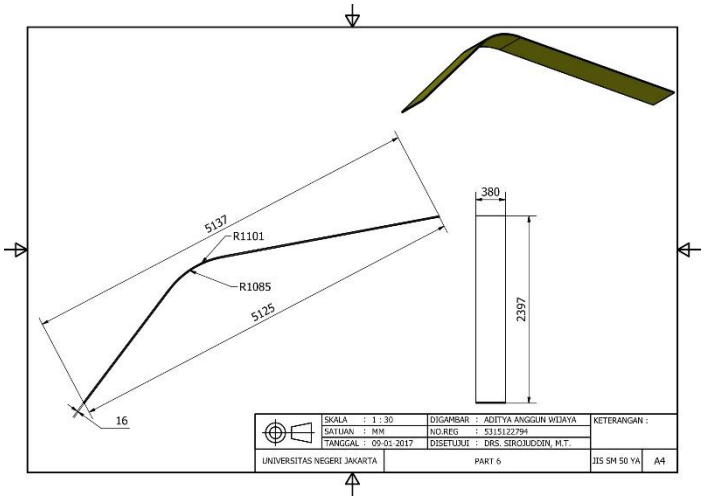
Gambar 3.5. Gambar Dimensi *Part* 3 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



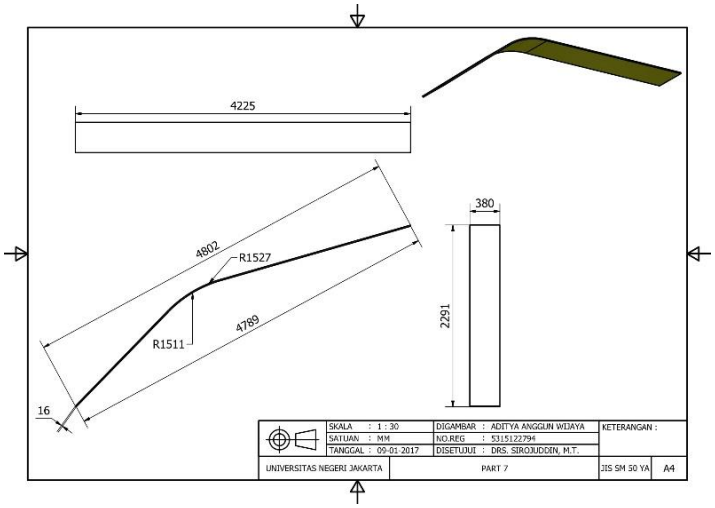
Gambar 3.6. Gambar Dimensi *Part* 4 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



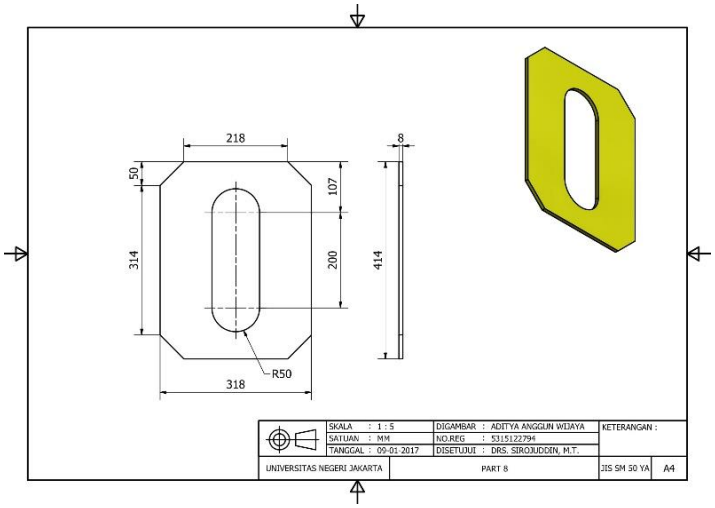
Gambar 3.7. Gambar Dimensi *Part* 5 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



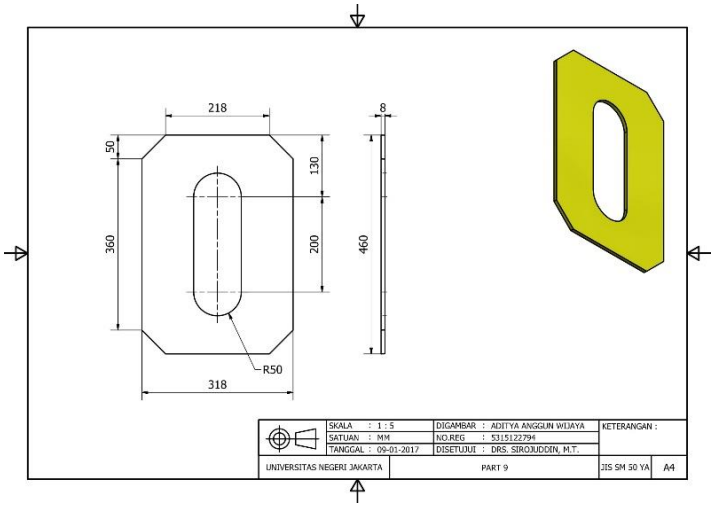
Gambar 3.8. Gambar Dimensi *Part* 6 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



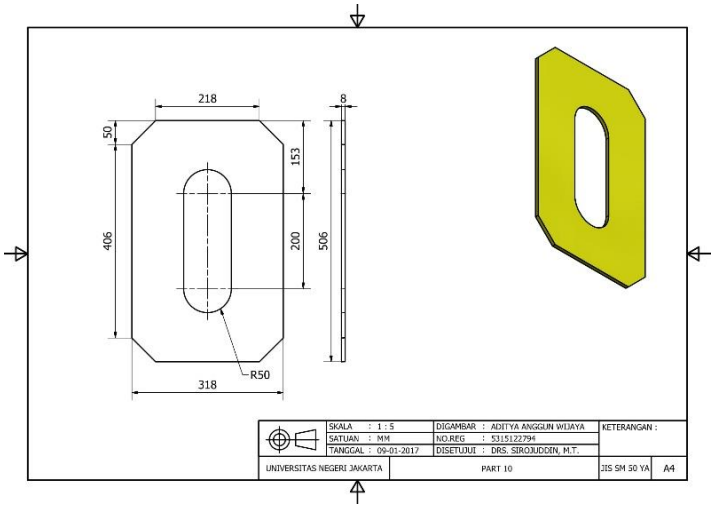
Gambar 3.9. Gambar Dimensi *Part* 7 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



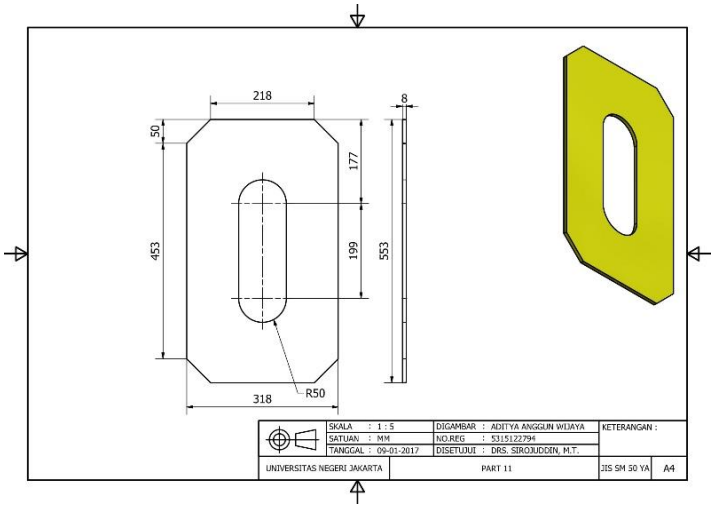
Gambar 3.10. Gambar Dimensi *Part* 8 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



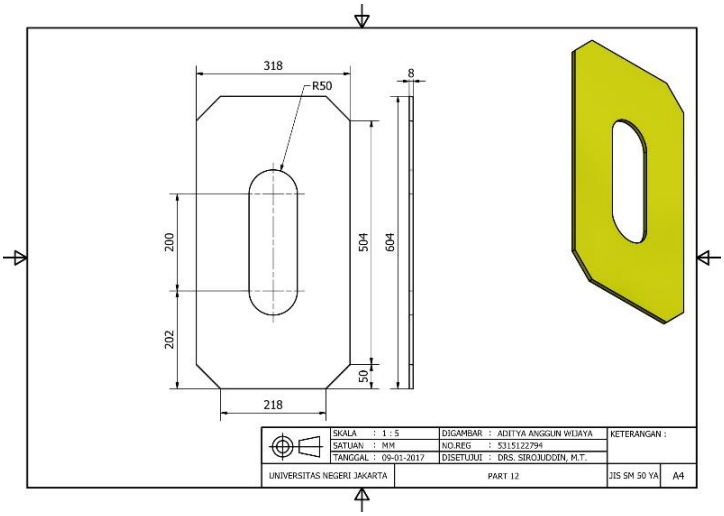
Gambar 3.11. Gambar Dimensi *Part* 9 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



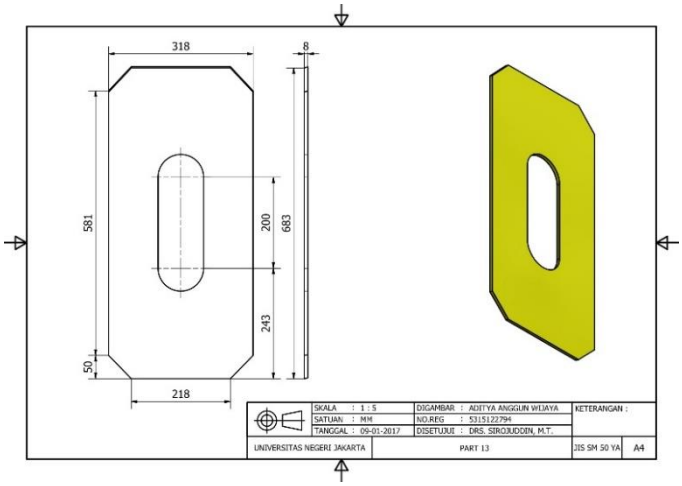
Gambar 3.12. Gambar Dimensi *Part* 10 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



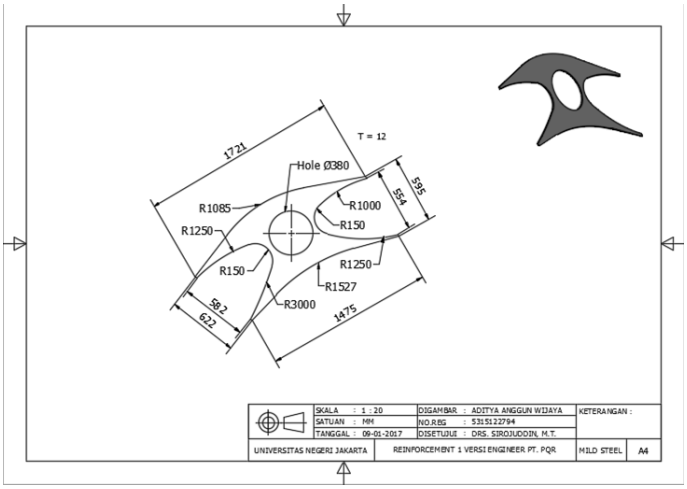
Gambar 3.13. Gambar Dimensi *Part* 11 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



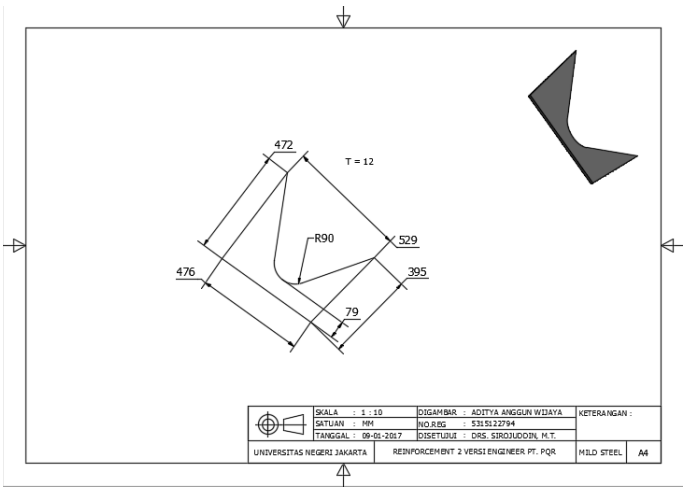
Gambar 3.14. Gambar Dimensi *Part* 12 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



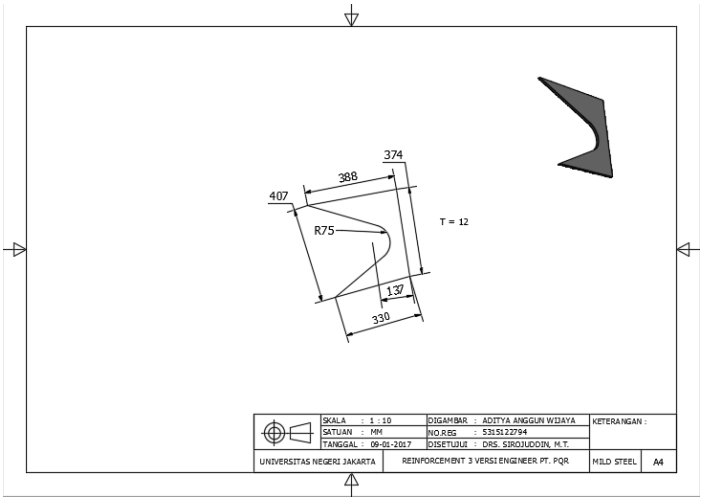
Gambar 3.15. Gambar Dimensi *Part* 13 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



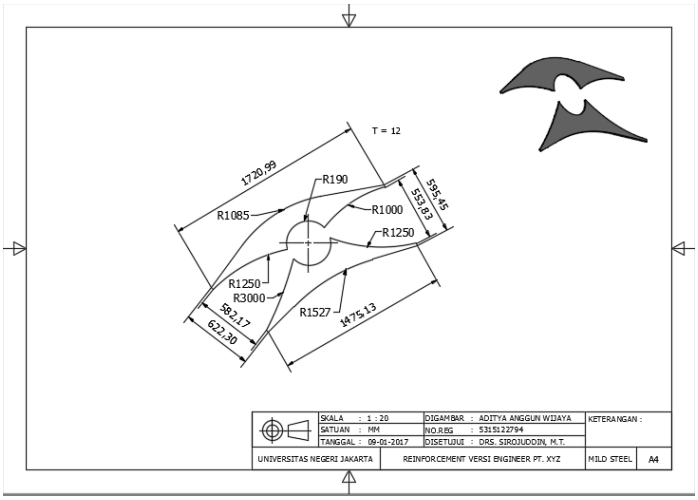
Gambar 3.16. Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 1 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR



Gambar 3.17. Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 2 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR



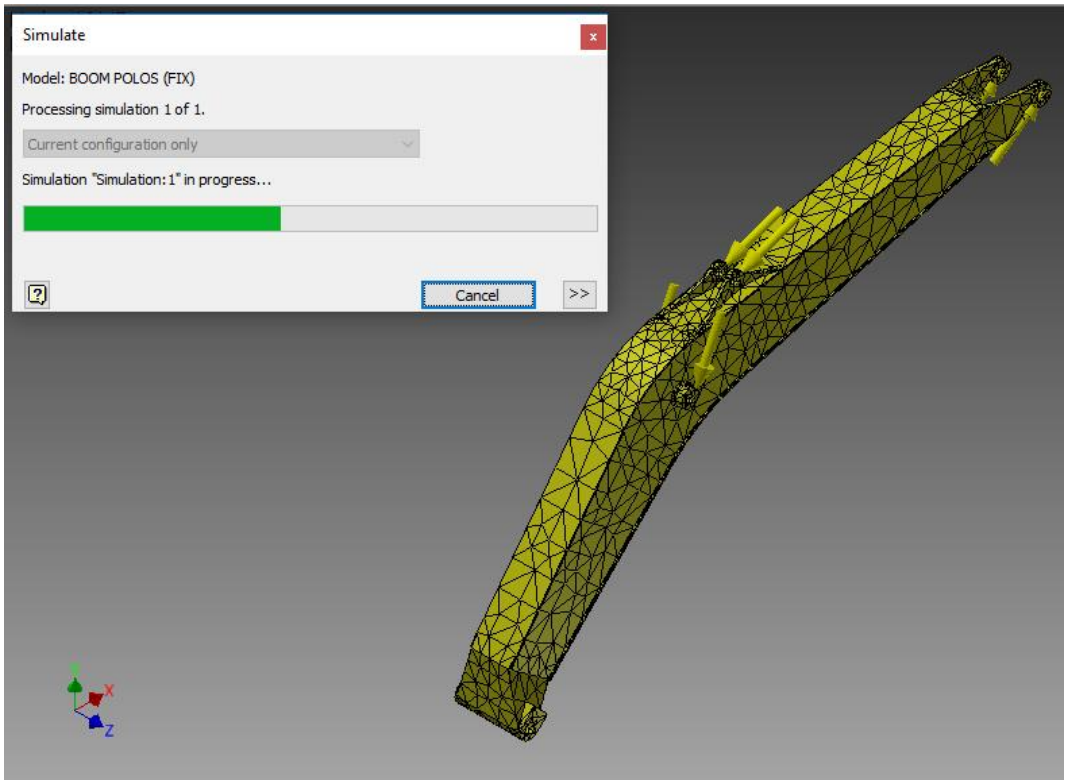
Gambar 3.18. Gambar Dimensi *Part Reinforcement* 3 *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR



Gambar 3.19. Gambar Dimensi *Part Reinforcement Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. XYZ

3. *Meshing*

Setelah dilakukan pembebanan dan material, lalu dilakukan *meshing*. Pada penelitian ini, tipe elemen yang dipergunakan adalah elemen solid tetrahedral. Data rata-rata ukuran elemen menggunakan 0.1 yaitu standar dari *Autodesk Inventor*.

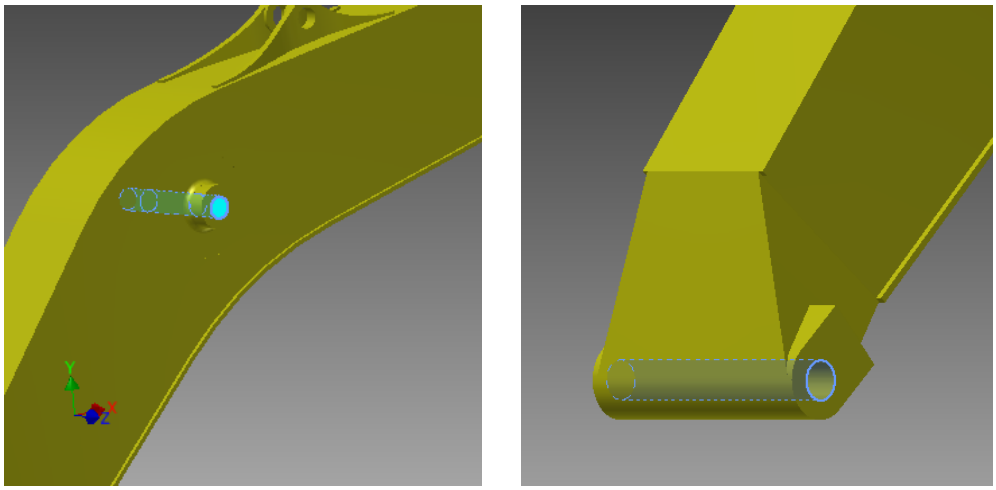


Gambar 3.20. Pemberian *Meshing* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

4. Penentuan kondisi batas, pembebanan, gravitasi dan material

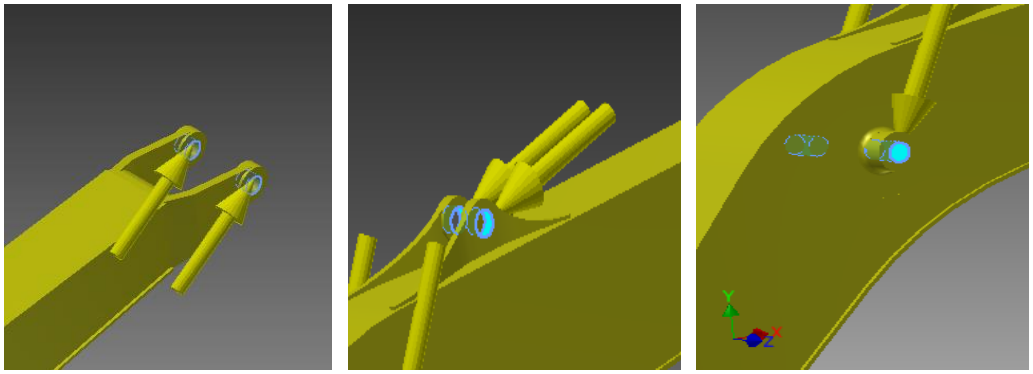
Setelah *modelling* selesai, lalu tentukan kondisi batas, pembebanan, gravitasi dan material di *software* dengan menggunakan *feature stress analysis*.

a. Menentukan lokasi *pin*.



Gambar 3.21. Penentuan Lokasi *Pin* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

b. Pemberian beban.



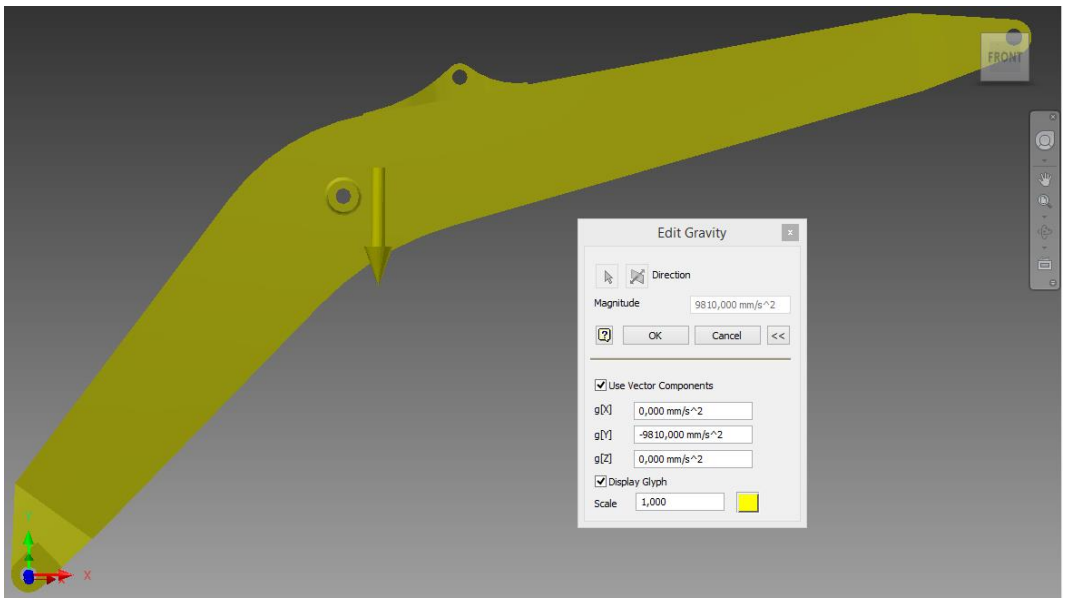
Load Tipe	*Force*
Magnitude	111687,001 N
Vector X	89138,515 N
Vector Y	67292,728 N

Load Tipe	*Force*
Magnitude	94165,000 N
Vector X	-88367,520 N
Vector Y	-32530,425 N

Load Tipe	*Force*
Magnitude	336842,440 N
Vector X	-141929,373 N
Vector Y	-305481,395 N

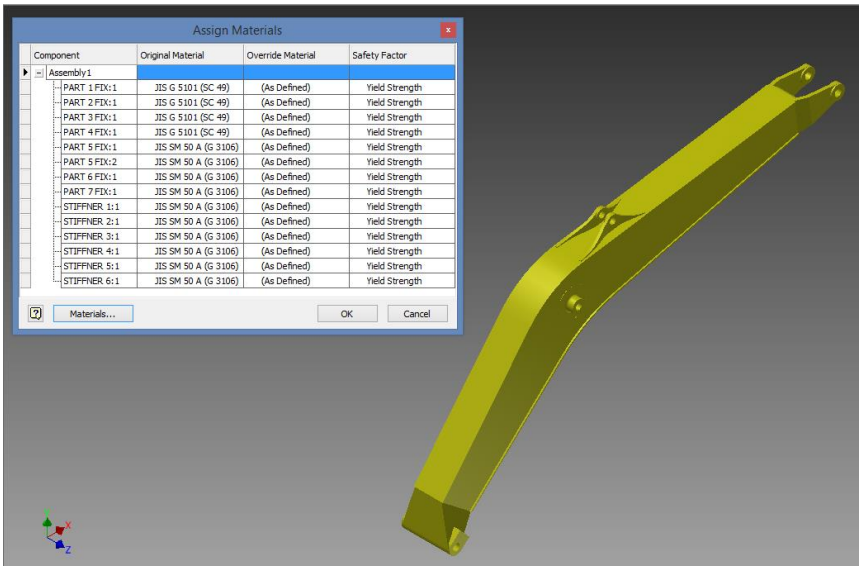
Gambar 3.22. Pemberian Beban pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

c. Pemberian gaya gravitasi.



Gambar 3.23. Pemberian Gaya Gravitasi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

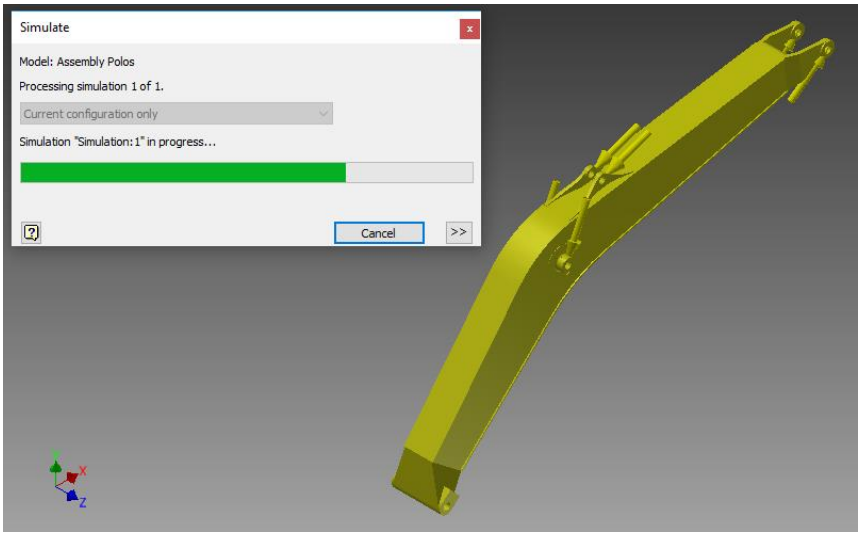
d. Pemberian material.



Gambar 3.24. Pemberian Material pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

5. Perhitungan *software*

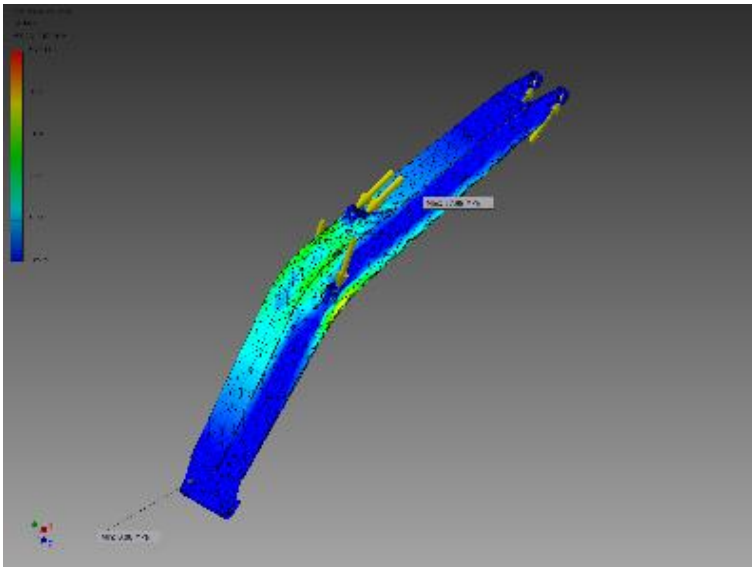
Setelah dimasukan semua data, lalu lakukan perhitungan dengan *simulate*.



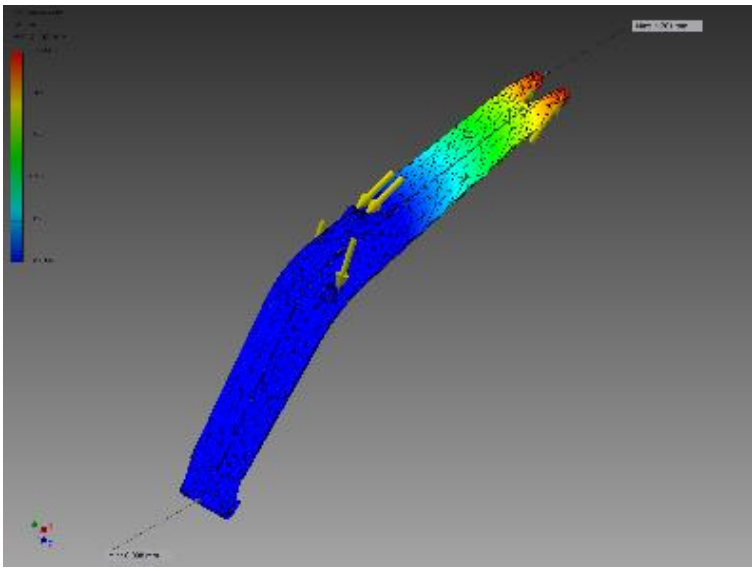
Gambar 3.25. Proses Perhitungan pada *Software Autodek Inventor*

6. *Report*

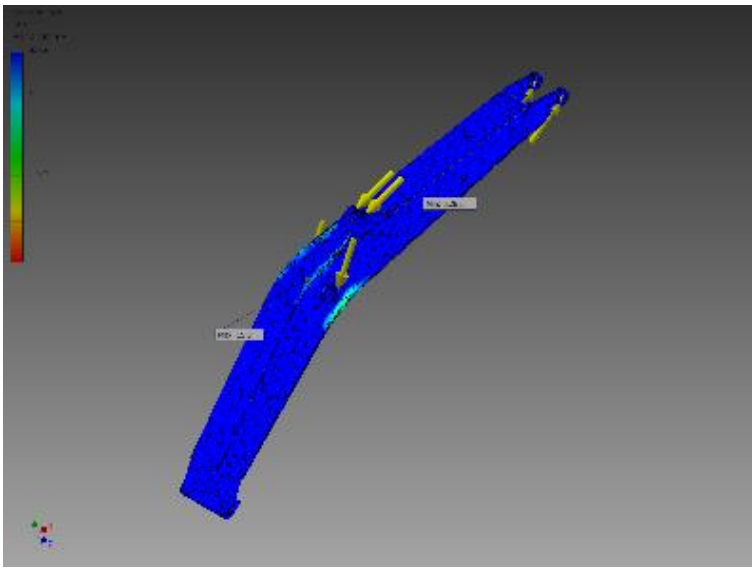
Hasil perhitungan keluar dalam bentuk *report*, disini dapat dilihat *volume*, *mass*, *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* dari *boom excavator* kelas 20 ton.



a)



b)



c)

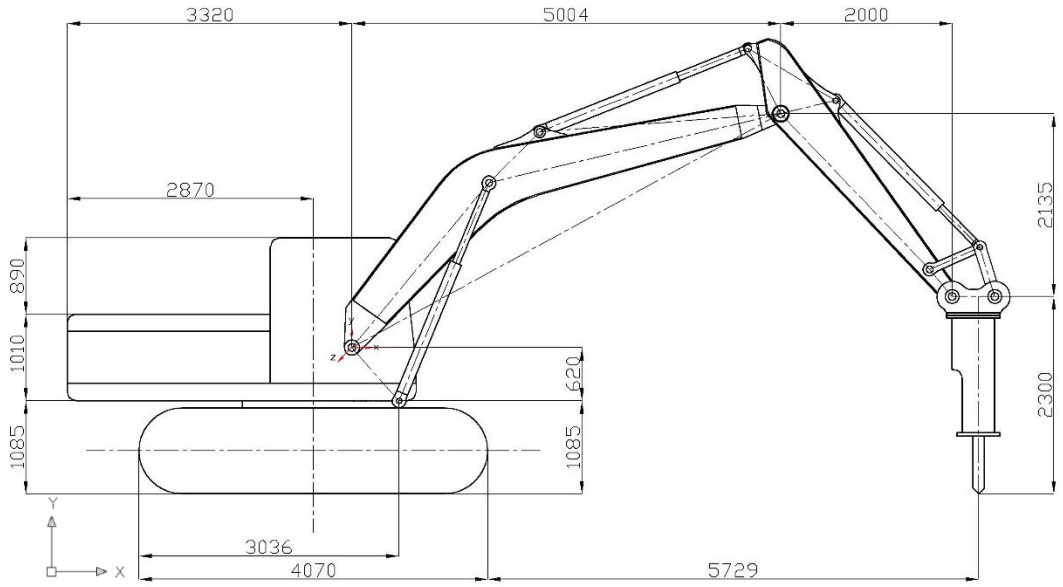
Gambar 3.26. ***Report*****, a)** ***Von Mises Stress*****, b)** ***Diplacement*****, c)** ***Safety Factor***

Tabel 3.1. ***Result Summary***

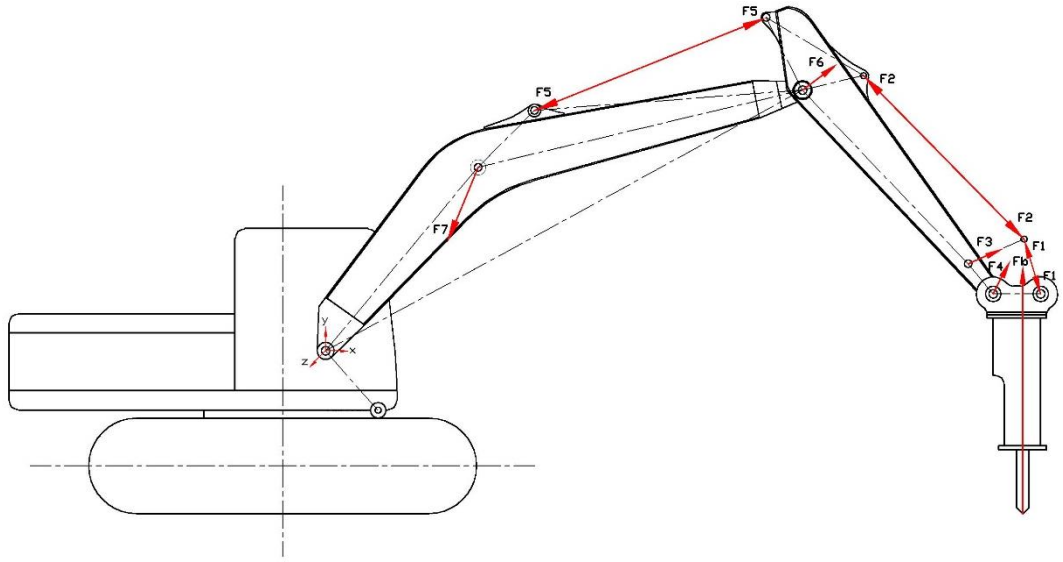
Volume	289509000 mm^3	
Mass	2267.85 kg	
Von Mises Stress	0.0543714 MPa	54,9 MPa
1st Principal Stress	-10.8488 MPa	44.3988 MPa
3rd Principal Stress	-60.6102 MPa	15.4915 MPa
Displacement	0.00804406 mm	4.2807 mm
Safety Factor	6.261	15
Stress XX	-43.1506 MPa	43.8547 MPa
Stress XY	-29.0962 MPa	22.8594 MPa
Stress XZ	-12.2704 MPa	11.5099 MPa
Stress YY	-40.1521 MPa	37.0975 MPa
Stress YZ	-12.4138 MPa	12.4972 MPa
Stress ZZ	-27.1571 MPa	22.6666 MPa
X Displacement	-1.04536 mm	0.210474 mm
Y Displacement	-0.158858 mm	4.19416 mm
Z Displacement	-0.0811135 mm	0.0782988 mm
Equivalent Strain	0.000000250566	0.000257544
1st Principal Strain	-0.00000477867	0.000210151
3rd Principal Strain	-0.000294531	0.00000106356
Strain XX	-0.000190034	0.000177213
Strain XY	-0.000187234	0.0001471
Strain XZ	-0.0000789599	0.0000740664
Strain YY	-0.000173131	0.000149726
Strain YZ	-0.0000798825	0.0000804195
Strain ZZ	-0.000137066	0.000115444

3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

3.4.1. Penentuan Pembebanan Gaya pada *Excavator* Kelas 20 Ton



Gambar 3.27. *Excavator* Kelas 20 Ton dengan *Attachment Breaker*



Gambar 3.28. Pembebanan Gaya pada *Excavator* Kelas 20 Ton

Model Type	JTHB210-3
Impact Energy Class: lbf-ft (Nm)	4,500 (6101)
Impact Frequency: bpm	490-630
Working Weight	
1-Piece Side Plates - lb (kg)	-
2-Piece Side Plates - lb (kg)	-
Box Bracket - lb (kg)	3,968 (1800)
Operating Pressure psi	2,030-2,610
Operating Pressure Mpa	14-18
Oil Flow gpm	42.2-52.8
Oil Flow L/min	160-200
Chisel Diameter - inch (mm)	5.3 (135)
Hose Size - inch	1
Base Carrier - mt	18-25

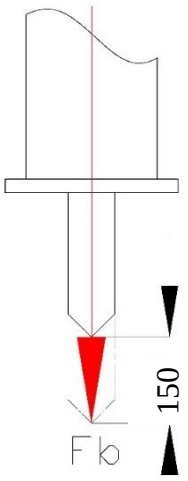
Model Type		JTHB210-3
Working weight		
Side Mount Bracket	kg	1710
Top Mount Box Bracket	kg	1780
Oil flow	ℓ/min	160~200
Operating pressure	MPa	14~18
Impact rate	bpm	450~630
Chisel diameter	mm	ϕ 135
Chisel weight	kg	133
Hose size	inch	1"
Gas pressure	MPa	1.1
Base machine	Ton	18~25
Excavator model		PC200/270

Gambar 3.29. Spesifikasi *Breaker*

Diketahui: *Impact Energy Class* = 6101 Nm

H = 150 mm = 0,15 m

$W_{breaker}$ = 1800 kg x 9,81 m/s^2 = 17.658 N



Ditanya: Fb (Gaya *Breaker*) = ?

Jawab: I = m x g x H ⟶ F = m x g

I = F x H ⟶ F = I : H = 6101 Nm : 0,15 m

= 40.673,33 N

Fb = F – $W_{breaker}$ = 40.673,33 N – (1800 kg x 9,81 m/s^2)

Fb = 23.015,33 N

Saat pengujian: Fb x 1,25 + 0,25 x Fb = 34.522,995 N ~ 34.523 N

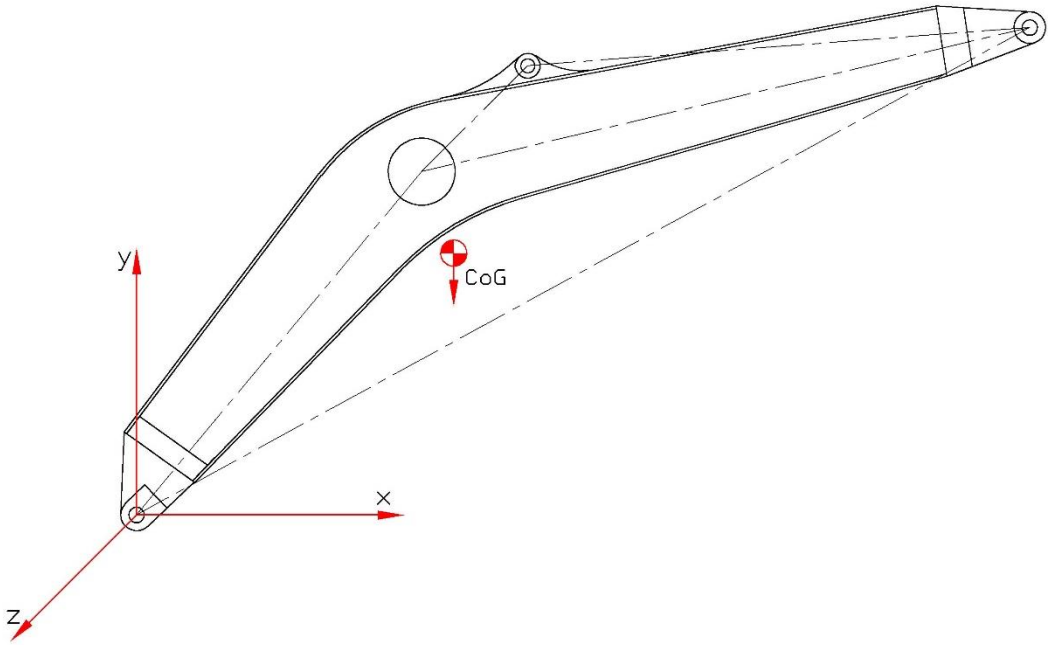
3.4.2. Penentuan Berat Total *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

Dalam menganalisis berat *boom excavator* kelas 20 ton, dapat dilakukan dengan melihat berat total *boom excavator* kelas 20 ton dari *mass* pada *result summary Autodesk Inventor*.

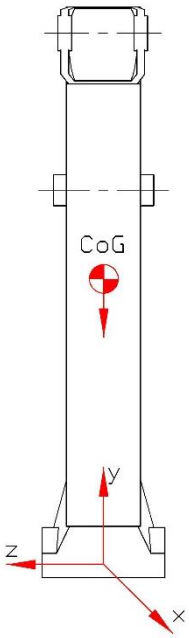
3.4.3. Posisi Titik Berat *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

Dalam menganalisis posisi titik berat sumbu x dan sumbu y, dapat dilakukan dengan cara mengukur panjang, tinggi, dan lebar *boom excavator* kelas 20 ton. Kemudian dibuat sketsa panjang, tinggi, dan lebar *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan program *AutoCAD.*

Hal sama juga dapat dilakukan dalam menganalisis posisi titik berat sumbu x dan y, dengan cara membuat 3 dimensi *boom excavator* kelas 20 ton terlebih dahulu sesuai dengan posisi yang akan dianalisis menggunakan *software Autodesk Inventor*, kemudian pilih *report.* Sehingga hasilnya nanti akan terlihat pada tabel *physical* yakni *center of gravity*.



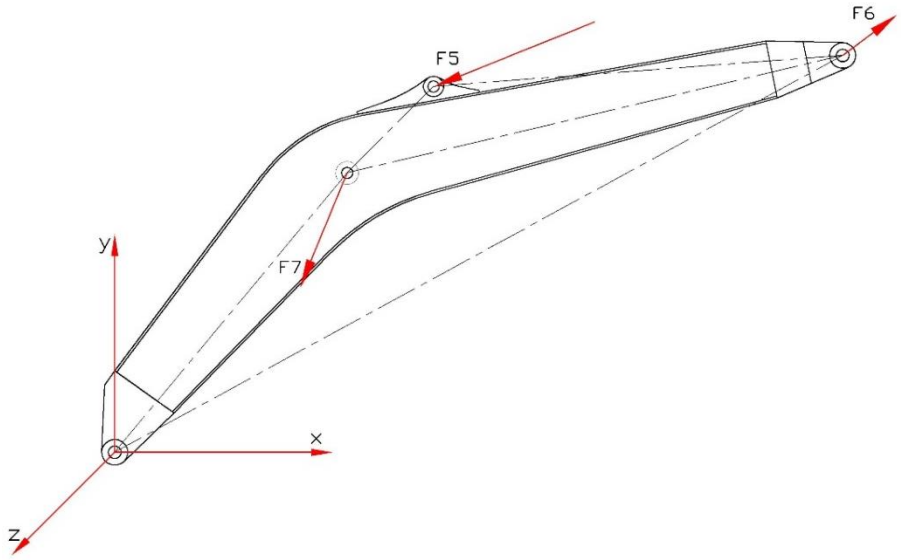
Gambar 3.30. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu X



Gambar 3.31. Pandangan Samping *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu Y

3.4.4. *Free Body Diagram Boom Excavator* Kelas 20 Ton

Gaya-gaya arah *boom excavator* kelas 20 ton dihitung dengan mengacu pada diagram benda bebas yang dapat disimulasikan dengan program *AutoCAD*. Serta gaya lainnya yang mempengaruhi *boom excavator* kelas 20 ton dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.32. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

3.4.5. Varian Model

Pada penelitian ini digunakan 3 variasi model yang berbeda, seperti ketebalan, ukuran dan posisi *reinforcement* pada *boom excavator* kelas 20 ton yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mencari kekuatan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton yang paling kuat, dan aman ketika *boom excavator* kelas 20 ton tersebut menggunakan *attachment breaker*.

1. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.

3.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan untuk mengukur dalam perancangan *boom excavator* kelas 20 ton adalah *stress analysis* dari *software Autodesk Inventor Professional* 2015.

3.5.1. Alasan Pemilihan Varian Konsep

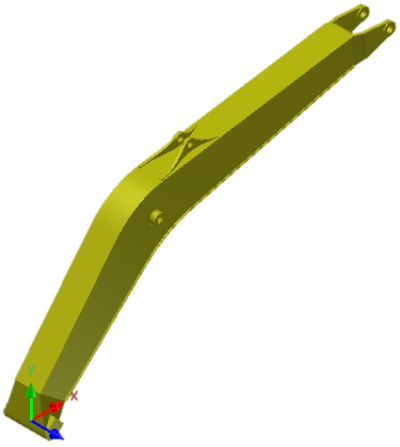
Pemilihan bahan untuk *reinforcement boom excavator* kelas 20 ton menggunakan baja karena mudah didapatkan, harganya terjangkau, mudah dilas, massa jenis kecil namun dapat menahan beban yang tinggi.

BAB IV

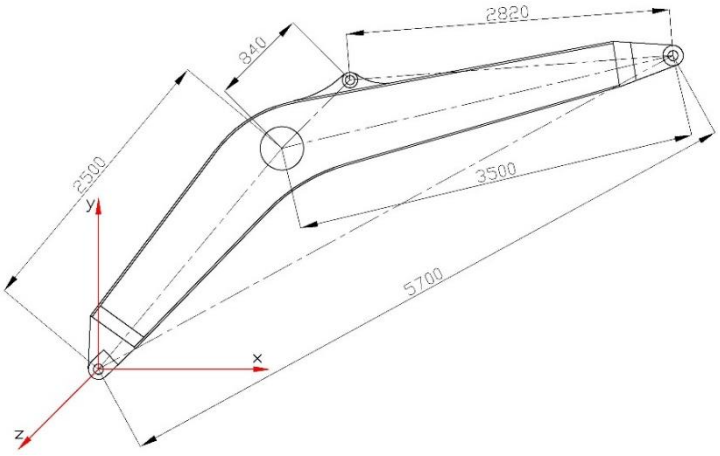
HASIL PENELITIAN

4.1. Model Desain

Model *boom excavator* kelas 20 ton digambar dan dibentuk ke dalam 3 dimensi pada *software Autodesk Inventor Professional* 2015 dengan material dan dimensi yang sudah ditentukan. Kemudian diuji dengan *stress analysis* pada *software Autodesk Inventor Professional* 2015 agar mengetahui kekuatan dari *boom excavator* kelas 20 ton.

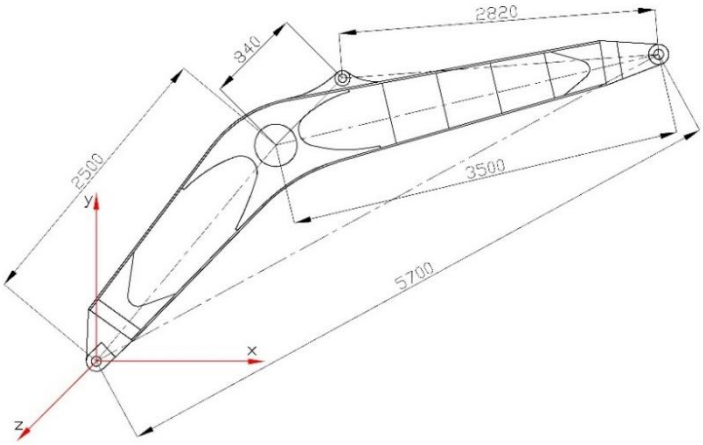


Gambar 4.1. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

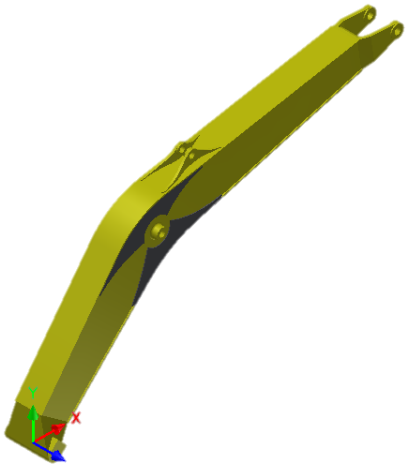


Gambar 4.2. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

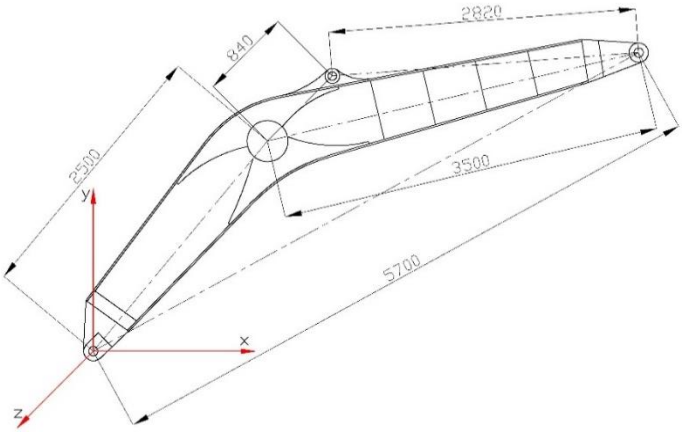
Gambar 4.3. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR



Gambar 4.4. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR



Gambar 4.5. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ



Gambar 4.6. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

Boom excavator kelas 20 ton adalah penopang dan tuas utama yg digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun. *Boom excavator* kelas 20 ton ini harus dapat menahan beban dari *arm, breaker,* dan beban dari luar. Kegunaan rangka ini selain sebagai penopang dan tuas utama yg digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun, juga sebagai *mounting* atau penempatan bagian-bagian penting *excavator*, seperti *boom cylinder*, *arm*, *arm cylinder*, dan *breaker*. Desain *boom excavator* kelas 20 ton ini dibuat berdasarkan data yang kami peroleh dari pengukuran secara manual, dan jurnal atau penelitian yang relevan.

4.2. Bahan dan Material

Tabel 4.1. Data Properti Material *JIS SM 50 YA*

Name	***JIS SM 50 YA***	
General	*Mass Density*	7.83 g/cm^3
	Yield Strength	363 MPa
	Ultimate Tensile Strength	490 MPa
Stress	*Young's Modulus*	200 GPa
	Poisson's Ratio	0.287
	Shear Modulus	77.7001 GPa

Tabel 4.2. Data Properti Material *JIS G 5101* (*SC 49*)

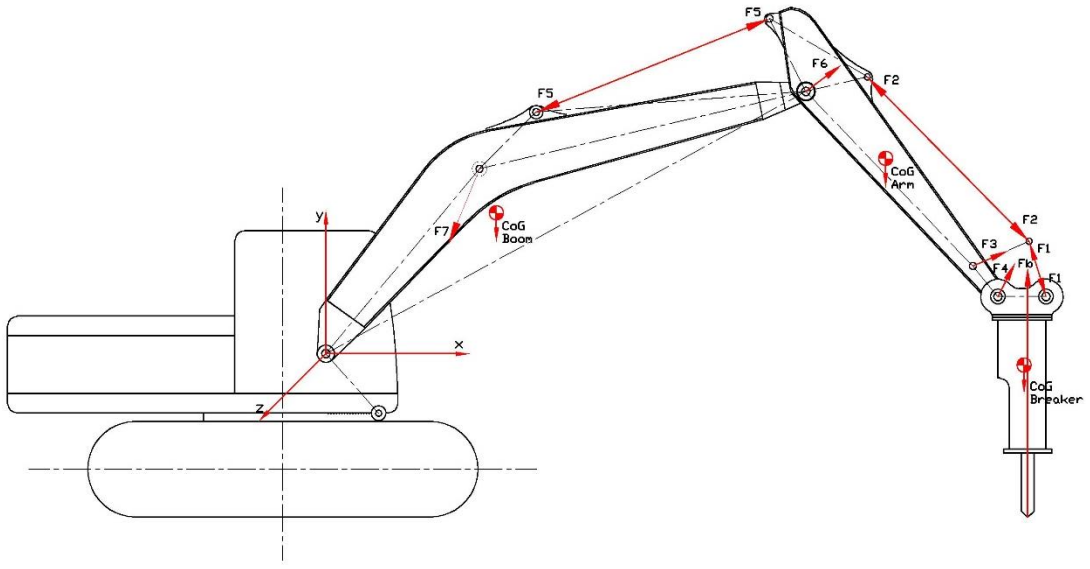
Name	***JIS G 5101* (*SC 49*)**	
General	*Mass Density*	7,85 g/cm^3
	Yield Strength	250 MPa
	Ultimate Tensile Strength	490 MPa
Stress	*Young's Modulus*	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3
	Shear Modulus	80,7692 GPa

Tabel 4.3. Data Properti Material *Steel, Mild*

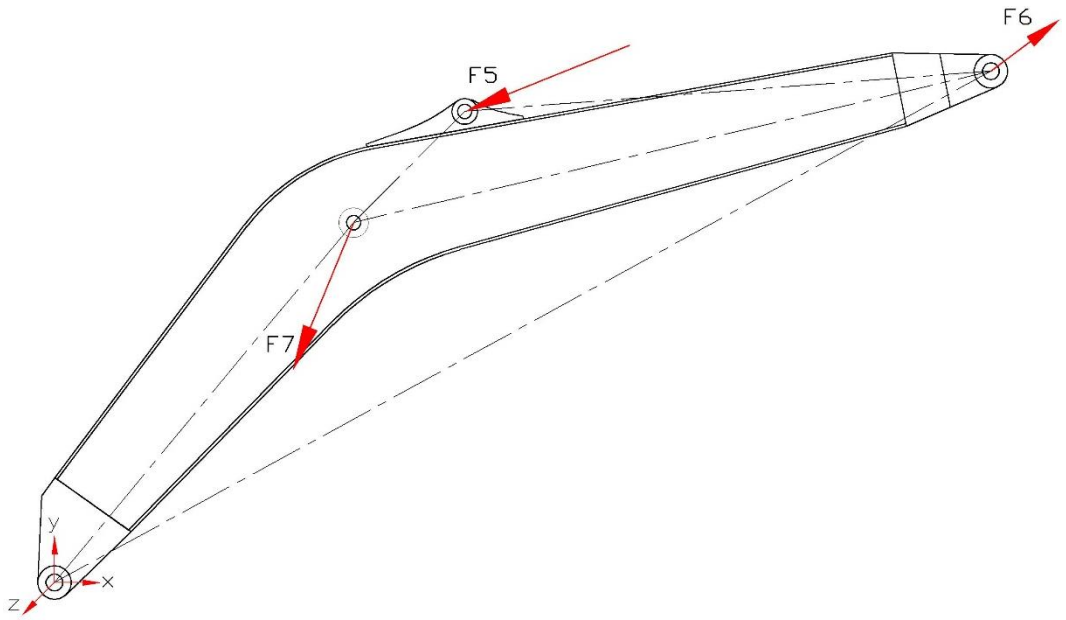
Name	***Steel, Mild***	
General	*Mass Density*	7.85 g/cm^3
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	*Young's Modulus*	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275
	Shear Modulus	86.2745 GPa

4.3. Perhitungan Teori

Untuk perhitungan teori pada pembebanan yang diterima rangka *boom excavator* kelas 20 ton adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7. Diagram Benda Bebas *Excavator* Kelas 20 Ton



Gambar 4.8. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

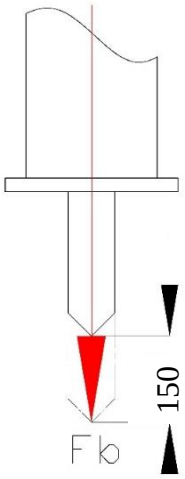
A. Distribusi Beban Statis

1. Breaker:

Diketahui: *Impact Energy Class* = 6101 Nm

H = 150 mm = 0,15 m

$W_{breaker}$ = 1800 kg x 9,81 m/s^2 = 17.658 N



Ditanya: Fb (Gaya *Breaker*) = ?

Jawab: I = m x g x H ⟶ F = m x g

I = F x H ⟶ F = I : H = 6101 Nm : 0,15 m

= 40.673,33 N

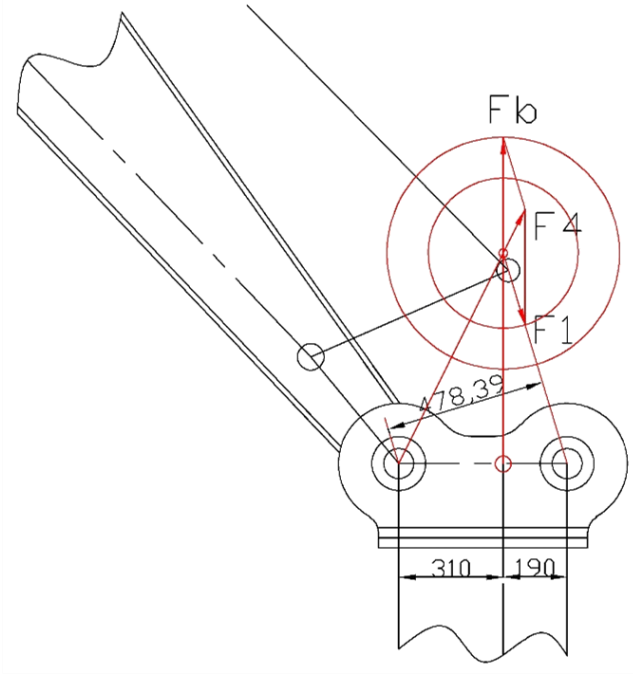
Fb = F – $W_{breaker}$ = 40.673,33 N – (1800 kg x 9,81 m/s^2)

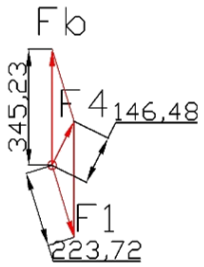
Fb = 23.015,33 N

Saat pengujian: Fb x 1,25 + 0,25 x Fb = 34.522,995 N ~ 34.523 N

#Penentuan Gaya-gaya Menggunakan Metode Grafis

2. Mencari F1 dan F4





#Perbandingan Skala Gaya

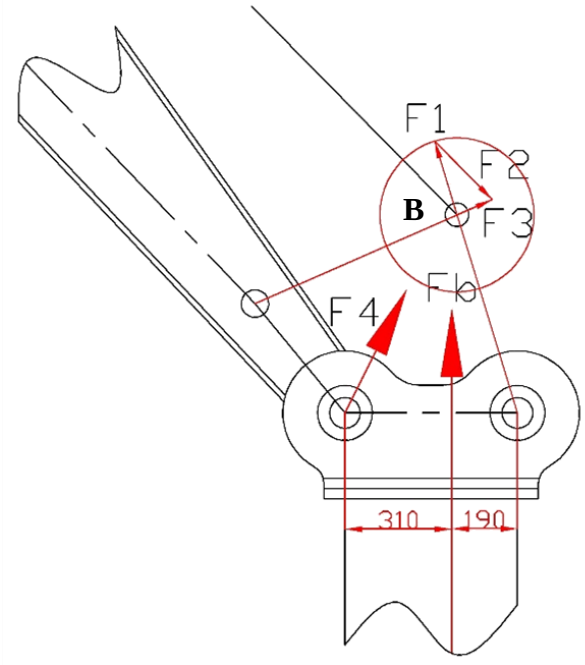
1 cm = 1000 N

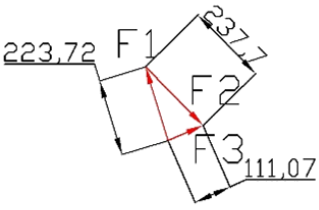
Fb = 345,22995 mm

F1 = 223,7154 mm

F4 = 146,48 mm

3. Titik B (Mencari F2 dan F3)





#Perbandingan Skala Gaya

1 cm = 1000 N

F1 = 223,7154 mm

F2 = 237,7 mm

F3 = 111,07 mm

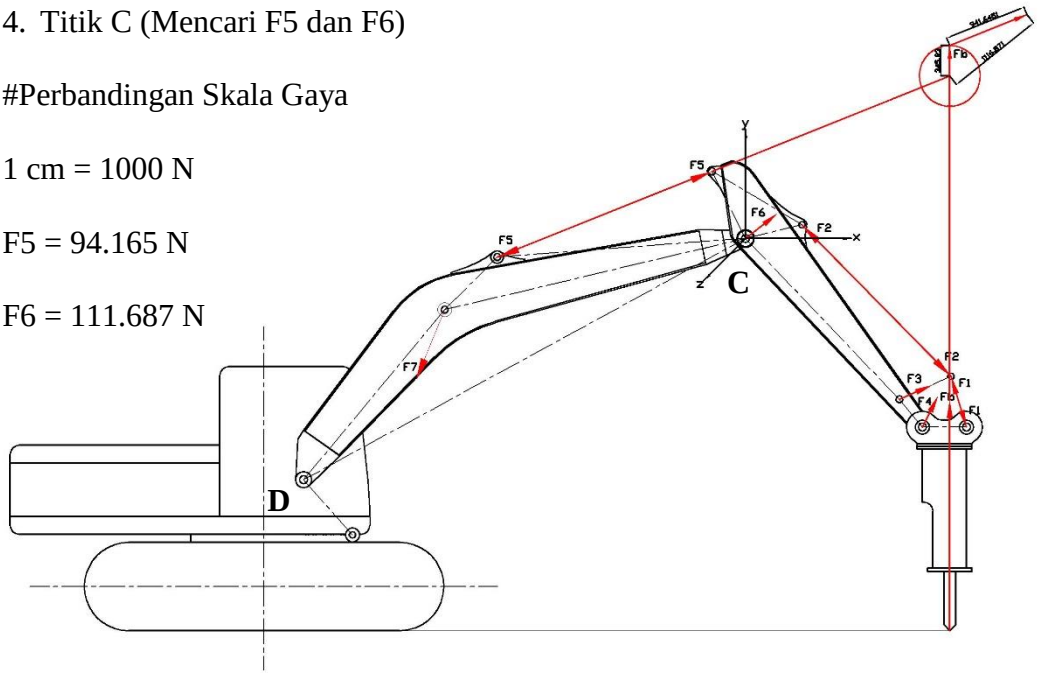
4. Titik C (Mencari F5 dan F6)

#Perbandingan Skala Gaya

1 cm = 1000 N

F5 = 94.165 N

F6 = 111.687 N



5. Titik D (Mencari F7)

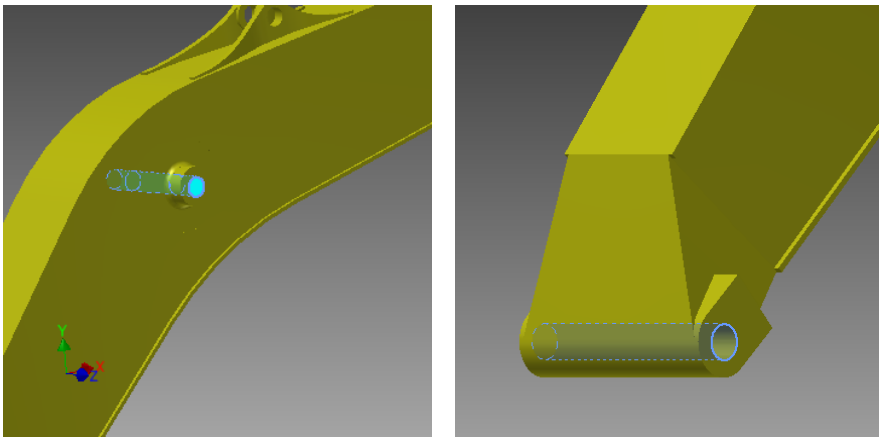
$$\sum M_D = 0$$

F7 x 753,6 mm – F5 x 1525,64 mm – F6 x 986,52 mm = 0

F7 = 336842,440 N

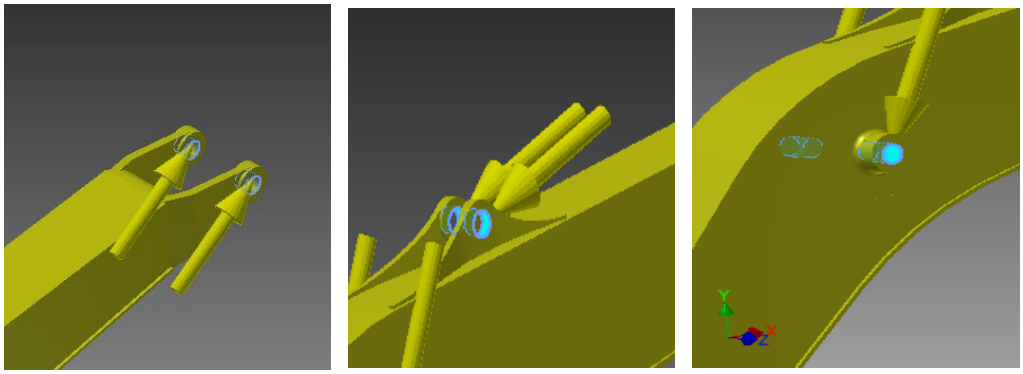
4.4. Kondisi Batas

a. Penentuan *pin* atau tumpuan pada lokasi tersebut merupakan tempat *pin boom excavator* kelas 20 ton.



Gambar 4.9. Penentuan Lokasi *Pin* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

b. Penerapan gaya-gaya pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton.



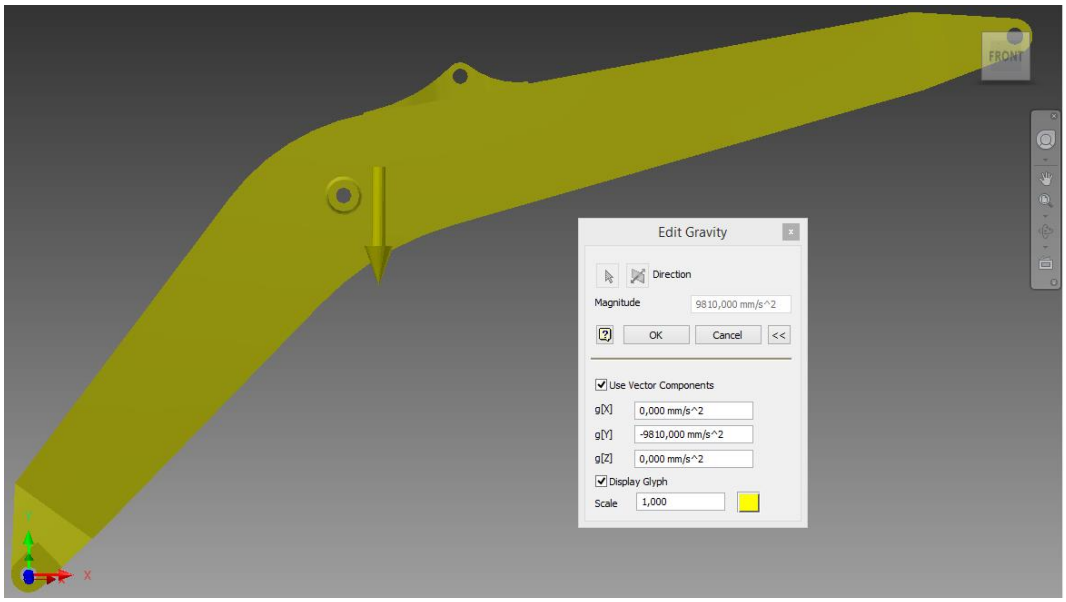
Load Tipe	*Force*
Magnitude	111687,001 N
Vector X	89138,515 N
Vector Y	67292,728 N

Load Tipe	*Force*
Magnitude	94165,000 N
Vector X	-88367,520 N
Vector Y	-32530,425 N

Load Tipe	*Force*
Magnitude	336842,440 N
Vector X	-141929,373 N
Vector Y	-305481,395 N

Gambar 4.10. Pemberian Beban pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

c. Pemberian gaya gravitasi pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton.



Gambar 4.11. Pemberian Gaya Gravitasi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

4.5. Hasil Analisis dengan *Software Autodesk Inventor*

Setelah proses perhitungan dengan *software Autodesk Inventor Professional* 2015 telah selesai sampai akhir, maka hasil analisis statis dan simulasi dapat

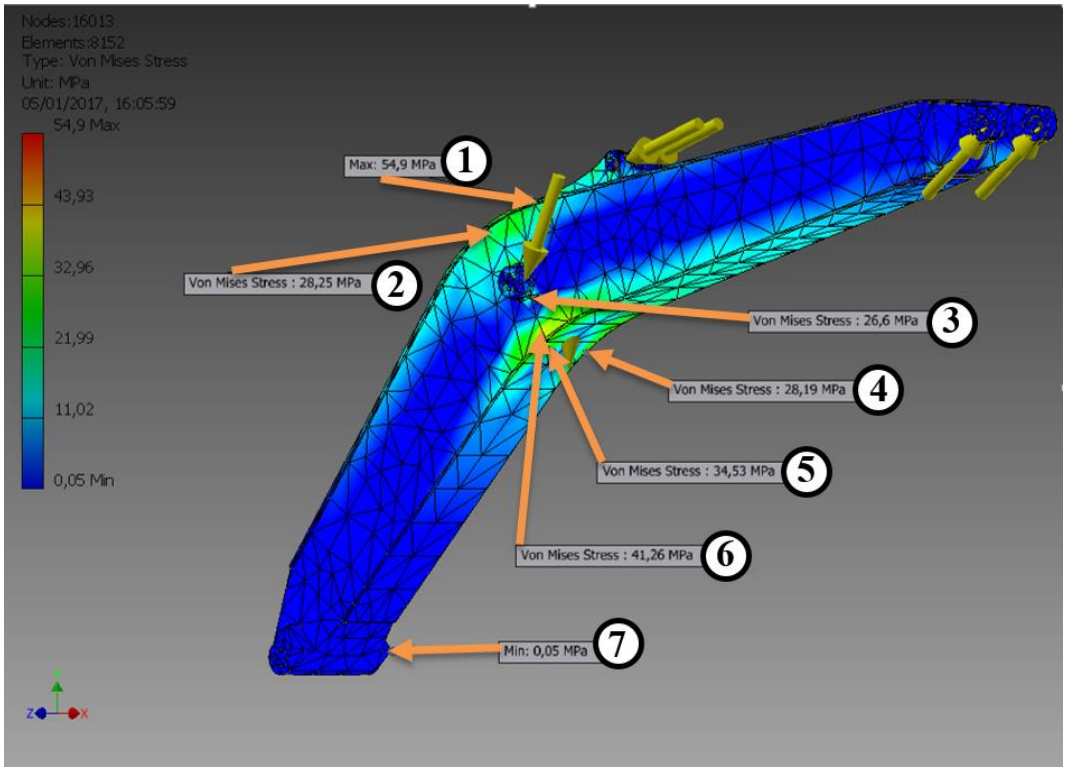
diketahui yaitu nilai-nilai maksimum dan minimum yang terjadi pada struktur objek. Untuk melihat hasil tegangan, dan faktor keamanan dapat dilihat dalam *stress analysis report*.

Analisis simulasi tegangan, dan faktor keamanan rangka menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015 dengan cara memilih *toolbar stress analysis.* Setelah kita pilih *toolbar stress analysis,* lalu kita pilih *static analysis* dan *mesh view*. Setelah melakukan *meshing*, lalu masukan data spesifikasi material bahan sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Diasumsikan rangka *boom excavator* kelas 20 ton pada posisi pin 1 mendapatkan beban 111687 N, pada posisi pin 2 mendapatkan beban 94165 N, dan pada posisi pin 3 mendapatkan beban 336842,440 N. Pada *Autodesk Inventor Professional* 2015 dimasukan data-data *boom excavator* kelas 20 ton sesuai dengan kondisi yang mendekati sebenarnya, sehingga dapat dilakukan analisis statis pada struktur tersebut. Setelah sampai pada langkah ini, dapat diketahui apakah ada kesalahan pada langkah-langkah analisis. Jika ada kesalahan, maka perlu dilakukan *editing* sampai benar. Dalam analisis ini struktur rangka dapat dilihat pada gambar untuk mengetahui secara keseluruhan tegangan, dan faktor keamanannya.

1. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*

Tabel 4.4. Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

Name	***Minimum***	***Maximum***
Volume	289509000 mm^3	
Mass	2267.85 kg	
Von Mises Stress	0.0543714 MPa	54,9 MPa
1st Principal Stress	-10.8488 MPa	44.3988 MPa
3rd Principal Stress	-60.6102 MPa	15.4915 MPa
Safety Factor	6.261	15



Gambar 4.12. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 54,9 MPa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom.*

Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

a) *Factor of safety* (n_s) = 3

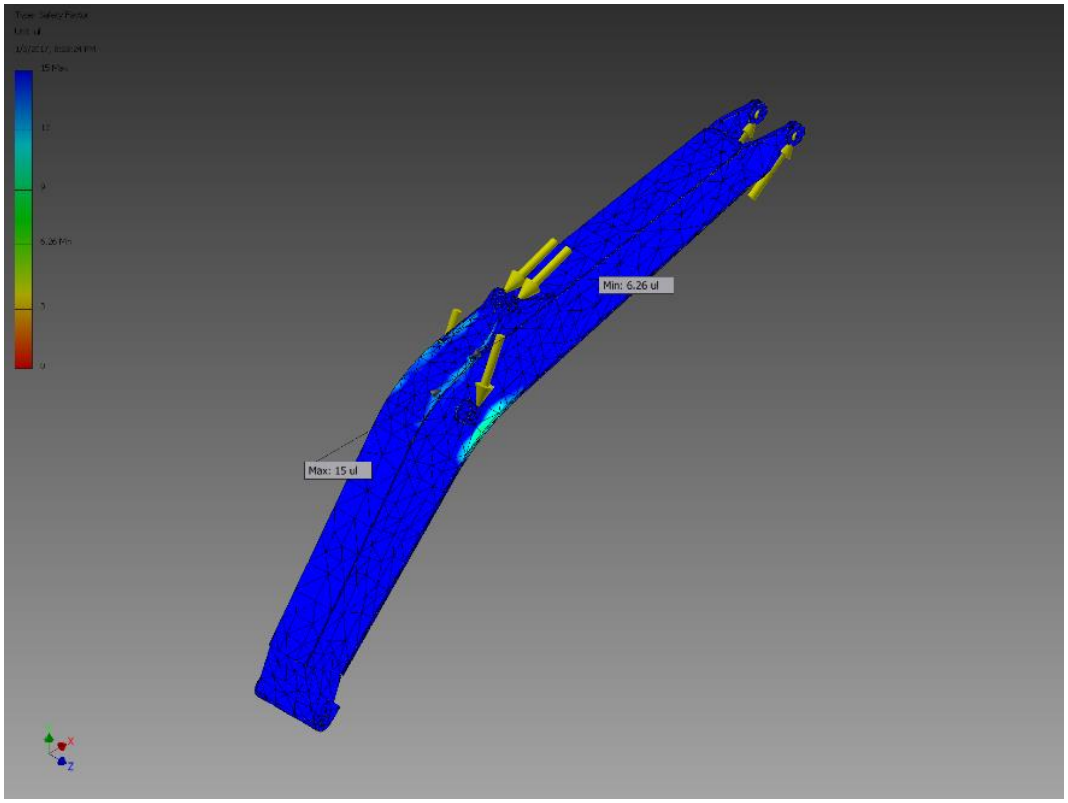
b) Tegangan normal izin (σ_a) = $\frac{yield\ strength}{factor\ safety} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363\ MPa}{3}$

c) Tegangan geser izin (τ_a) = 0.577 x σ_a = 69,817 MPa

d) Jika τ_{max} yang terjadi $\leq \tau_a$, maka *boom excavator* aman.

Tabel 4.5. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

No.	Tegangan yang Terjadi (*Von Misses Stress)*	Tegangan yang Diizinkan	Keterangan
1	54,9 MPa	69,817 MPa	Aman
2	28,25 MPa	69,817 Mpa	Aman
3	26,6 MPa	69,817 Mpa	Aman
4	28,19 MPa	69,817 Mpa	Aman
5	34,53 MPa	69,817 Mpa	Aman
6	41,26 MPa	69,817 Mpa	Aman
7	0,05 MPa	69,817 MPa	Aman



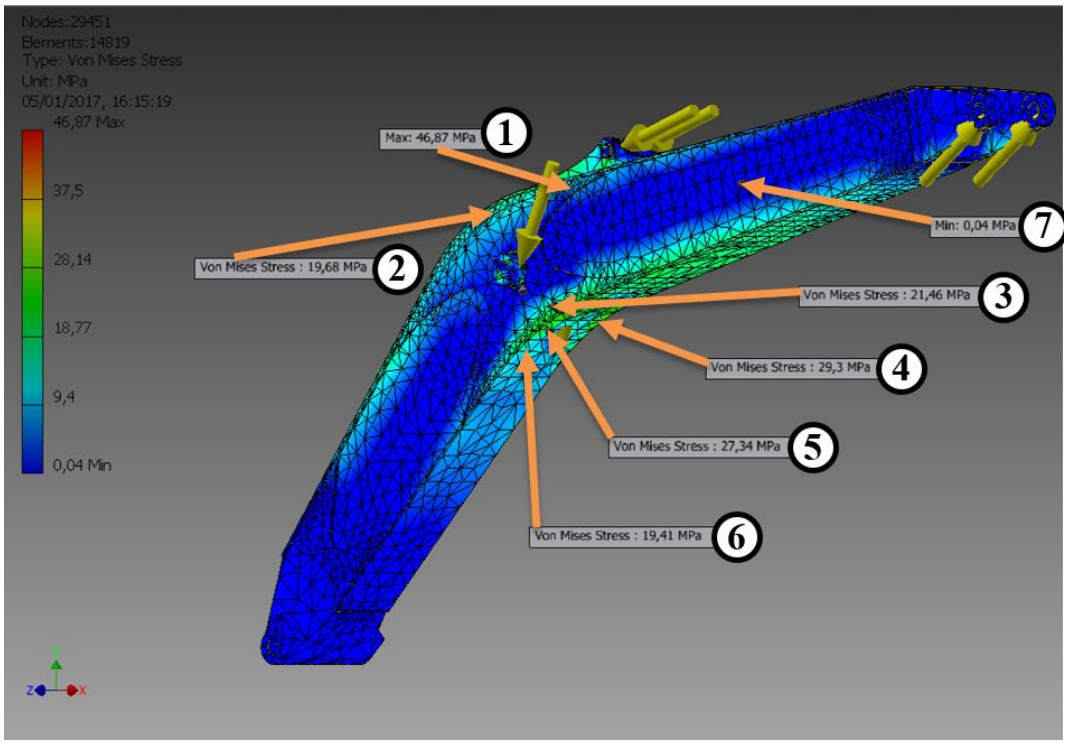
Gambar 4.13. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 6,26 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

2. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR

Tabel 4.6. Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

Name	***Minimum***	***Maximum***
Volume	307034000 mm^3	
Mass	2405,12 kg	
Von Mises Stress	0,0379494 MPa	46,8692 MPa
1st Principal Stress	-9,38078 MPa	35,9125 MPa
3rd Principal Stress	-51,4736 MPa	10,559 MPa
Safety Factor	7,74496	15



Gambar 4.14. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 46,87 Mpa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom*.

Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

a) *Factor of safety* (n_s) = 3

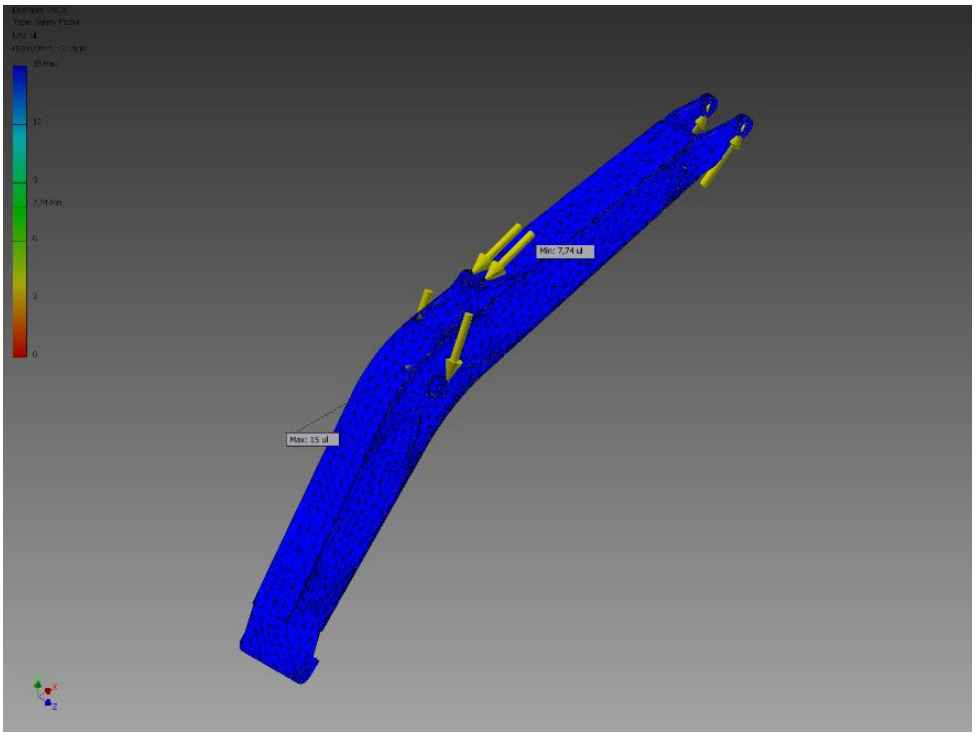
b) Tegangan normal izin (σ_a) = $\frac{yield\ strength}{factor\ safety} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363\ MPa}{3}$

c) Tegangan geser izin (τ_a) = 0.577 x σ_a = 69,817 MPa

d) Jika τ_{max} yang terjadi $\leq \tau_a$, maka *boom excavator* aman.

Tabel 4.7. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

No.	Tegangan yang Terjadi (*Von Misses Stress)*	Tegangan yang Diizinkan	Keterangan
1	46,87 MPa	69,817 MPa	Aman
2	19,68 MPa	69,817 Mpa	Aman
3	21,46 MPa	69,817 Mpa	Aman
4	29,3 MPa	69,817 Mpa	Aman
5	27,34 MPa	69,817 Mpa	Aman
6	19,41 MPa	69,817 Mpa	Aman
7	0,04 MPa	69,817 MPa	Aman



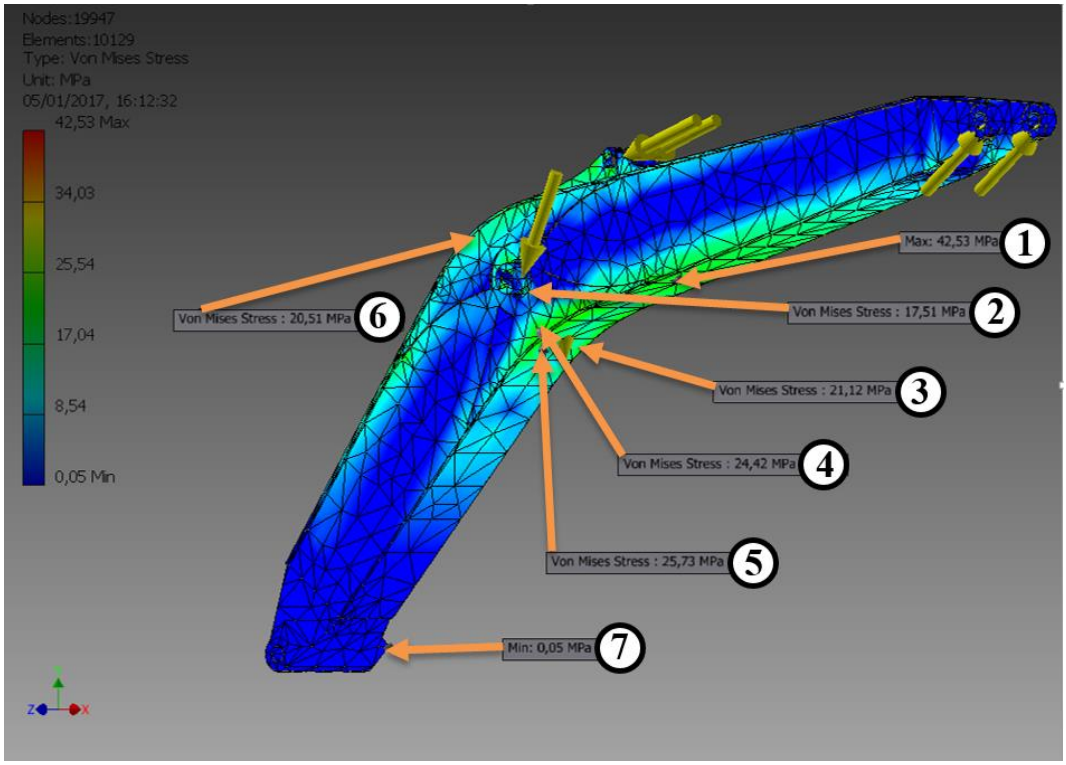
Gambar 4.15. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 7,74 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

3. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ

Tabel 4.8. Hasil Analisis dari *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

Name	***Minimum***	***Maximum***
Volume	300384000 mm^3	
Mass	2353.03 kg	
Von Mises Stress	0.050732 MPa	42.5292 MPa
1st Principal Stress	-9.73229 MPa	34.9772 MPa
3rd Principal Stress	-42.5733 MPa	14.838 MPa
Safety Factor	8.98691	15



Gambar 4.16. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 42,53 Mpa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom*.

Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

e) *Factor of safety* (n_s) = 3

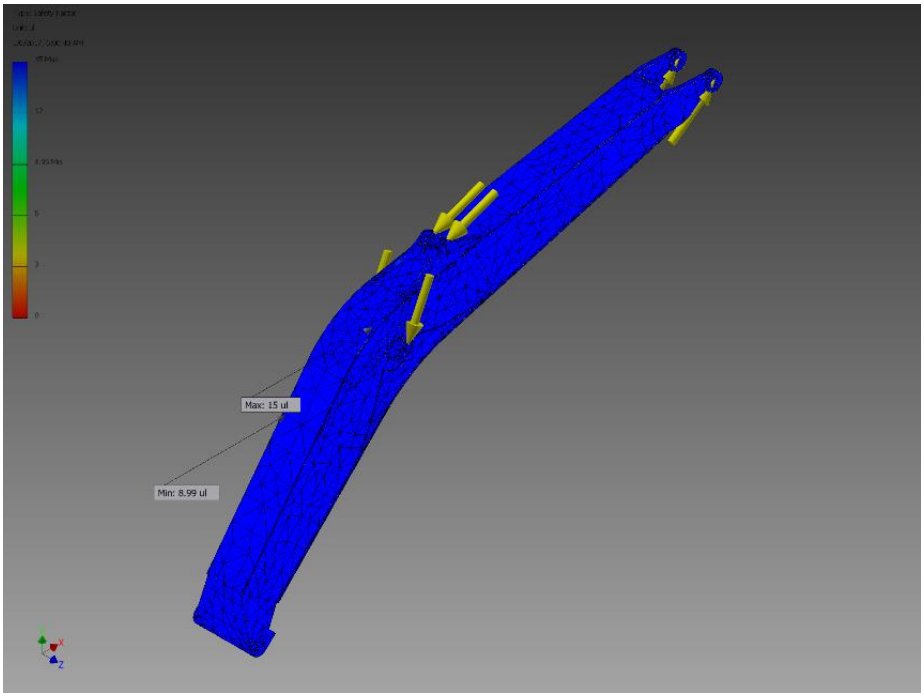
f) Tegangan normal izin (σ_a) = $\frac{yield\ strength}{factor\ safety} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363\ MPa}{3}$

g) Tegangan geser izin (τ_a) = 0.577 x σ_a = 69,817 MPa

h) Jika τ_{max} yang terjadi $\leq \tau_a$, maka *boom excavator* aman.

Tabel 4.9. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

No.	Tegangan yang Terjadi (*Von Misses Stress)*	Tegangan yang Diizinkan	Keterangan
1	42,53 MPa	69,817 MPa	Aman
2	17,51 MPa	69,817 Mpa	Aman
3	21,12 MPa	69,817 Mpa	Aman
4	24,42 MPa	69,817 Mpa	Aman
5	25,73 MPa	69,817 Mpa	Aman
6	20,51 MPa	69,817 Mpa	Aman
7	0,05 MPa	69,817 MPa	Aman

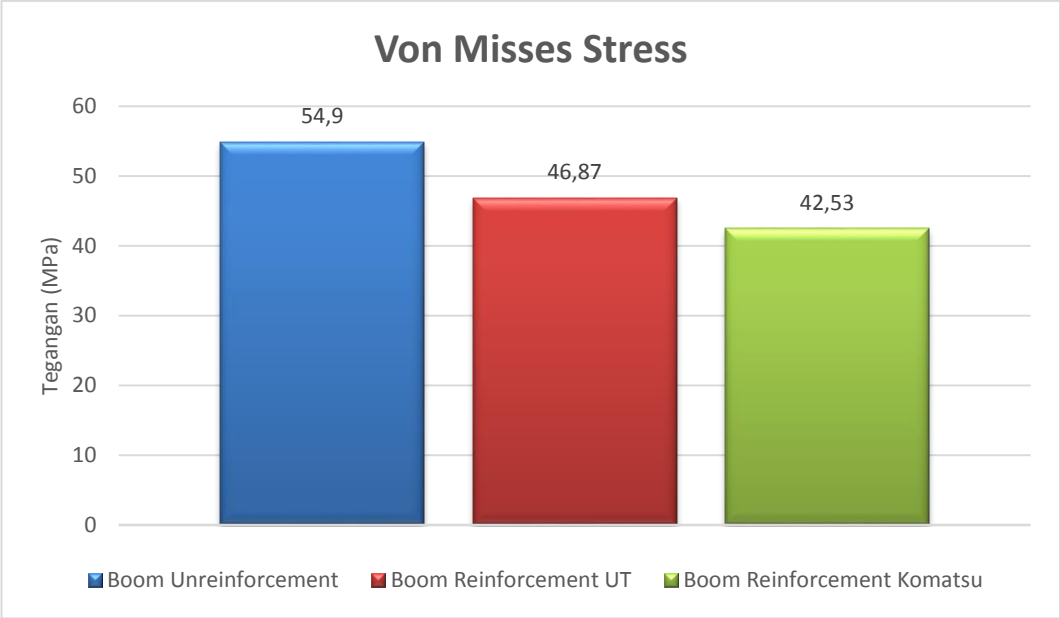


Gambar 4.17. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

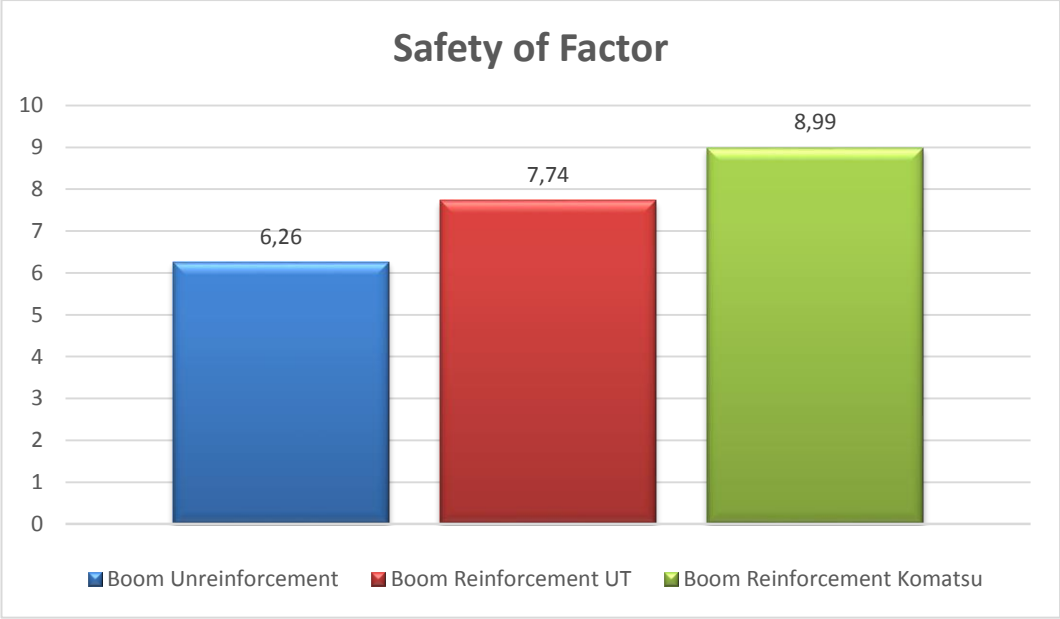
Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 8,99 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

Tabel 4.10. Hasil Analisis dari Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

	Boom Excavator Unreinforcement		***Boom Excavator Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR**		***Boom Excavator Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ**	
	Min	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**
Volume	289509000 mm^3		307034000 mm^3		300384000 mm^3	
Mass	2267.85 kg		2405,12 kg		2353.03 kg	
Von Mises Stress	0.0543714 MPa	54,9 MPa	0,0379494 MPa	46,8692 MPa	0.050732 MPa	42.5292 MPa
1st Principal Stress	-10.8488 MPa	44.3988 MPa	-9,38078 MPa	35,9125 MPa	-9.73229 MPa	34.9772 MPa
3rd Principal Stress	-60.6102 MPa	15.4915 MPa	-51,4736 MPa	10,559 MPa	-42.5733 MPa	14.838 MPa
Safety Factor	6.261	15	7,74496	15	8.98691	15



Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Tegangan yang Terjadi pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton



Gambar 4.19. Grafik Perbandingan *Safety Factor* pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa rangka *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement* mengalami tegangan maksimal terbesar 54,9 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 6,26. Rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement*

versi *engineer* PT. PQR mengalami tegangan maksimal terbesar 46,87 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 7,74. Rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ mengalami tegangan maksimal terbesar 42,53 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 8,99.

Dari hasil penghitungan dan analisis statis menggunakan *stress analysis* dengan perbandingan nilai *von misses stress* , dan *safety factor* pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton, maka didapatkan kesimpulan bahwa rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015 yang penulis susun, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement* yakni sebesar 54,9 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 6,26.
b. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *enginner* PT. PQR yakni sebesar 46,87 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 7,74496.
c. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ yakni sebesar 42,53 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 8,99.
d. Berdasarkan hasil perbandingan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015, didapatkan hasil desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman.

5.2. Saran

Di dalam penganalisisan suatu struktur dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional* 2015 terdapat beberapa saran yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik, yaitu:

a. Pada pengujian selanjutnya hendaknya menambahkan pengecekan secara visual menggunakan metode *non destructive test* (NDT) untuk pembanding sehingga didapatkan data dan hasil yang lebih akurat.
b. Menggunakan jenis material yang berbeda.
c. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi bentuk, tebal, dan material *reinforcement* yang lebih variatif lagi untuk mendapatkan desain yang lebih kuat dan aman.
d. Menggunakan *software* selain *Autodesk Inventor Professional* 2015 untuk mendapatkan hasil yang lebih variatif.

DAFTAR PUSTAKA

Alchazin, Syaiful A. B. 2011. *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor: LAPAN.

Dietmar, Gross., Werner, Hauger., Jorg, Schroder., Wolfgang, A.Wall., and Javier, Bonet. (2011). *Engineering Mechanics 2* : *Mechanics of Materials*. New York : Springer

[FT] Fakultas Teknik. 2015. *Buku Panduan Penyusunan Skripsi dan Non Skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Harsokoesoemo, Darmawan. 2000. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi De*Part*emen Pendidikan Nasional.

Hidayat, Nur dkk. *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design.* Bandung: Informatika, 2011.

Popov, E. P. 1996. *Mechanics of Materials.* Terjemahan oleh Astamar, Zainul. Jakarta: Erlangga.

Robert L, Mott. 2004. *Machine Elements In Mechanical Design fourth edition*. Ohio: Upper Saddle River.

Septyabudi, Prayogo. 2013. *Meningkatkan Kualitas Boom Casting Unit Hydraulic Excavator Kelas 13 Ton Pada Produksi Alat Berat di PT. XYZ* [skripsi]. Jakarta: Teknik Industri Ekstensi Astra, Binus.

Susatio, Yerri. 2004. *Dasar Dasar Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi Publisher.

http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2015/ENU/?guid=GUID-84D01561-FD7F-4F17-A625-C86F412BE370 diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 14.45 WIB.

http://learnmine.blogspot.co.id/2013/04/terbesar-produsen-peralatan-konstruksi.html diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 10.45 WIB.

http://lib.unnes.ac.id/20394/1/5201410037-s.pdf diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 17.45 WIB.

http://www.komatsu.eu/komatsu-attachments-hydraulic-breakers.asp diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 12.45 WIB.

https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

LAMPIRAN

Stress Analysis Report Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement

Analyzed File:	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT.ipt
Autodesk Inventor Version:	2015 (Build 190159000, 159)
Creation Date:	1/5/2017, 8:53 PM
Simulation Author:	Aditya Anggun Wijaya
Summary:	

⊟ Project Info (iProperties)

⊟ Summary

Author	Aditya Anggun Wijaya

⊟ Project

Part Number	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT
Designer	Aditya Anggun Wijaya
Cost	$0.00
Date Created	1/5/2017

⊟ Status

Design Status	WorkInProgress

⊟ Physical

Material	JIS SM 50 YA
Density	7.83341 g/cm^3
Mass	2267.85 kg
Area	23193700 mm^2
Volume	289509000 mm^3
Center of Gravity	x=1776.91 mm y=1467.35 mm z=0.0000022196 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

⊟ Simulation:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	1/5/2017, 8:51 PM
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

⊟ Material(s)

Name	JIS SM 50 YA	
General	Mass Density	7.83341 g/cm^3
	Yield Strength	363 MPa
	Ultimate Tensile Strength	490 MPa
Stress	Young's Modulus	200 GPa
	Poisson's Ratio	0.287
	Shear Modulus	77.7001 GPa
Part Name(s)	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT	

⊟ Operating conditions

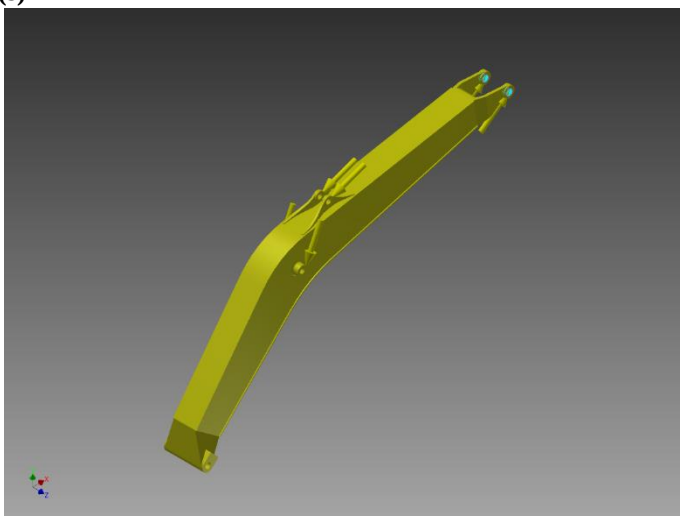
⊟ Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s^2
Vector X	0,000 mm/s^2
Vector Y	-9810,000 mm/s^2
Vector Z	0,000 mm/s^2

⊟ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	111687.001 N
Vector X	89138.515 N
Vector Y	67292.728 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

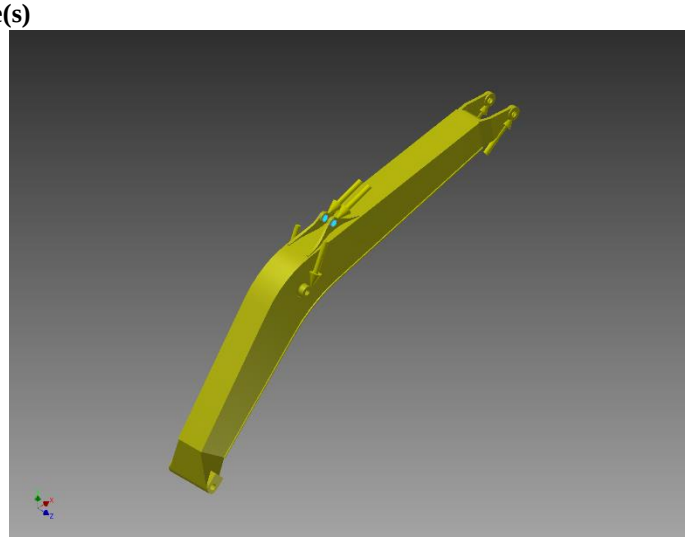


Gambar 1. Pemberian Beban (*Force* 1) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ **Force:2**

Load Type	Force
Magnitude	94165.000 N
Vector X	-88367.520 N
Vector Y	-32530.425 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

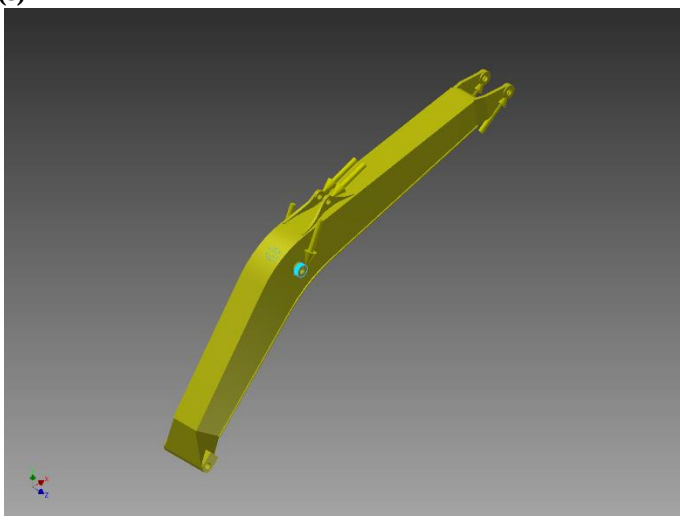


Gambar 2. Pemberian Beban (*Force* 2) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ **Force:3**

Load Type	Force
Magnitude	336842.440 N
Vector X	-141929.373 N
Vector Y	-305481.395 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

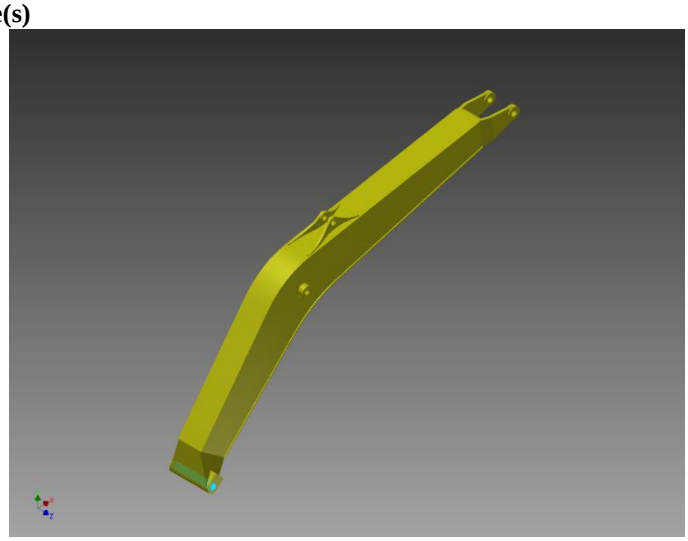


Gambar 3. Pemberian Beban (*Force* 3) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ **Pin Constraint:1**

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ **Selected Face(s)**

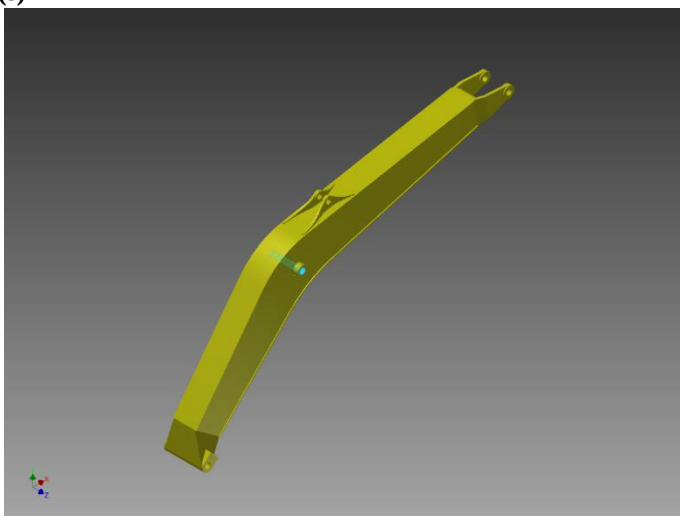


Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin* 1 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ Pin Constraint:2

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ Selected Face(s)



Gambar 5. Penentuan Lokasi *Pin* 2 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ Results

⊟ Reaction Force and Moment on Constraints

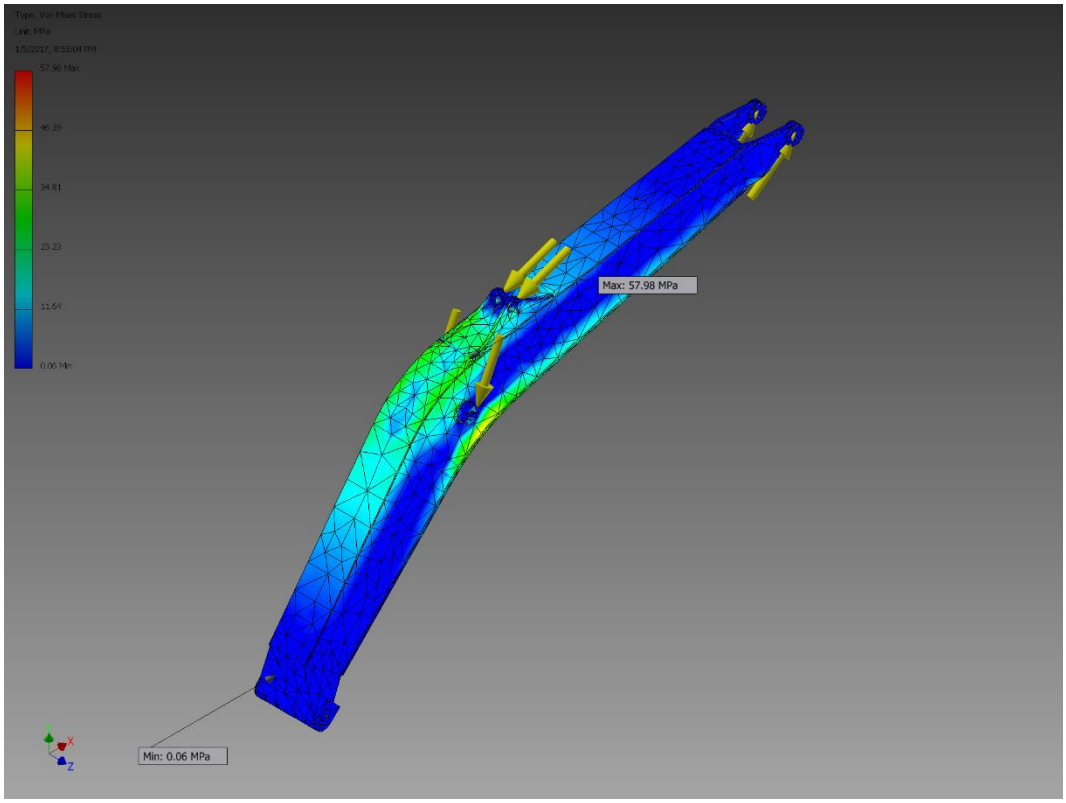
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	115849 N	-3261.68 N	146.369 N m	138.533 N m
		115803 N		47.2487 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:2	211778 N	144355 N	140.963 N m	-88.1476 N m
		154957 N		-110.002 N m
		0 N		0 N m

⊟ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	289509000 mm^3	
Mass	2267.85 kg	
Von Mises Stress	0.0543714 MPa	54,9 MPa
1st Principal Stress	-10.8488 MPa	44.3988 MPa
3rd Principal Stress	-60.6102 MPa	15.4915 MPa
Displacement	0.00804406 mm	4.2807 mm
Safety Factor	6.261	15
Stress XX	-43.1506 MPa	43.8547 MPa

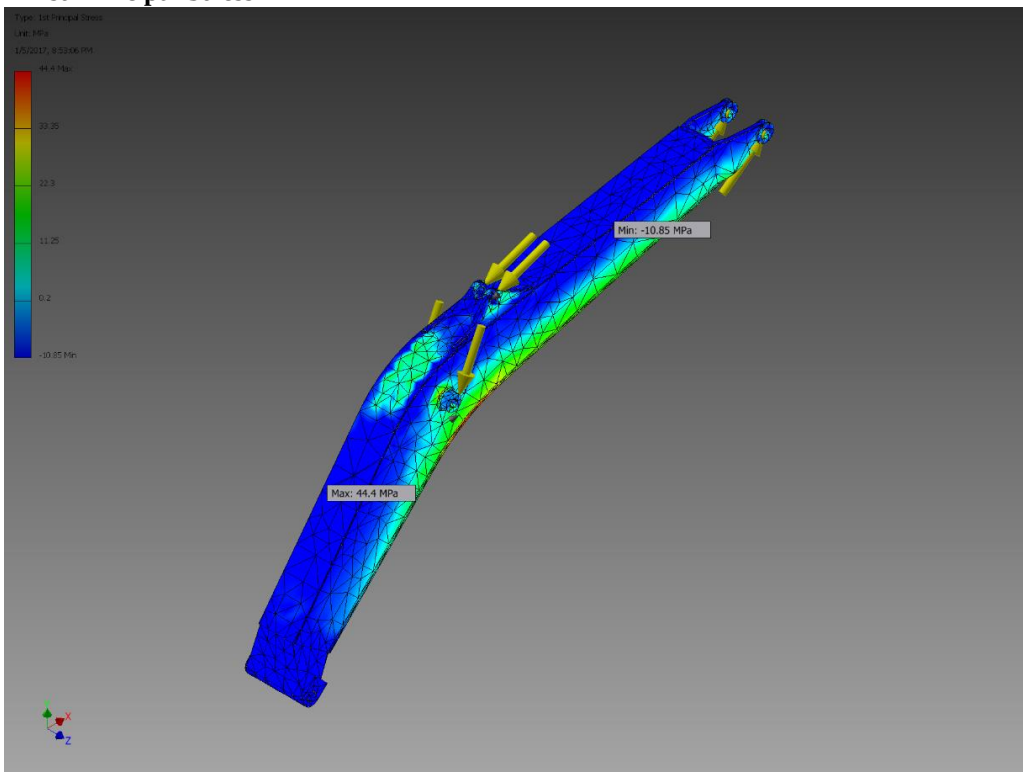
Stress XY	-29.0962 MPa	22.8594 MPa
Stress XZ	-12.2704 MPa	11.5099 MPa
Stress YY	-40.1521 MPa	37.0975 MPa
Stress YZ	-12.4138 MPa	12.4972 MPa
Stress ZZ	-27.1571 MPa	22.6666 MPa
X Displacement	-1.04536 mm	0.210474 mm
Y Displacement	-0.158858 mm	4.19416 mm
Z Displacement	-0.0811135 mm	0.0782988 mm
Equivalent Strain	0.000000250566	0.000257544
1st Principal Strain	-0.00000477867	0.000210151
3rd Principal Strain	-0.000294531	0.00000106356
Strain XX	-0.000190034	0.000177213
Strain XY	-0.000187234	0.0001471
Strain XZ	-0.0000789599	0.0000740664
Strain YY	-0.000173131	0.000149726
Strain YZ	-0.0000798825	0.0000804195
Strain ZZ	-0.000137066	0.000115444

⊟ Von Mises Stress



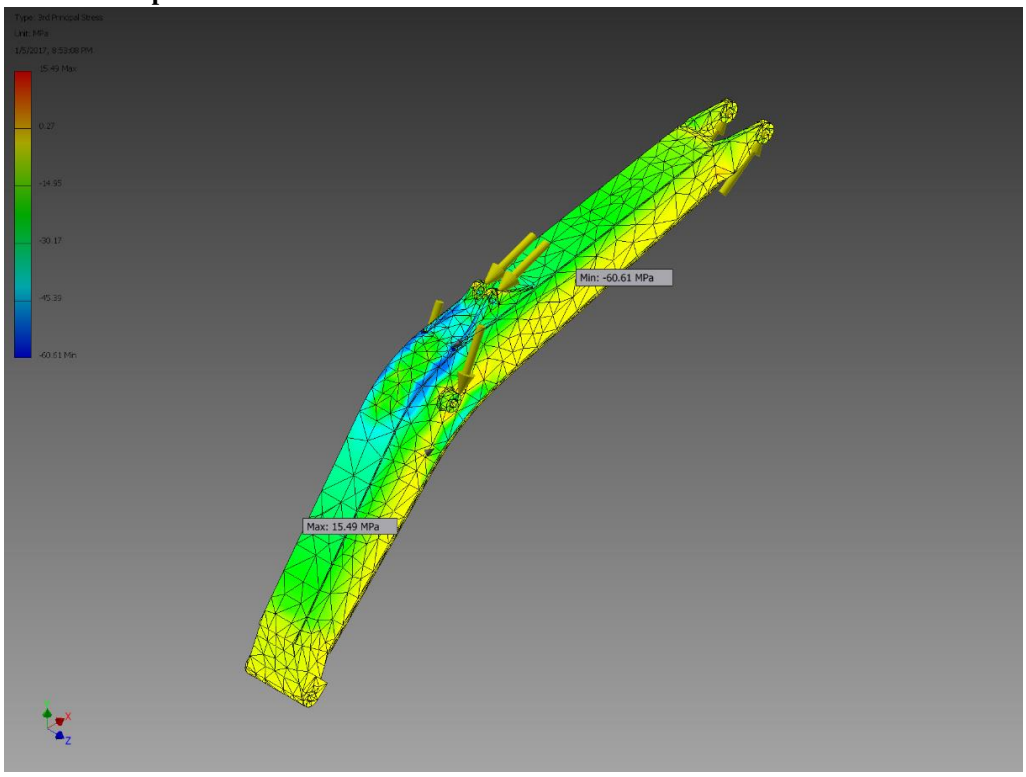
Gambar 6. *Von Mises Stress* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ **1st Principal Stress**



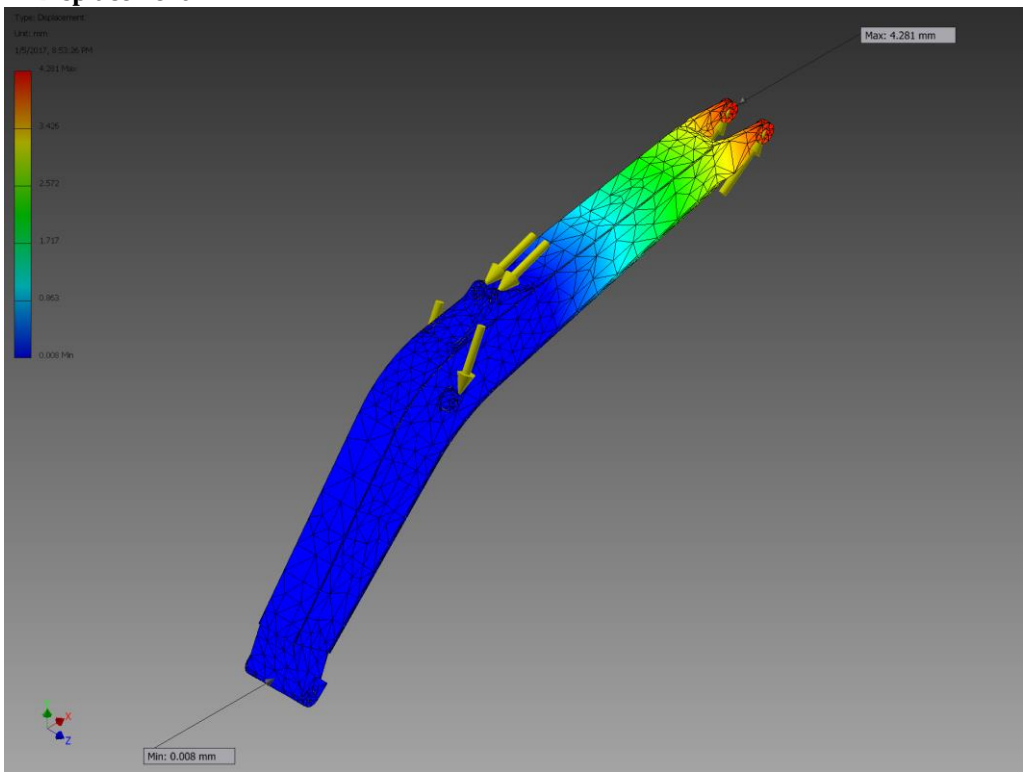
Gambar 7. ***1st Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Unreinforcement***

⊟ **3rd Principal Stress**



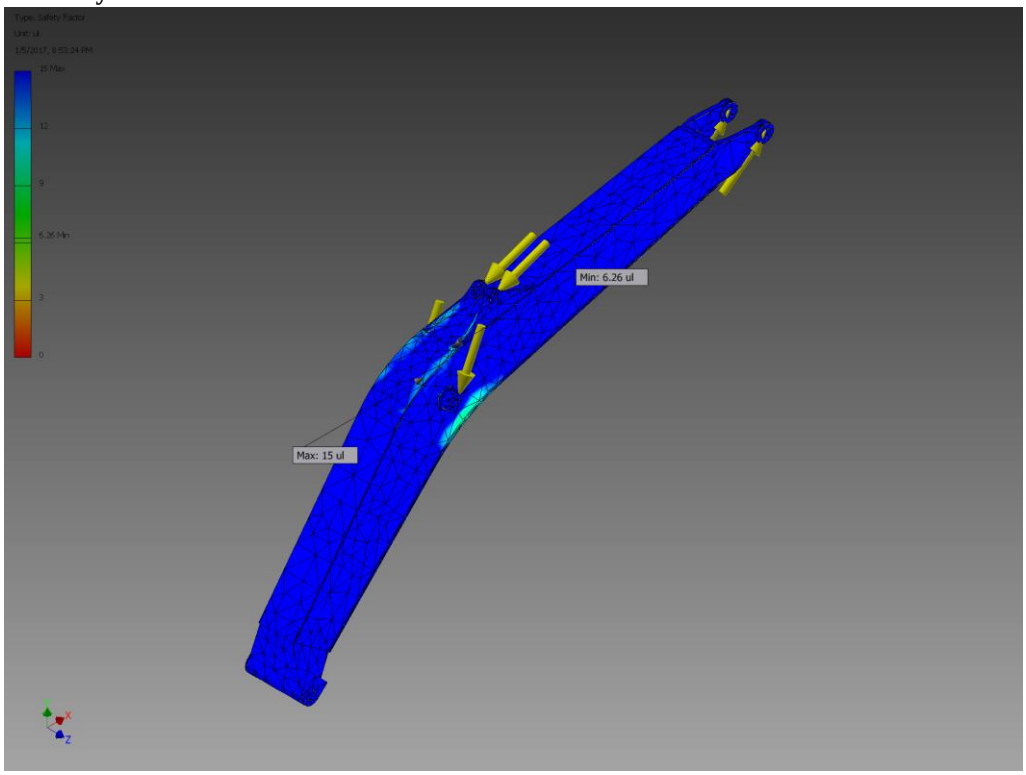
Gambar 8. ***3rd Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Unreinforcement***

⊟ **Displacement**



Gambar 9. *Displacement* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

⊟ **Safety Factor**



Gambar 10. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement*

***Stress Analysis Report Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR**

Analyzed File:	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR.ipt
Autodesk Inventor Version:	2015 SP1 (Build 190203100, 203)
Creation Date:	05/01/2017, 15:19
Simulation Author:	Aditya Anggun Wijaya
Summary:	

⊟ Project Info (iProperties)

⊟ Summary

Author	Aditya Anggun Wijaya

⊟ Project

Part Number	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR
Designer	Aditya Anggun Wijaya
Cost	Rp0
Date Created	05/01/2017

⊟ Status

Design Status	WorkInProgress

⊟ Physical

Material	JIS SM 50 YA
Density	7,83341 g/cm^3
Mass	2405,12 kg
Area	23219800 mm^2
Volume	307034000 mm^3
Center of Gravity	x=1769,55 mm y=1484,4 mm z=0,00000209497 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

⊟ Simulation:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	05/01/2017, 15:06
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

⊟ Material(s)

Name	JIS SM 50 YA	
General	Mass Density	7,83341 g/cm^3
	Yield Strength	363 MPa
	Ultimate Tensile Strength	490 MPa
Stress	Young's Modulus	200 GPa
	Poisson's Ratio	0,287
	Shear Modulus	77,7001 GPa
Part Name(s)	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR	

⊟ Operating conditions

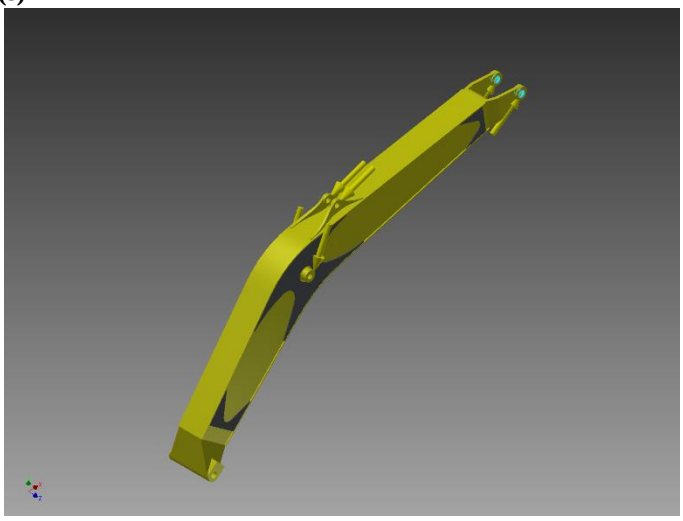
⊟ Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s^2
Vector X	0,000 mm/s^2
Vector Y	-9810,000 mm/s^2
Vector Z	0,000 mm/s^2

⊟ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	111687,001 N
Vector X	89138,515 N
Vector Y	67292,728 N
Vector Z	0,000 N

⊟ **Selected Face(s)**

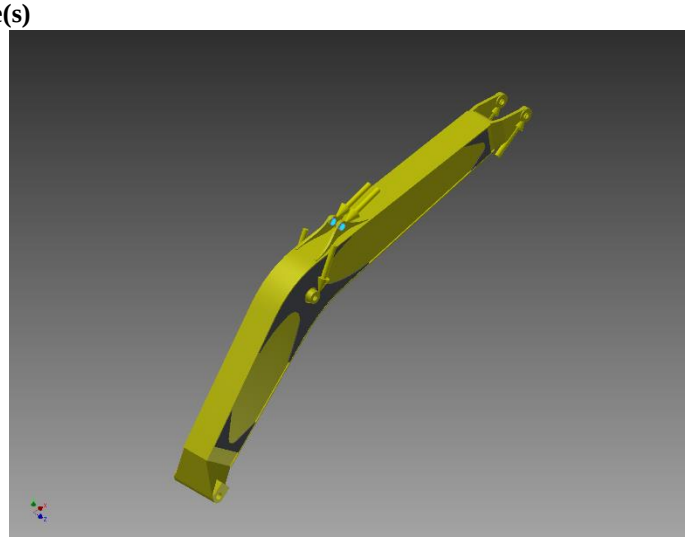


Gambar 1. Pemberian Beban (*Force* 1) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ **Force:2**

Load Type	Force
Magnitude	94165,000 N
Vector X	-88367,520 N
Vector Y	-32530,425 N
Vector Z	0,000 N

⊟ **Selected Face(s)**

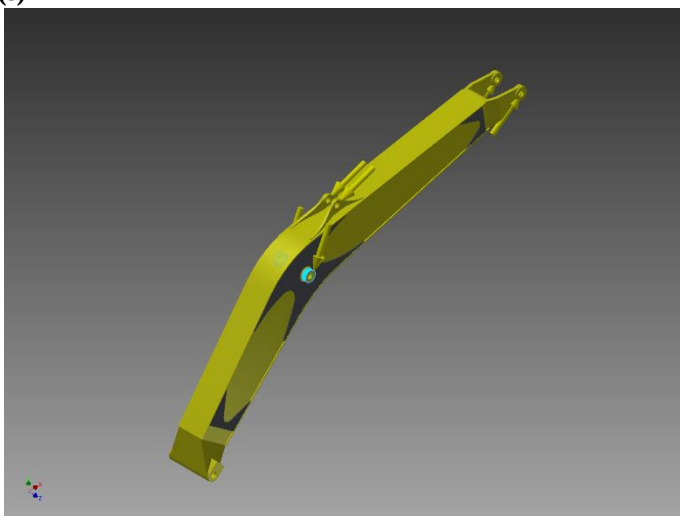


Gambar 2. Pemberian Beban (*Force* 2) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ **Force:3**

Load Type	Force
Magnitude	336842,440 N
Vector X	-141929,373 N
Vector Y	-305481,395 N
Vector Z	0,000 N

⊟ **Selected Face(s)**

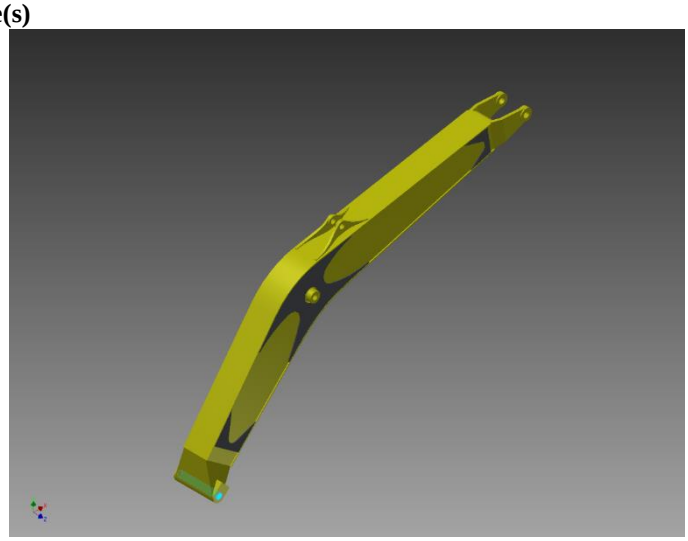


Gambar 3. Pemberian Beban (*Force* 3) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ **Pin Constraint:1**

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ **Selected Face(s)**

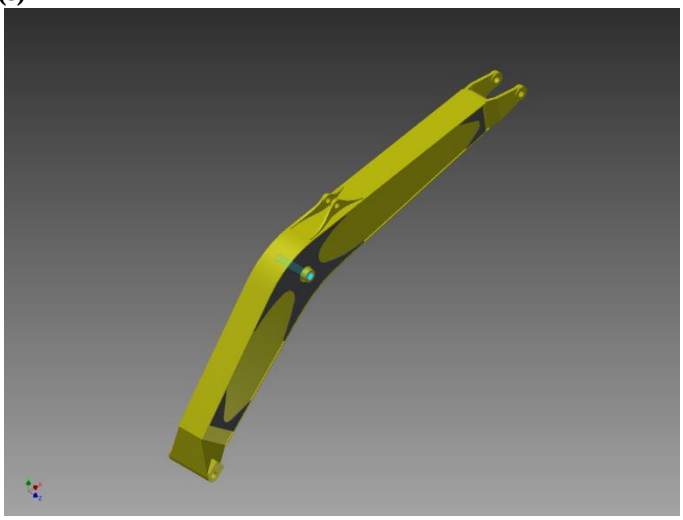


Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin* 1 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ Pin Constraint:2

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ Selected Face(s)



Gambar 5. Penentuan Lokasi *Pin* 2 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ Results

⊟ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	122858 N	4661,67 N	117,198 N m	59,2496 N m
		122770 N		-101,118 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:2	219231 N	136520 N	89,0771 N m	89,0771 N m
		171536 N		0 N m
		0 N		0 N m

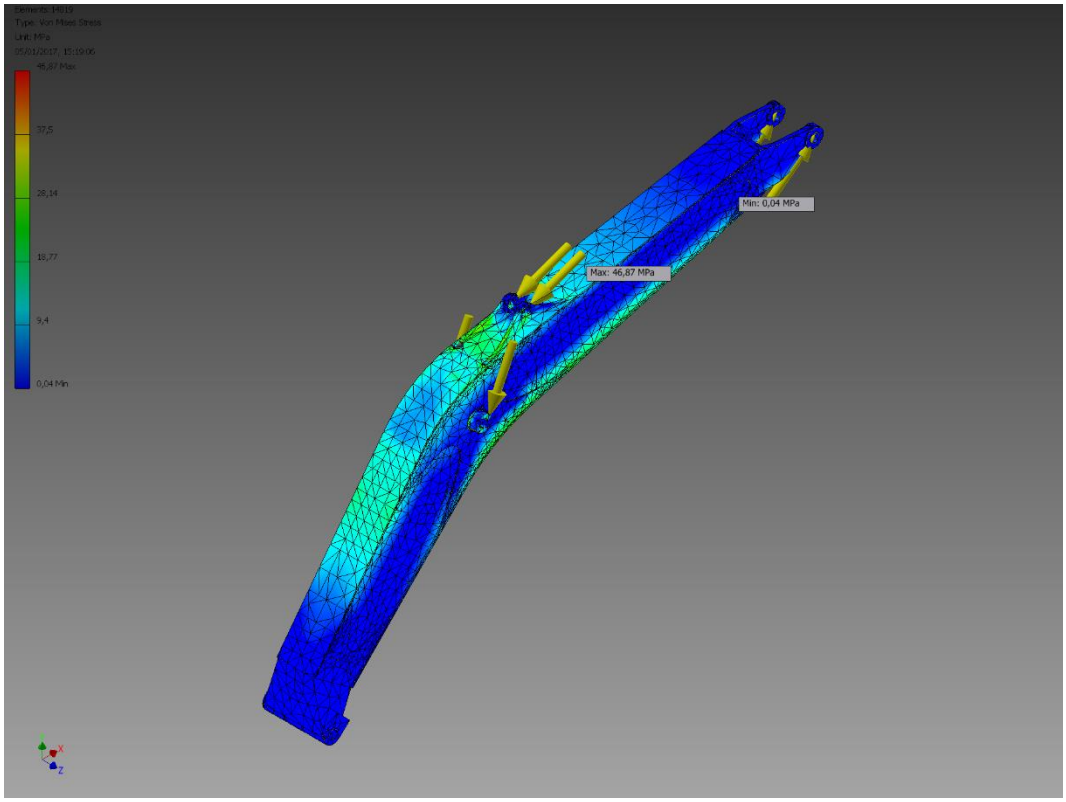
⊟ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	307034000 mm^3	
Mass	2405,12 kg	
Von Mises Stress	0,0379494 MPa	46,8692 MPa
1st Principal Stress	-9,38078 MPa	35,9125 MPa
3rd Principal Stress	-51,4736 MPa	10,559 MPa
Displacement	0,0068001 mm	3,52775 mm
Safety Factor	7,74496	15
Stress XX	-33,9913 MPa	32,1399 MPa

Stress XY	-22,0938 MPa	13,6421 MPa
Stress XZ	-11,8651 MPa	13,8685 MPa
Stress YY	-35,6349 MPa	30,6832 MPa
Stress YZ	-10,6054 MPa	11,4216 MPa
Stress ZZ	-23,1035 MPa	22,4808 MPa
X Displacement	-0,851882 mm	0,146851 mm
Y Displacement	-0,136001 mm	3,45855 mm
Z Displacement	-0,0560581 mm	0,0542946 mm
Equivalent Strain	0,000000167912	0,000210433
1st Principal Strain	-0,00000482584	0,00017392
3rd Principal Strain	-0,000242518	0,0000039138
Strain XX	-0,000141614	0,000147596
Strain XY	-0,000142174	0,0000877869
Strain XZ	-0,0000763516	0,0000892439
Strain YY	-0,00014264	0,000142269
Strain YZ	-0,0000682455	0,0000734977
Strain ZZ	-0,000120064	0,0000867053

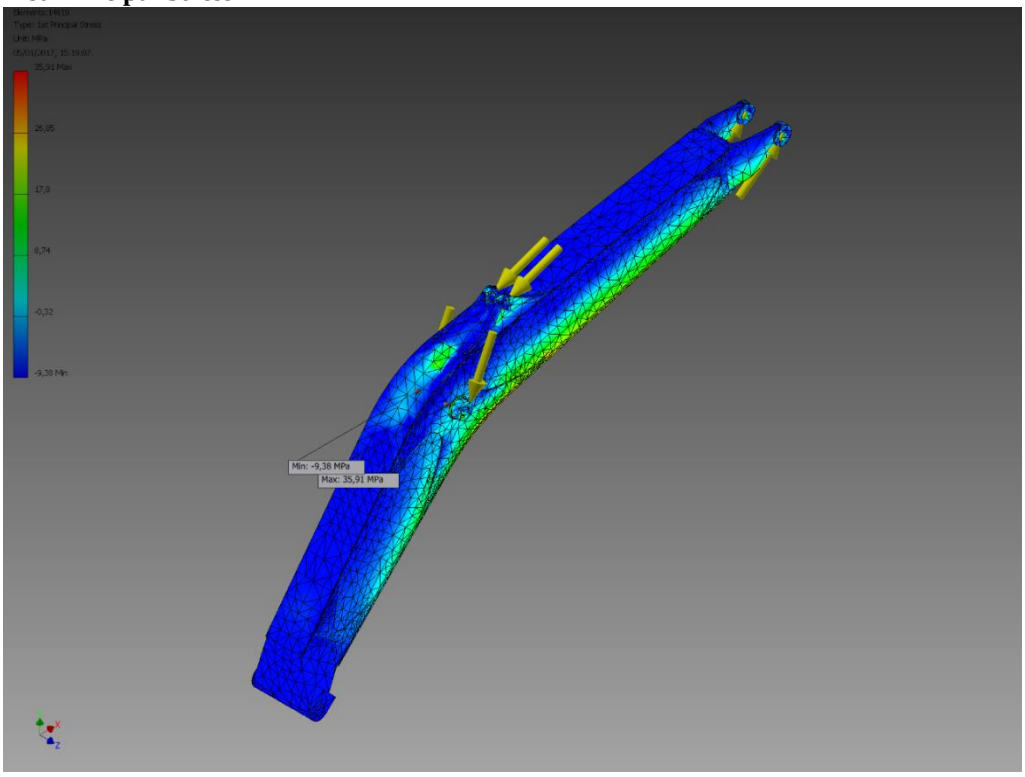
⊟ **Figures**

⊟ **Von Mises Stress**



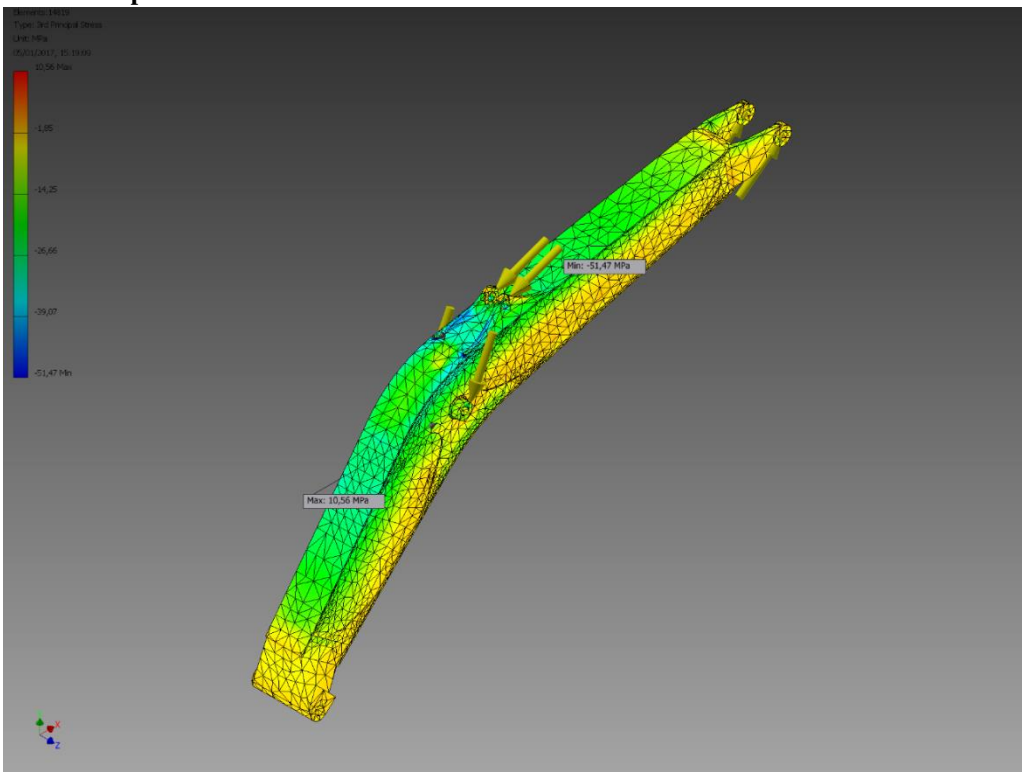
Gambar 6. *Von Mises Stress* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. PQR

⊟ **1st Principal Stress**



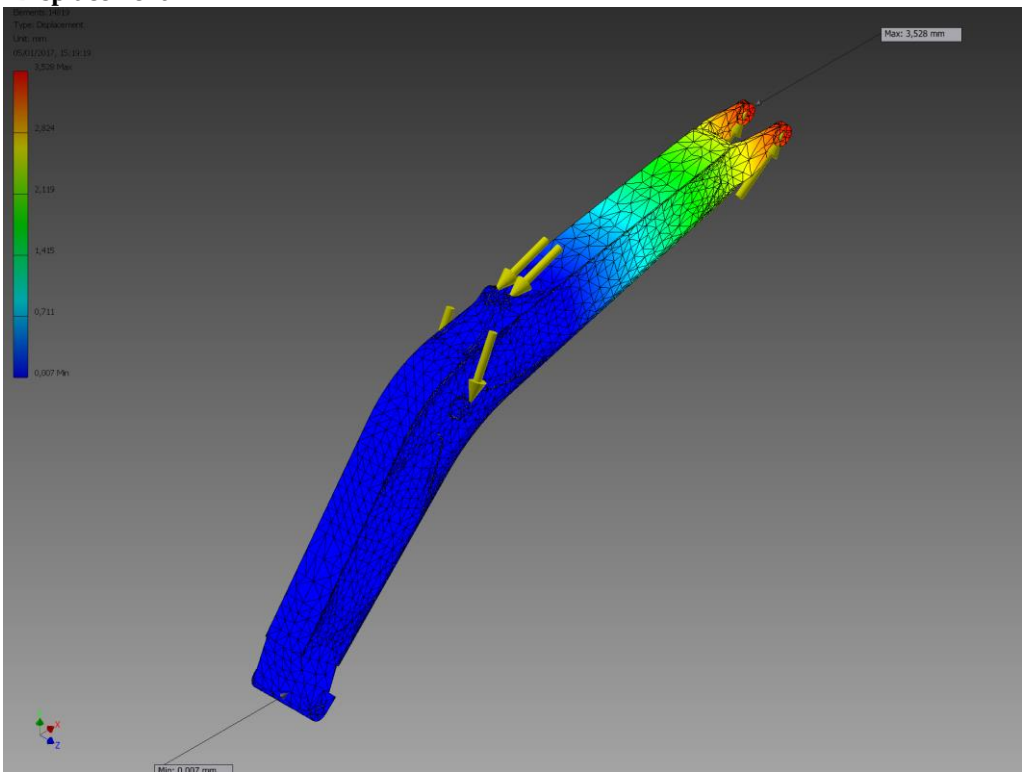
Gambar 7. ***1st Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. PQR**

⊟ **3rd Principal Stress**



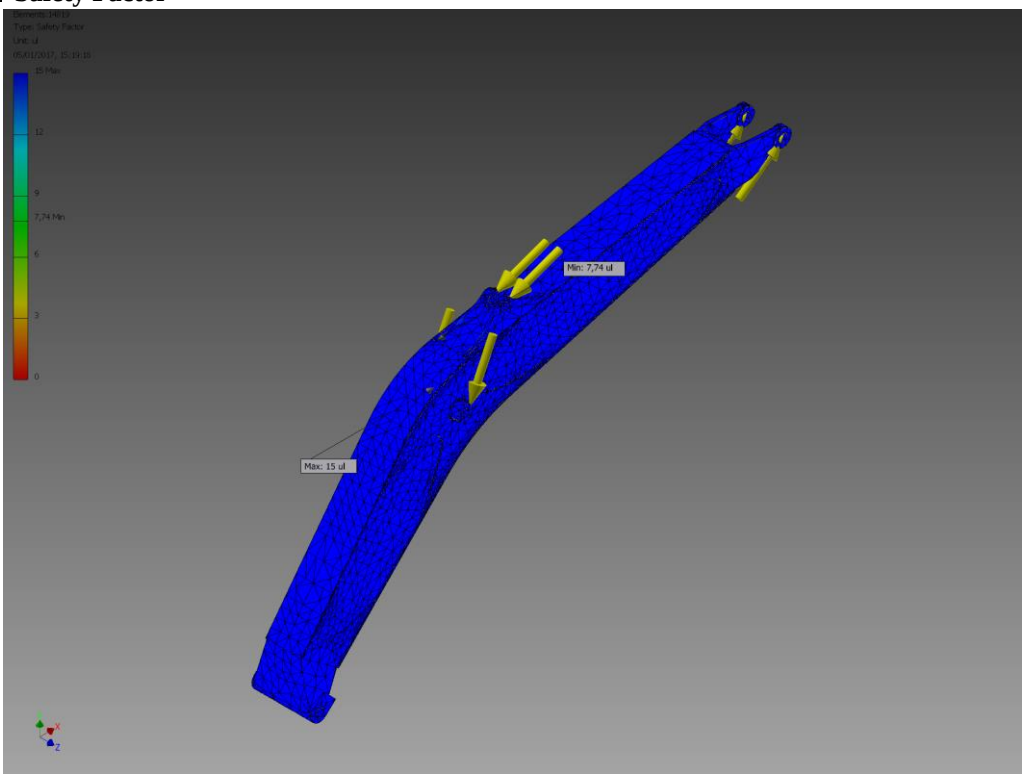
Gambar 8. ***3rd Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. PQR**

⊟ **Displacement**



Gambar 9. ***Displacement*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. PQR**

⊟ **Safety Factor**



Gambar 10. ***Safety Factor*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. PQR**

***Stress Analysis Report Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ**

Analyzed File:	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ.ipt
Autodesk Inventor Version:	2015 (Build 190159000, 159)
Creation Date:	1/6/2017, 6:00 AM
Simulation Author:	Aditya Anggun Wijaya
Summary:	

⊟ Project Info (iProperties)

⊟ Summary

Author	Aditya Anggun Wijaya

⊟ Project

Part Number	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ
Designer	Aditya Anggun Wijaya
Cost	$0.00
Date Created	1/5/2017

⊟ Status

Design Status	WorkInProgress

⊟ Physical

Material	JIS SM 50 YA
Density	7.83341 g/cm^3
Mass	2353.03 kg
Area	23206100 mm^2
Volume	300384000 mm^3
Center of Gravity	x=1769.62 mm y=1482.42 mm z=0.00000214139 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

⊟ Simulation:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	1/6/2017, 6:00 AM
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

⊟ Material(s)

Name	JIS SM 50 YA	
General	Mass Density	7.83341 g/cm^3
	Yield Strength	363 MPa
	Ultimate Tensile Strength	490 MPa
Stress	Young's Modulus	200 GPa
	Poisson's Ratio	0.287 ul
	Shear Modulus	77.7001 GPa
Part Name(s)	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ	

⊟ Operating conditions

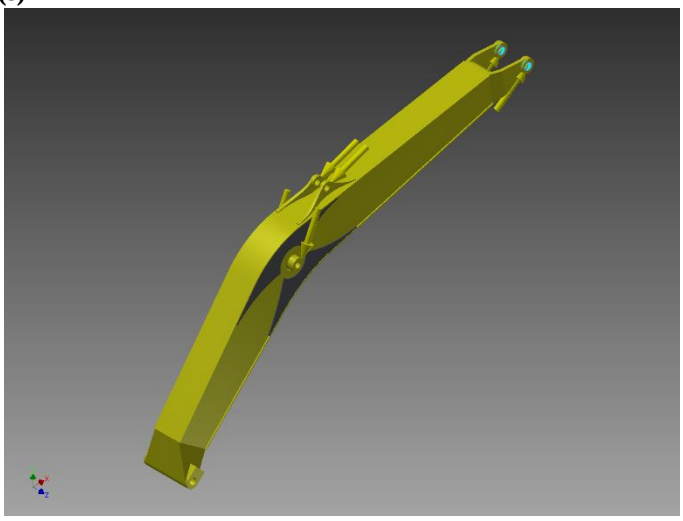
⊟ Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810.000 mm/s^2
Vector X	0.000 mm/s^2
Vector Y	-9810.000 mm/s^2
Vector Z	0.000 mm/s^2

⊟ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	111687.001 N
Vector X	89138.515 N
Vector Y	67292.728 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

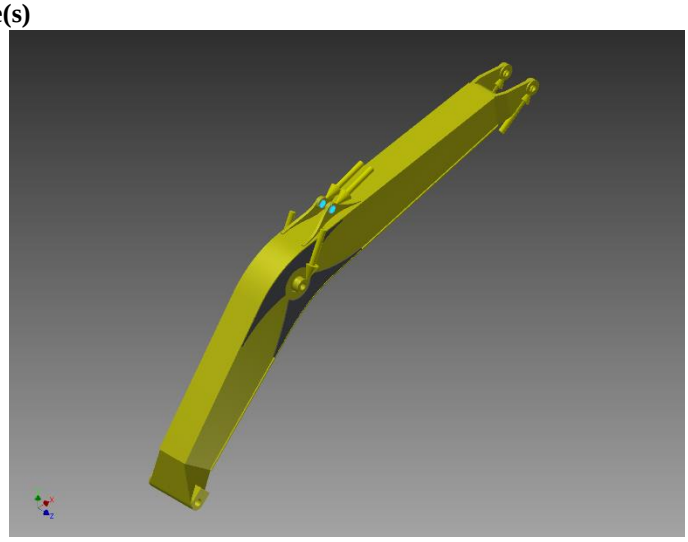


Gambar 1. Pemberian Beban (*Force* 1) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ **Force:2**

Load Type	Force
Magnitude	94165.000 N
Vector X	-88367.520 N
Vector Y	-32530.425 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

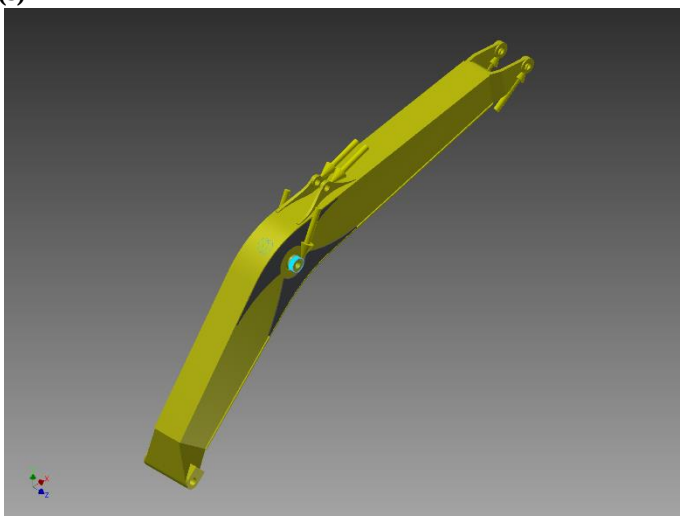


Gambar 2. Pemberian Beban (*Force* 2) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ **Force:3**

Load Type	Force
Magnitude	336842.440 N
Vector X	-141929.373 N
Vector Y	-305481.395 N
Vector Z	0.000 N

⊟ **Selected Face(s)**

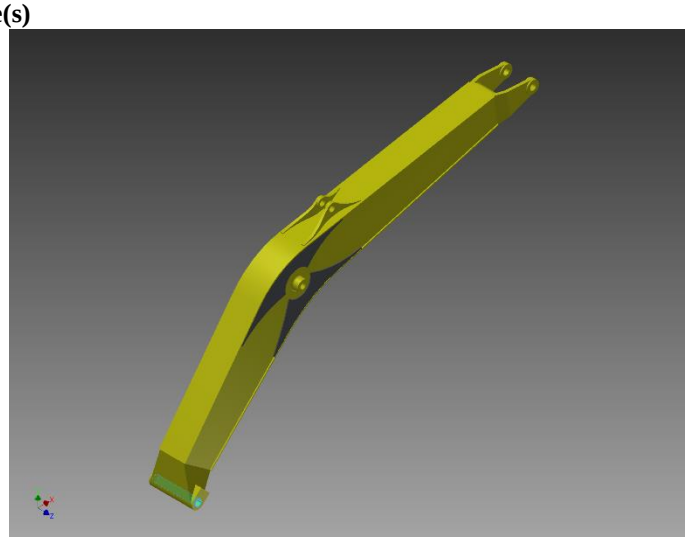


Gambar 3. Pemberian Beban (*Force* 3) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ **Pin Constraint:1**

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ **Selected Face(s)**

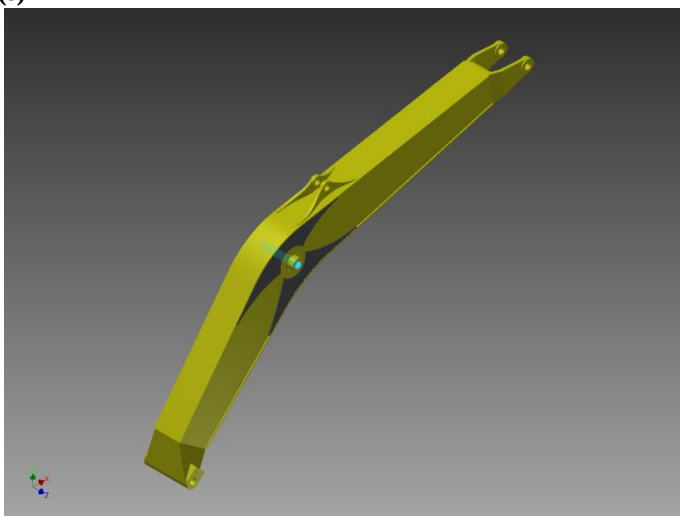


Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin* 1 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ Pin Constraint:2

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

⊟ Selected Face(s)



Gambar 5. Penentuan Lokasi *Pin* 2 pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ Results

⊟ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	118634 N	1131.27 N	108.509 N m	-26.9208 N m
		118628 N		105.116 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:2	224242 N	140065 N	69.1065 N m	-69.1065 N m
		175118 N		0 N m
		0 N		0 N m

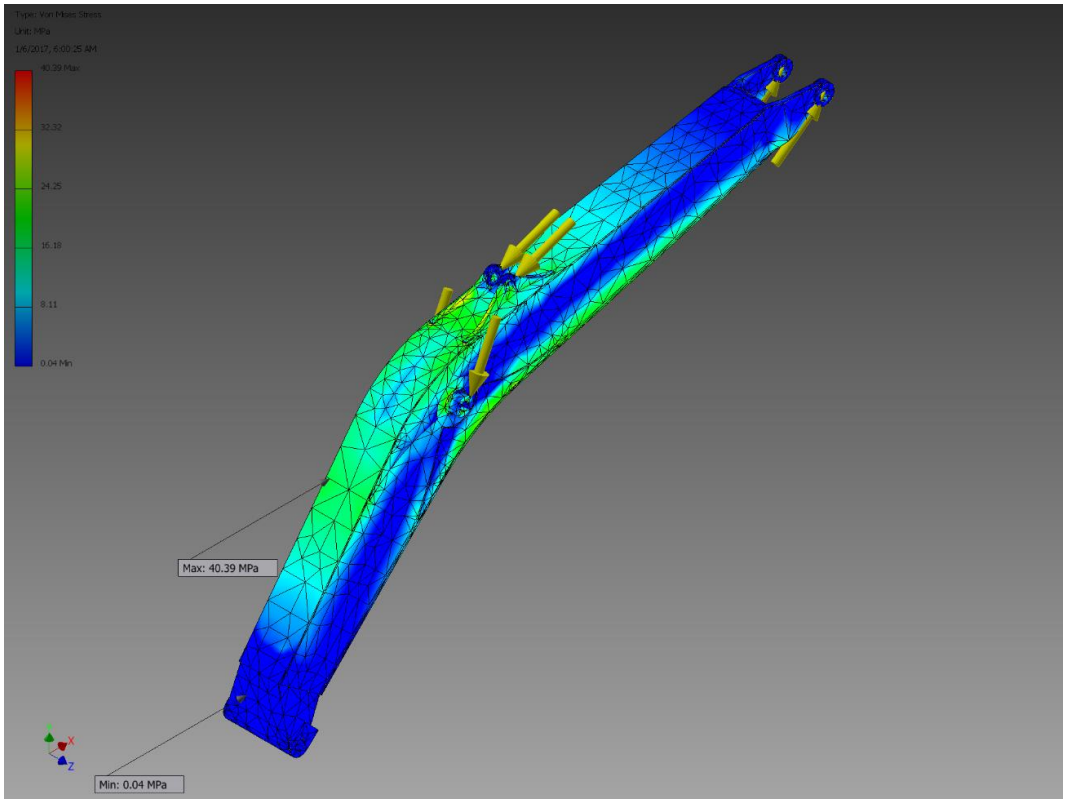
⊟ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	300384000 mm^3	
Mass	2353.03 kg	
Von Mises Stress	0.050732 MPa	42.5292 MPa
1st Principal Stress	-9.73229 MPa	34.9772 MPa
3rd Principal Stress	-42.5733 MPa	14.838 MPa
Displacement	0.0071539 mm	3.56374 mm
Safety Factor	8.98691	15
Stress XX	-33.7646 MPa	33.7631 MPa

Stress XY	-19.9053 MPa	15.5823 MPa
Stress XZ	-15.8302 MPa	21.0393 MPa
Stress YY	-28.2498 MPa	28.8121 MPa
Stress YZ	-11.5622 MPa	15.1615 MPa
Stress ZZ	-17.1731 MPa	15.2515 MPa
X Displacement	-0.862565 mm	0.151751 mm
Y Displacement	-0.138947 mm	3.49455 mm
Z Displacement	-0.0709607 mm	0.0689606 mm
Equivalent Strain	0.00000017632	0.000179368
1st Principal Strain	-0.00000160213	0.000182265
3rd Principal Strain	-0.00020549	0.00000140023
Strain XX	-0.000136379	0.000139627
Strain XY	-0.000128091	0.000100272
Strain XZ	-0.000101868	0.000135388
Strain YY	-0.000131982	0.000133672
Strain YZ	-0.0000744028	0.0000975646
Strain ZZ	-0.0000799122	0.0000655316

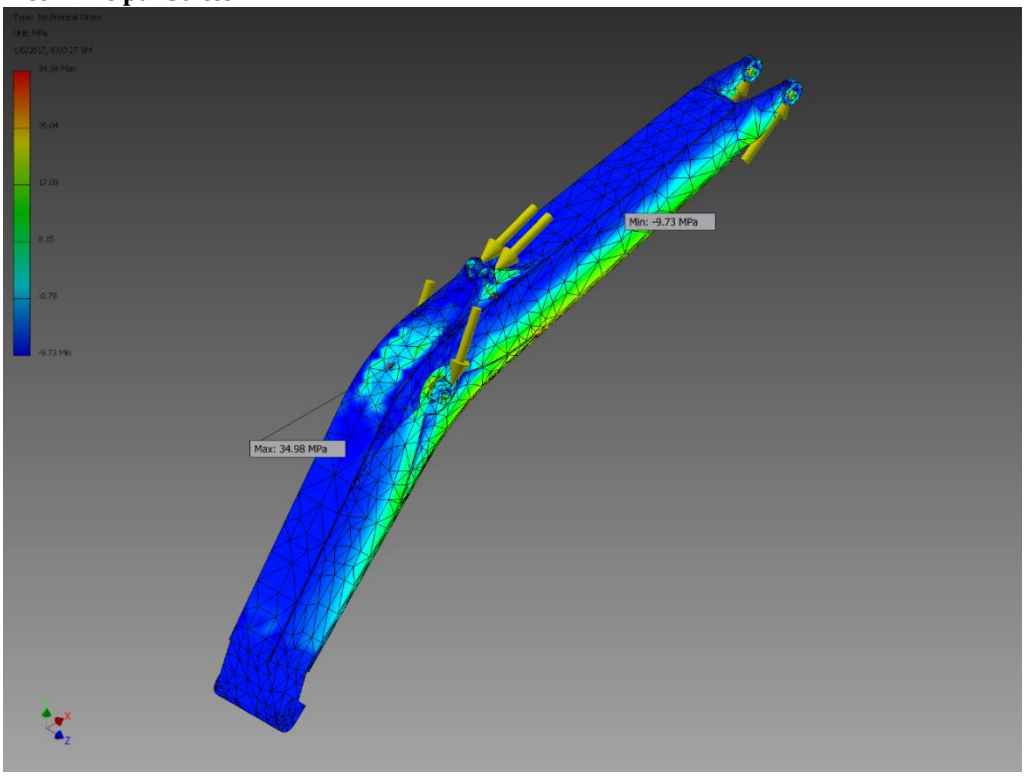
⊟ Figures

⊟ Von Mises Stress



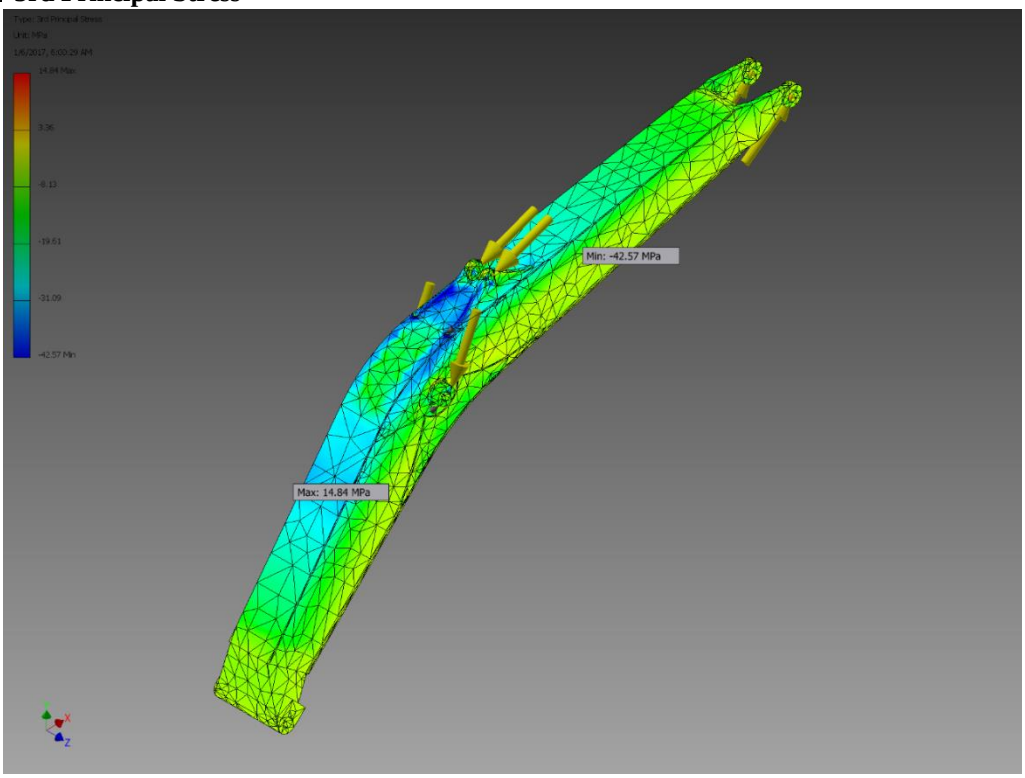
Gambar 6. *Von Mises Stress* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer* PT. XYZ

⊟ **1st Principal Stress**



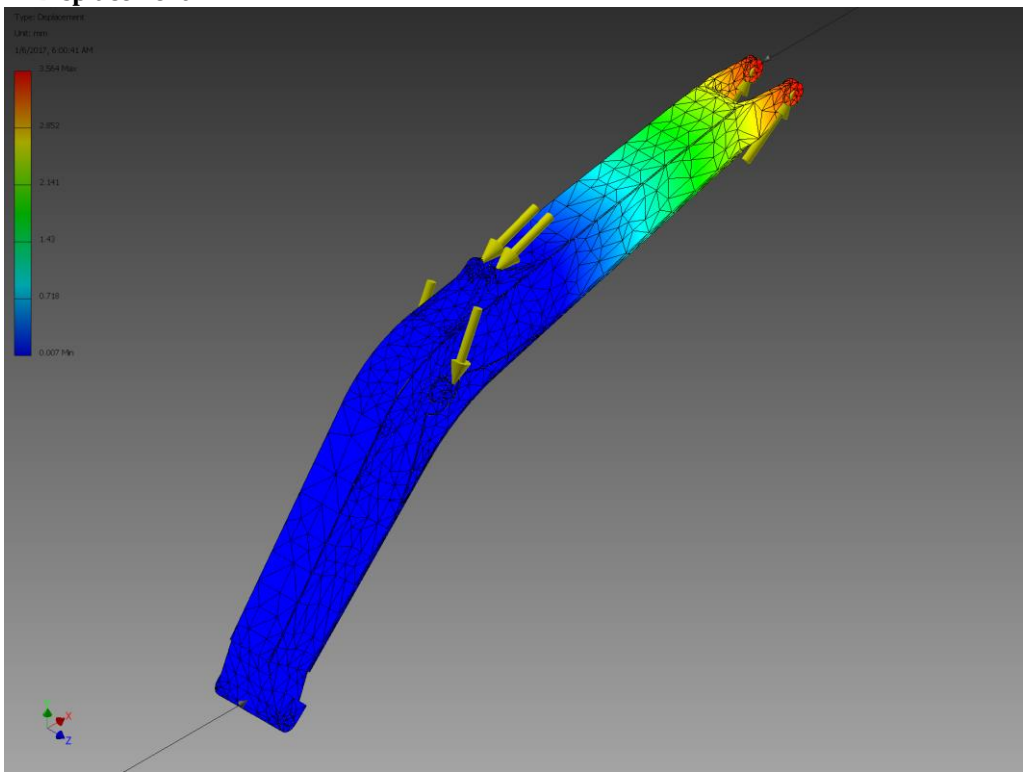
Gambar 7. ***1st Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. XYZ**

⊟ **3rd Principal Stress**



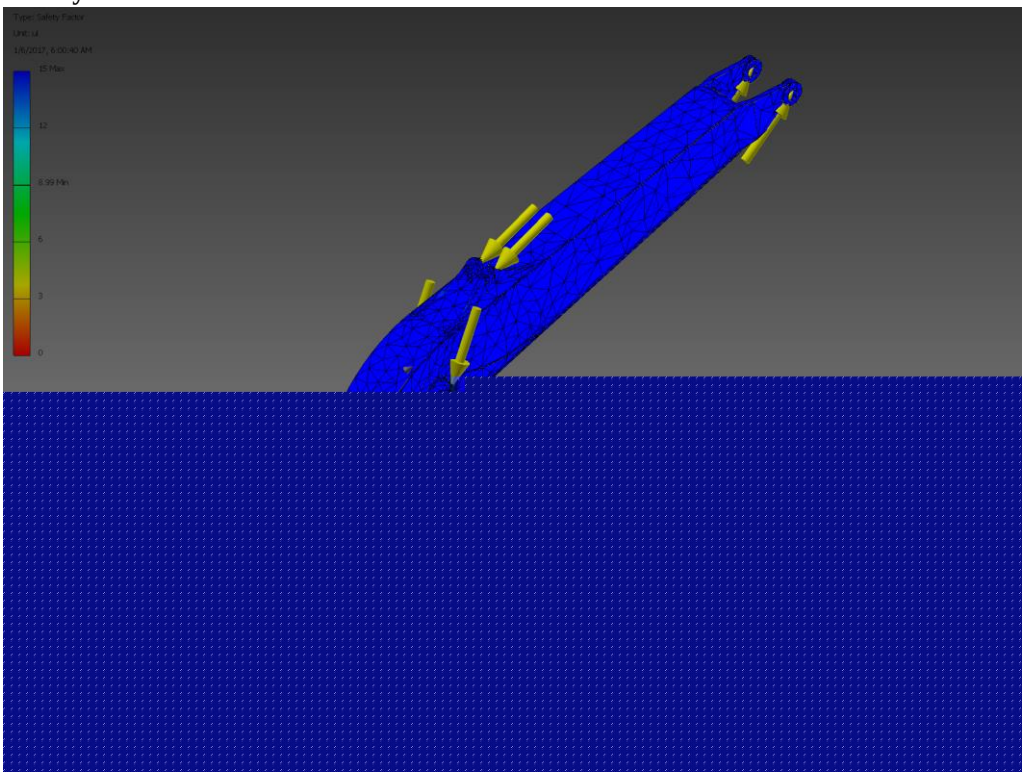
Gambar 8. ***3rd Principal Stress*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. XYZ**

⊟ **Displacement**

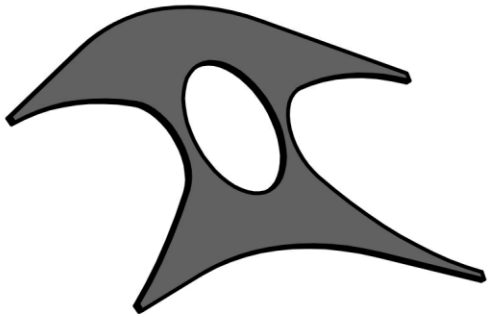


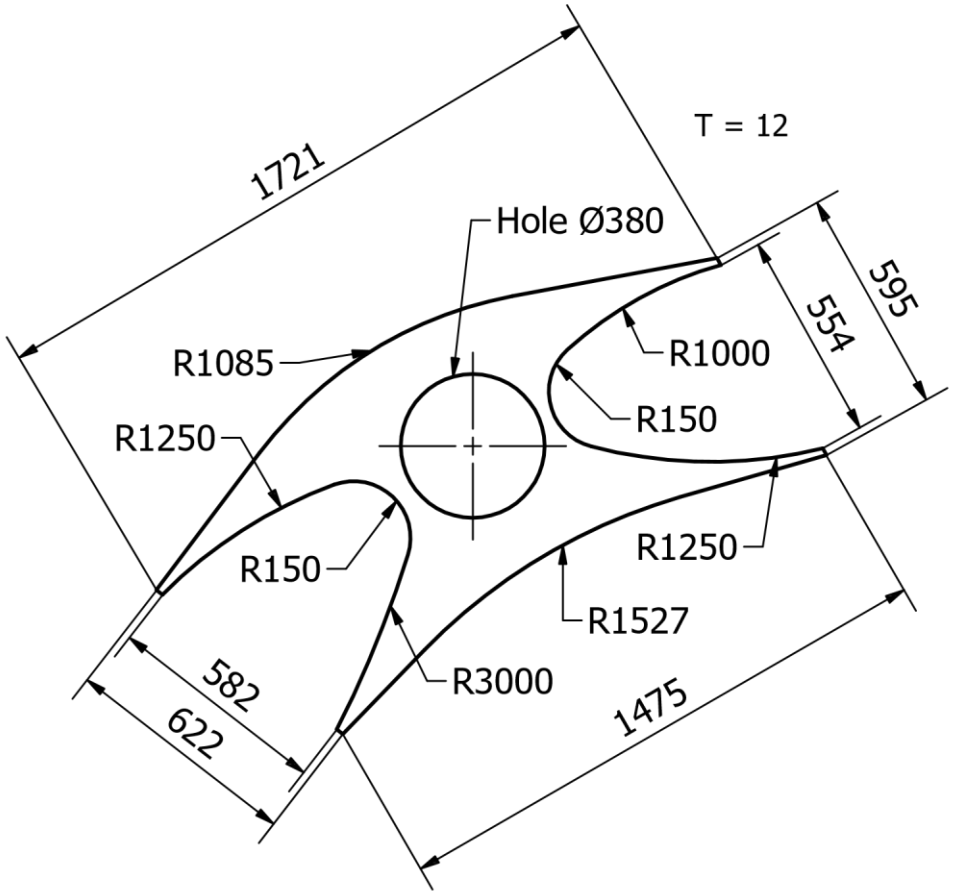
Gambar 9. ***Displacement*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. XYZ**

⊟ **Safety Factor**



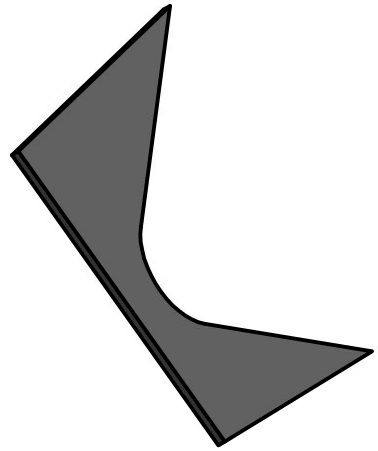
Gambar 10. ***Safety Factor*** **pada** ***Boom Excavator*** **Kelas 20 Ton** ***Reinforcement*** **Versi** ***Engineer*** **PT. XYZ**

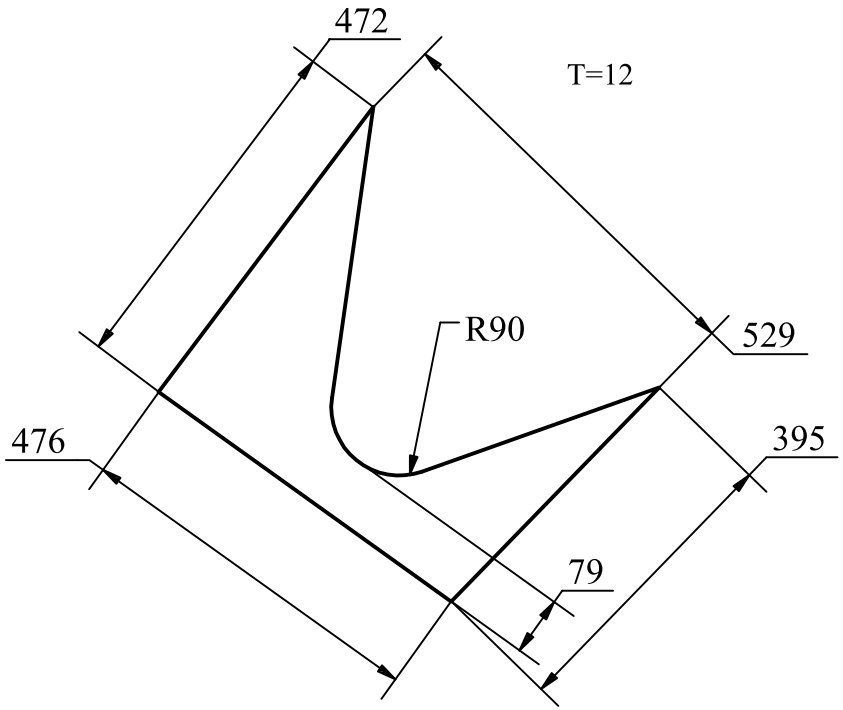




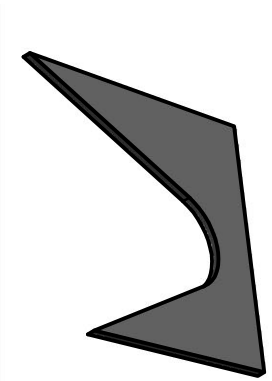
	SKALA : 1 : 20	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	REINFORCEMENT 1 VERSI ENGINEER PT. PQR	MILD STEEL	A4

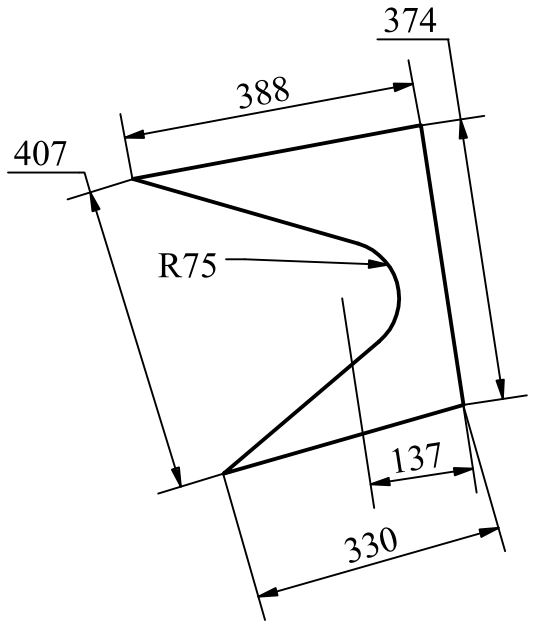
104





SKALA : 1:10	DIGAMBAR : ADITYAANGGUNWIJAYA	KETERANGAN:	105
SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794		
TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS.SIROJUDDIN,M.T.		
UNIVERSITASNEGERIJAKARTA	REINFORCEMENT2VERSIENGINEERPT.PQR	MILDSTEEL	A4

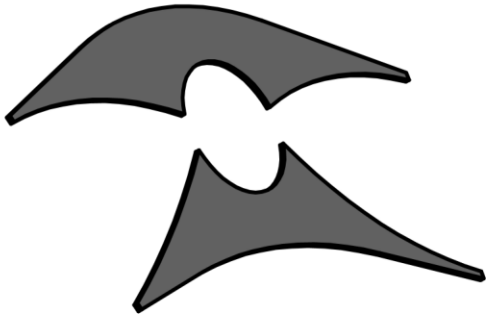


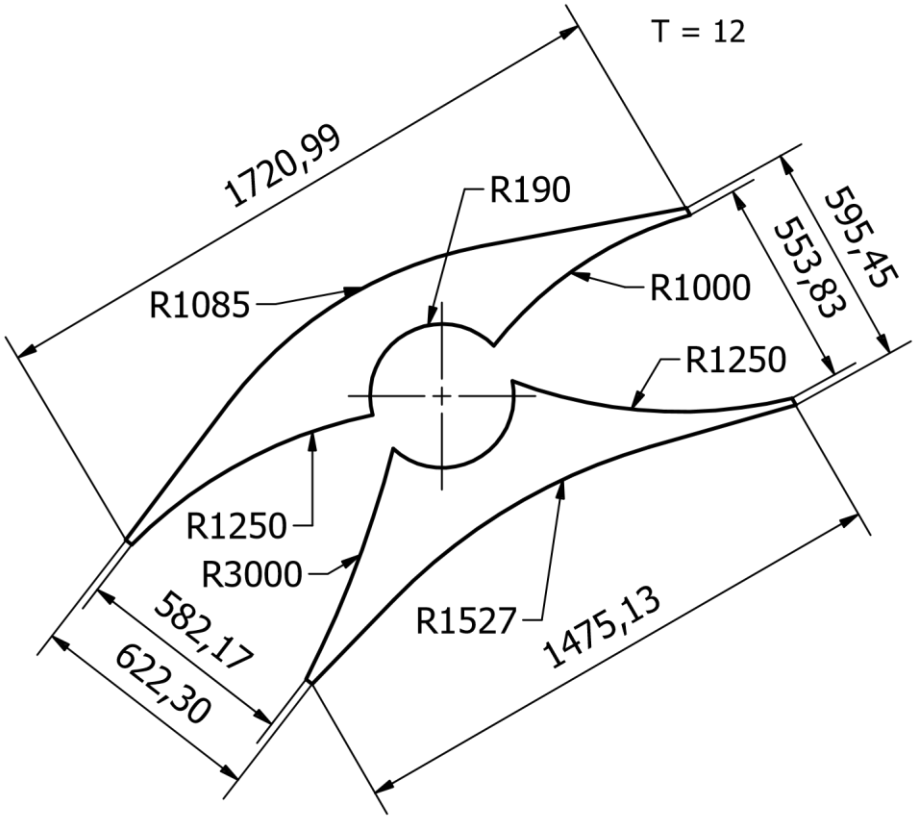


T=12

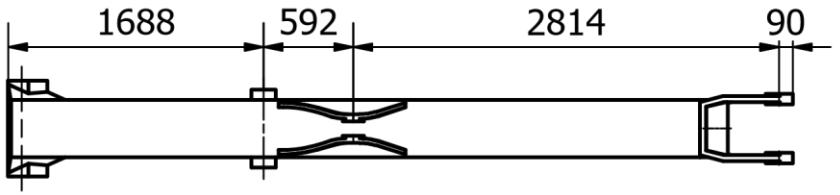
	SKALA : 1:10	DIGAMBAR : ADITYAANGGUNWIJAYA	KETERANGAN:
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS.SIROJUDDIN,M.T.	
UNIVERSITASNEGERIJAKARTA	REINFORCEMENT3VERSIENGINEERPT.PQR	MILDSTEEL	A4

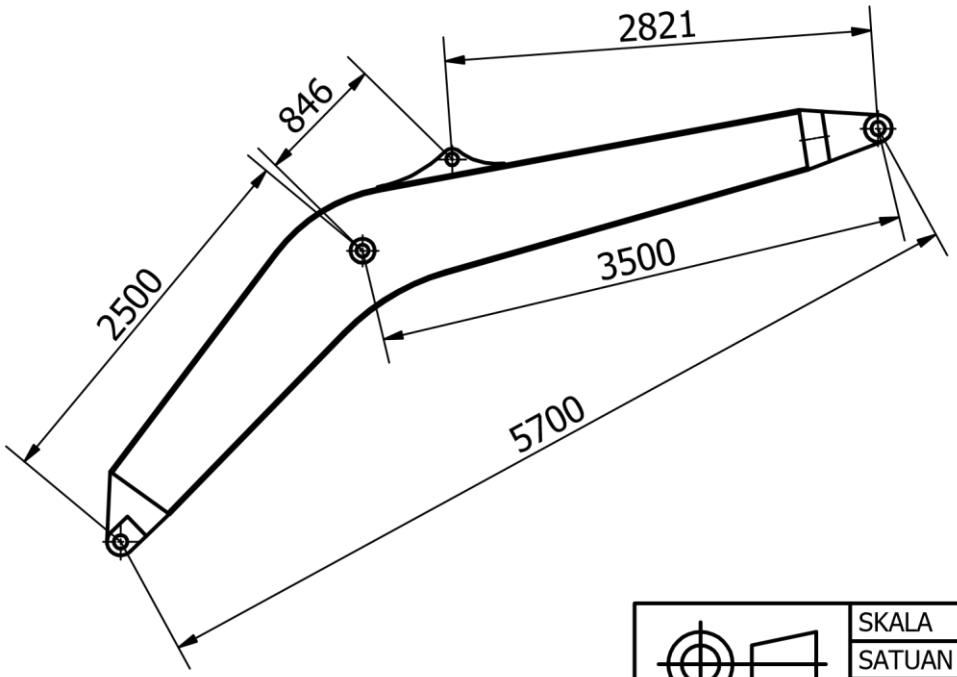
106

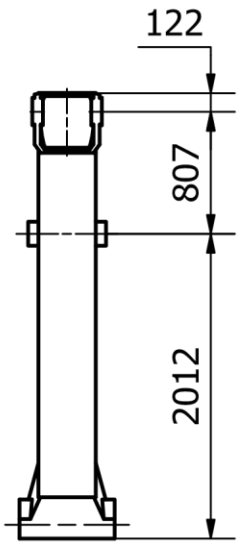


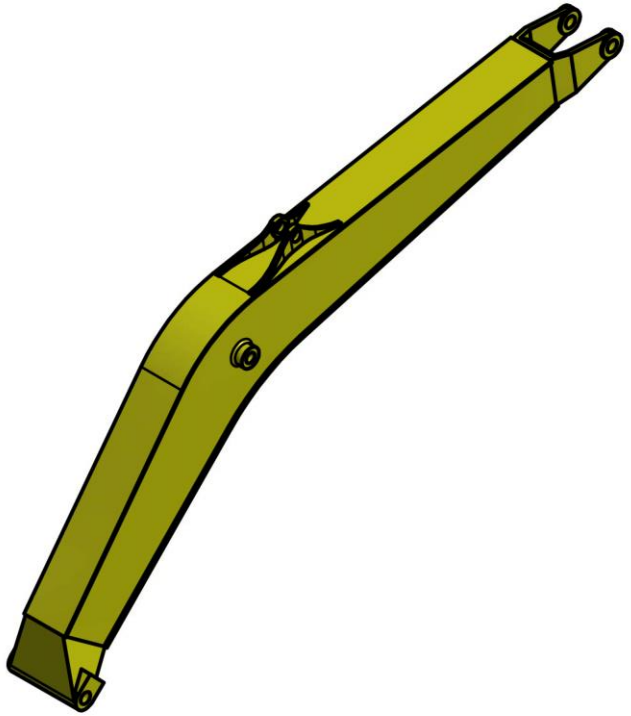


	SKALA : 1 : 20	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ	MILD STEEL	A4

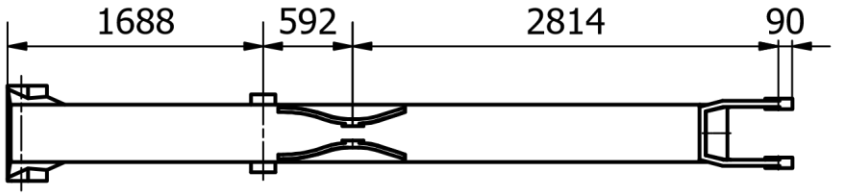


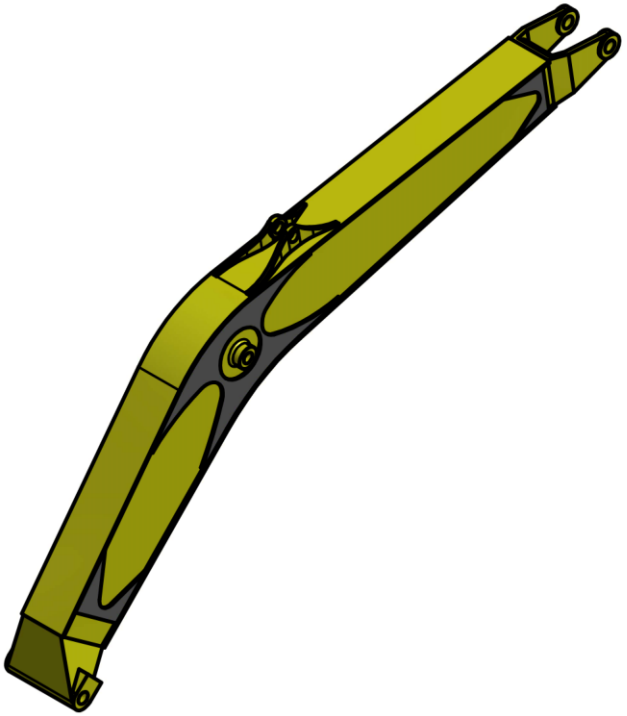


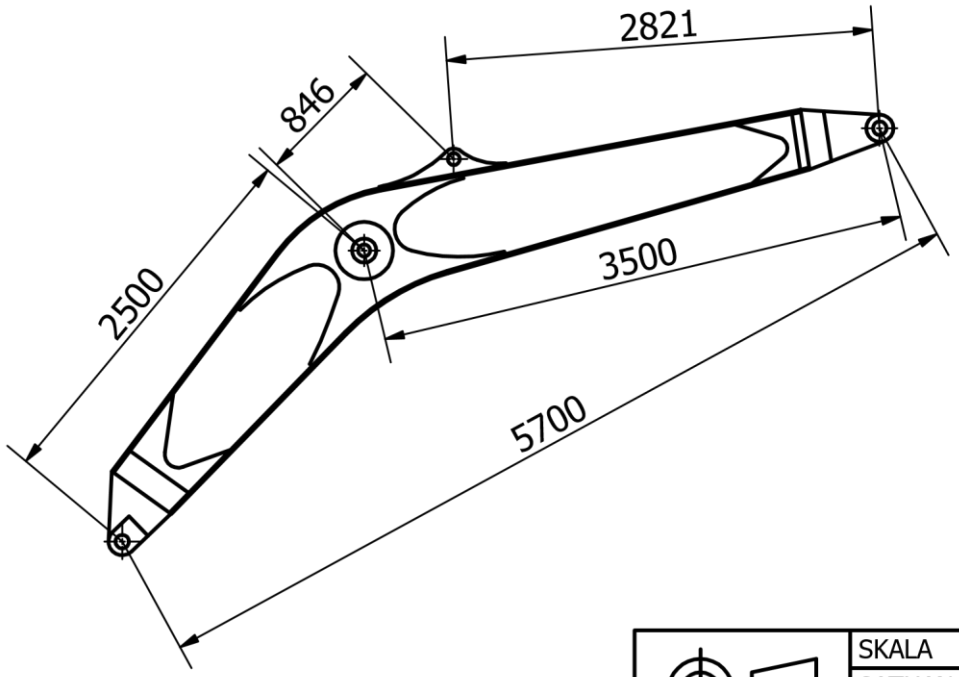


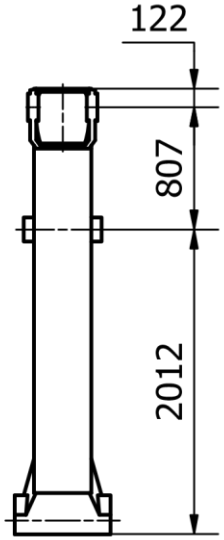


	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	ASSEMBLY BOOM EXCAVATORKELAS 20 TON UNREINFORCEMENT	SKRIPSI	A4

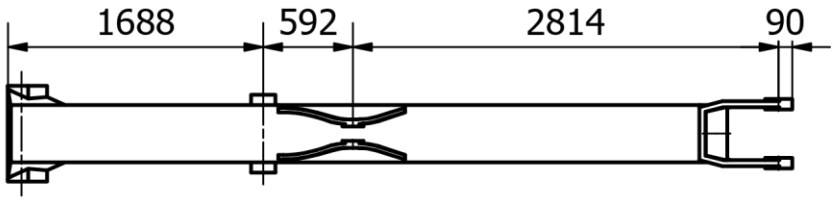


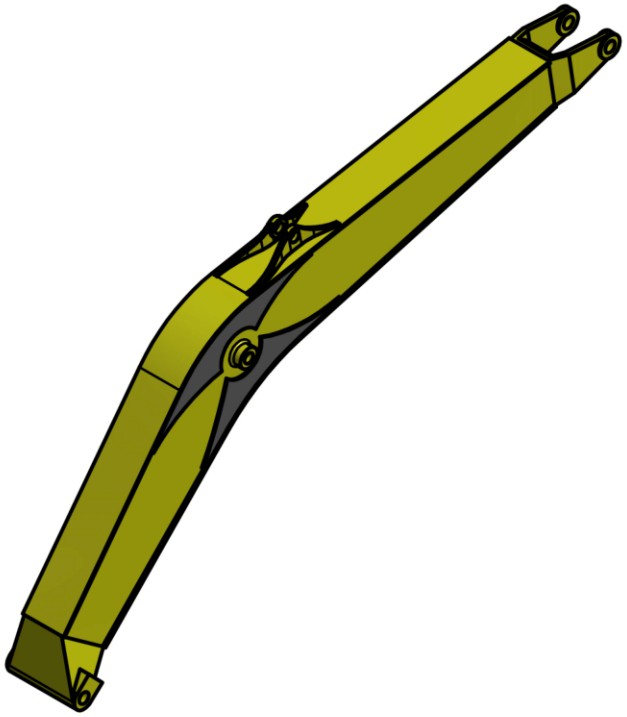


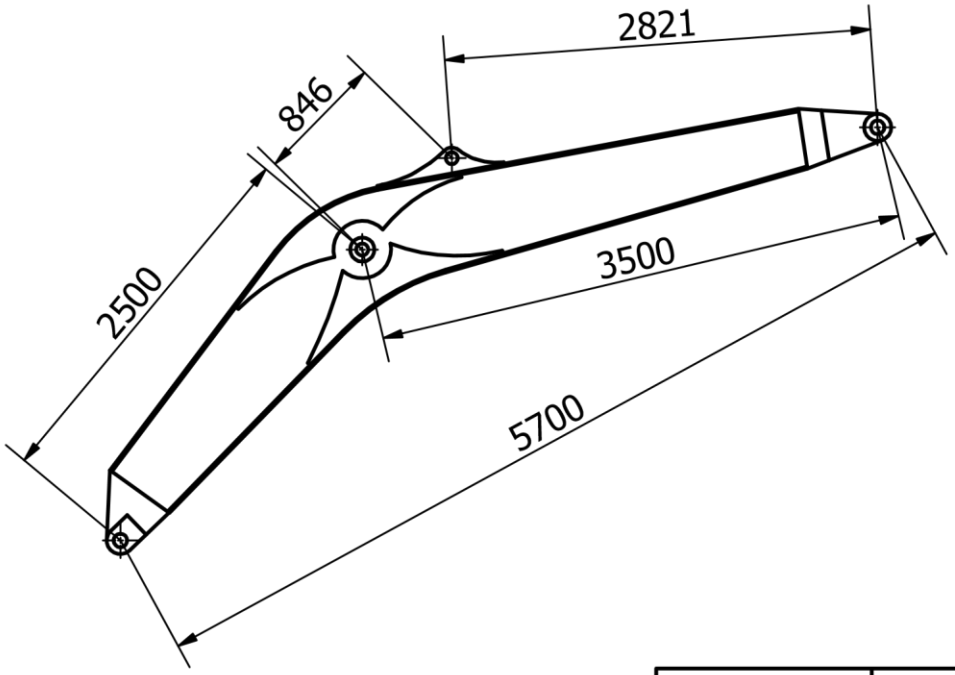


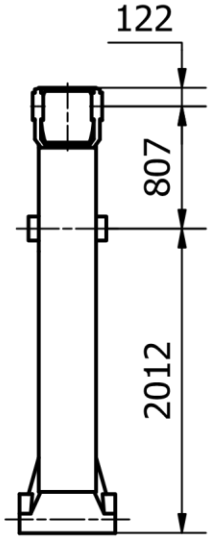


	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	ASSEMBLY BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. PQR	SKRIPSI	A4

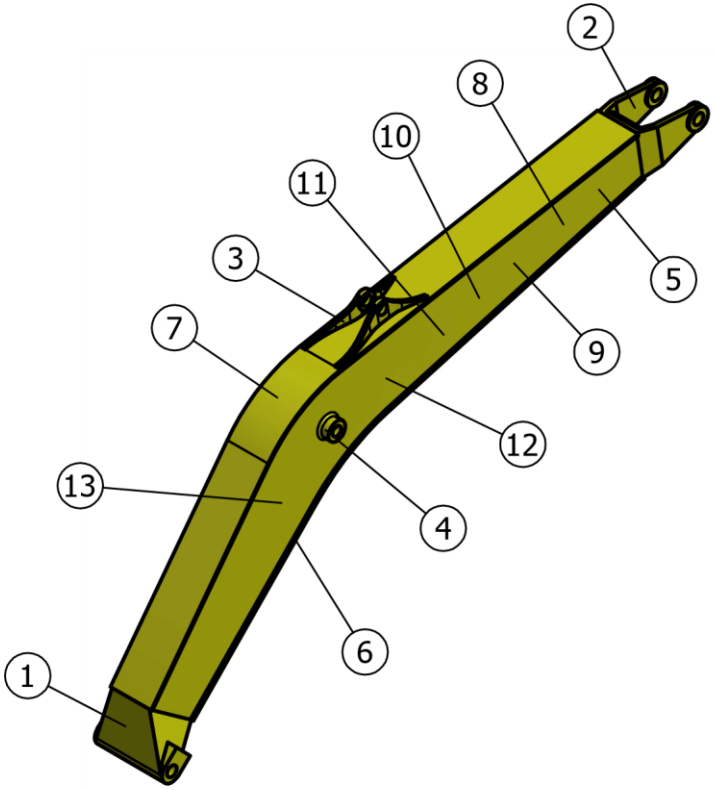


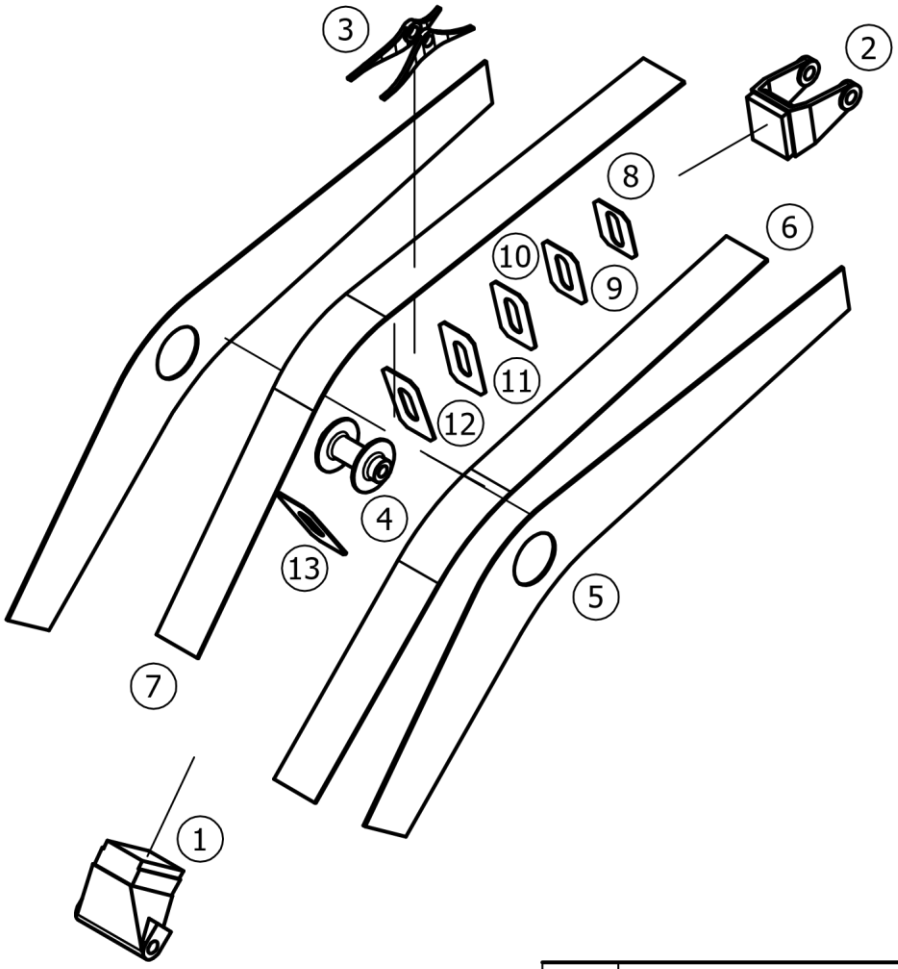






	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	ASSEMBLY BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ	SKRIPSI	A4



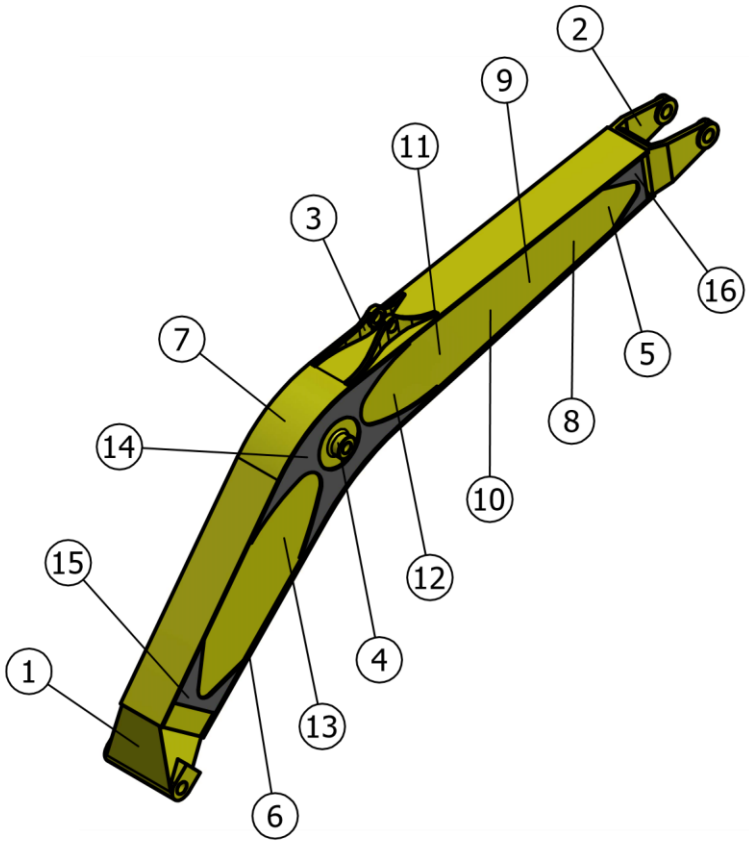


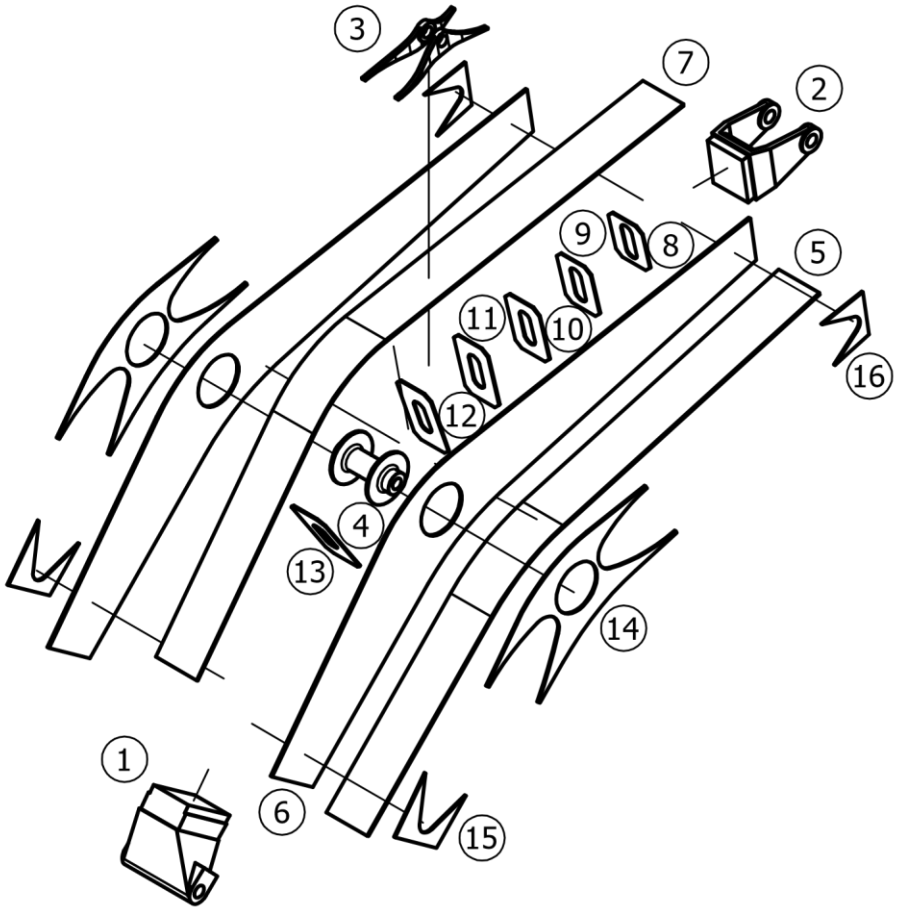
				13	PART 13	1	JIS SM 50 YA
6	PART 6	1	JIS SM 50 YA	12	PART 12	1	JIS SM 50 YA
5	PART 5	2	JIS SM 50 YA	11	PART 11	1	JIS SM 50 YA
4	PART 4	1	JIS G 5101	10	PART 10	1	JIS SM 50 YA
3	PART 3	1	JIS G 5101	9	PART 9	1	JIS SM 50 YA
2	PART 2	1	JIS G 5101	8	PART 8	1	JIS SM 50 YA
1	PART 1	1	JIS G 5101	7	PART 7	1	JIS SM 50 YA

	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT	SKRIPSI	A4

111



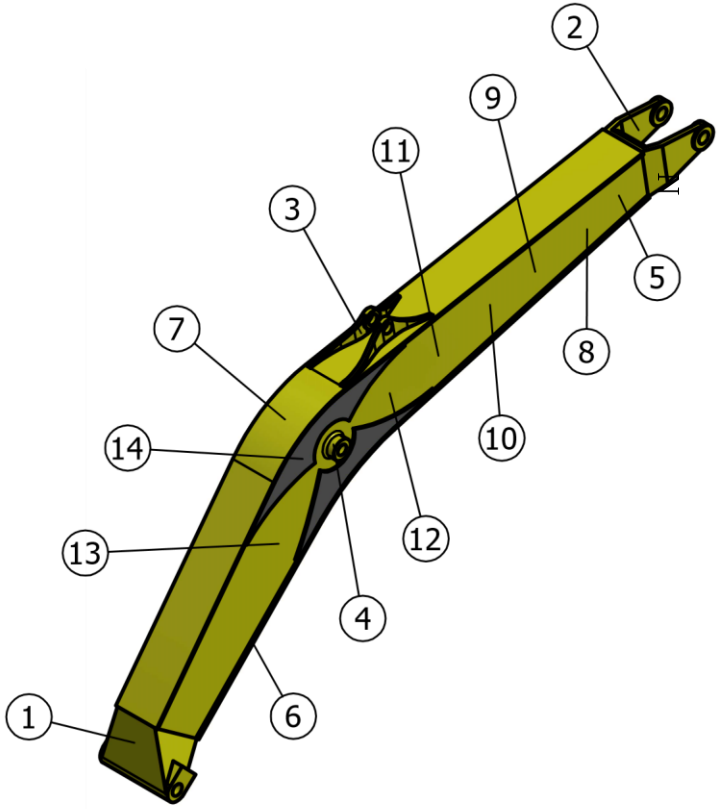


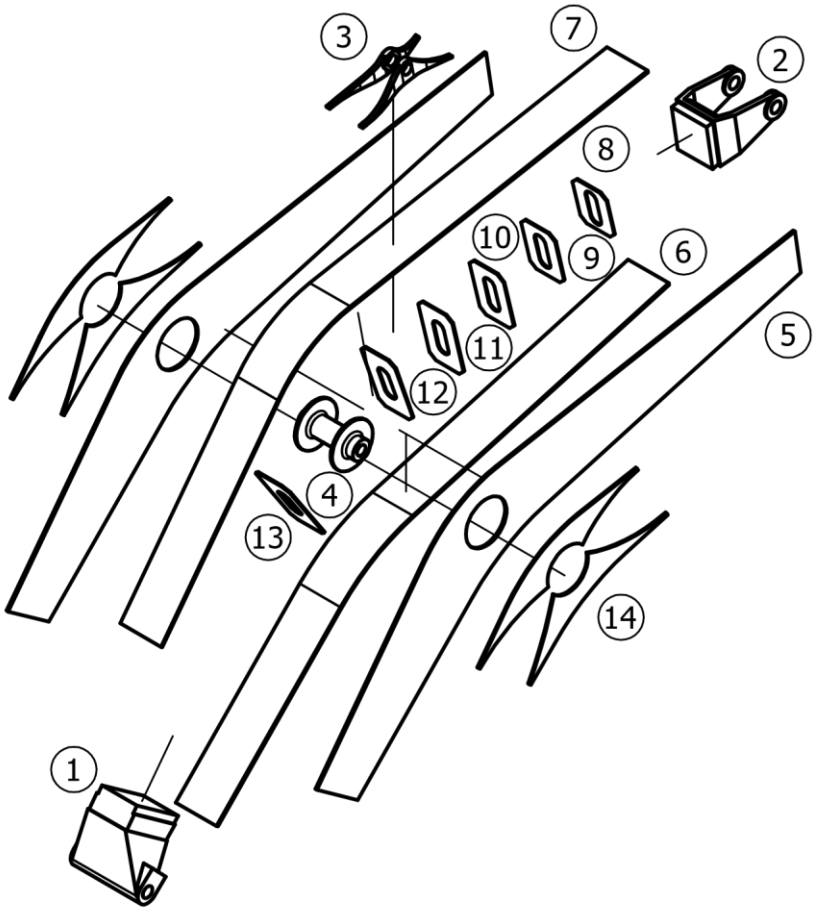
8	PART 8	1	JIS SM 50 YA	16	REINFORCEMENT 3 PT. PQR	2	MILD STEEL
7	PART 7	1	JIS SM 50 YA	15	REINFORCEMENT 2 PT. PQR	2	MILD STEEL
6	PART 6	1	JIS SM 50 YA	14	REINFORCEMENT 1 PT. PQR	2	MILD STEEL
5	PART 5	2	JIS SM 50 YA	13	PART 13	1	JIS SM 50 YA
4	PART 4	1	JIS G 5101	12	PART 12	1	JIS SM 50 YA
3	PART 3	1	JIS G 5101	11	PART 11	1	JIS SM 50 YA
2	PART 2	1	JIS G 5101	10	PART 10	1	JIS SM 50 YA
1	PART 1	1	JIS G 5101	9	PART 9	1	JIS SM 50 YA

	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. PQR	SKRIPSI	A4

112





7	PART 7	1	JIS SM 50 YA	14	REINFORCEMENT PT. XYZ	2	MILD STEEL
6	PART 6	1	JIS SM 50 YA	13	PART 13	1	JIS SM 50 YA
5	PART 5	2	JIS SM 50 YA	12	PART 12	1	JIS SM 50 YA
4	PART 4	1	JIS G 5101	11	PART 11	1	JIS SM 50 YA
3	PART 3	1	JIS G 5101	10	PART 10	1	JIS SM 50 YA
2	PART 2	1	JIS G 5101	9	PART 9	1	JIS SM 50 YA
1	PART 1	1	JIS G 5101	8	PART 8	1	JIS SM 50 YA

	SKALA : 1 : 50	DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA	KETERANGAN :
	SATUAN : MM	NO.REG : 5315122794	
	TANGGAL : 09-01-2017	DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.	

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA	BOOM EXCAVATORKELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ	SKRIPSI	A4

RIWAYAT HIDUP

Aditya Anggun Wijaya lahir di DKI Jakarta, pada tanggal 22 Mei 1994. Putra sulung dari 2 bersaudara pasangan Bapak Ari Nugroho dan Ibu Sri Hartini. Bertempat tinggal di Jl. Sepakat I No.34, Kp. Pondok Benda RT. 05/01, Kel. Jatirasa, Kec. Jatiasih, Kota Bekasi 1742.

Menempuh pendidikan di SD Negeri Jatiasih V Kota Bekasi, SMP Negeri 9 Kota Bekasi, SMA Negeri 3 Kota Bekasi, dan Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT).

Pengalaman Praktik Kerja Lapangan yang pernah dilaksanakan di PT. United Tractors Tbk Cabang Jakarta tahun 2015 dan 2016 bagian Workshop. Melaksanakan PKM di SMKN 39 Jakarta tahun 2015, dan pernah menjadi peserta Kuliah Kerja Nyata Universitas Negeri Jakarta di wilayah Kecamatan Cinangka, Kabupaten Serang, Provinsi Banten pada tahun 2016.

Selama menempuh pendidikan tinggi penulis aktif dalam organisasi diantaranya, Staff Pendidikan dan Teknologi BEMJ Teknik Mesin UNJ periode 2013/2014, Staff Qur'an Center FSI Al-Biruni periode 2013/2014, Ketua BEMJ Teknik Mesin UNJ periode 2014/2015, Staff Kajian dan Strategi PK KAMMI UNJ periode 2014/2015, Staff Supervisi BEM FT UNJ periode 2015/2016, Ka.Dept. Kajian dan Strategi PK KAMMI UNJ 2015/2016, Staff Pengembangan Komisariat PD KAMMI Jakarta Timur periode 2016/2017.

Selain keorganisasian, penulis juga pernah menjadi peserta Training Autodesk Inventor 2014 level essential tahun 2015, menjadi panitia Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan (SNMTK) tahun 2013, 2014, 2016, dan menjadi panitia Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia (KONASPI) VIII tahun 2016.