

Stress Analysis Assembly Bagian 1



Analyzed File:	Assembly Bagian 1.iam
Autodesk Inventor Version:	2015 (Build 190159000, 159)
Creation Date:	21/12/2019, 17:14
Simulation Author:	acer
Summary:	

☐ Project Info (iProperties)

☐ Summary

Author	acer
--------	------

☐ Project

Part Number	Assembly Bagian 1.iam
Designer	acer
Cost	Rp0
Date Created	21/12/2019

☐ Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

☐ Physical

Mass	3,67544 kg
Area	198588 mm ²
Volume	472441 mm ³
Center of Gravity	x=291,489 mm y=313,862 mm z=66,9304 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	21/12/2019, 17:09
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	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	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

Material(s)

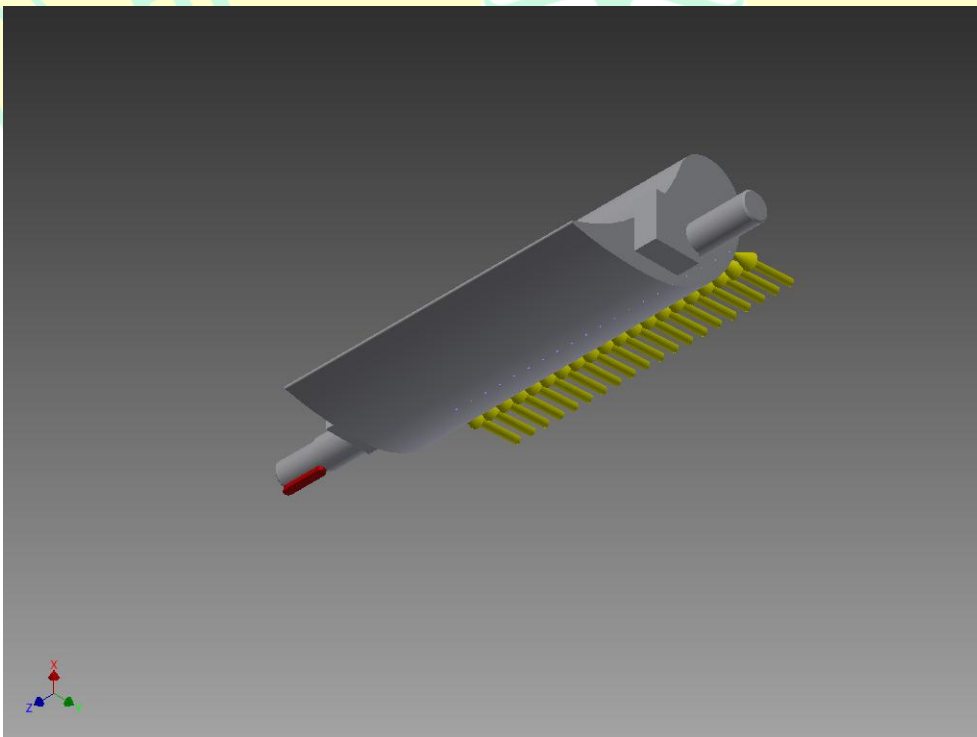
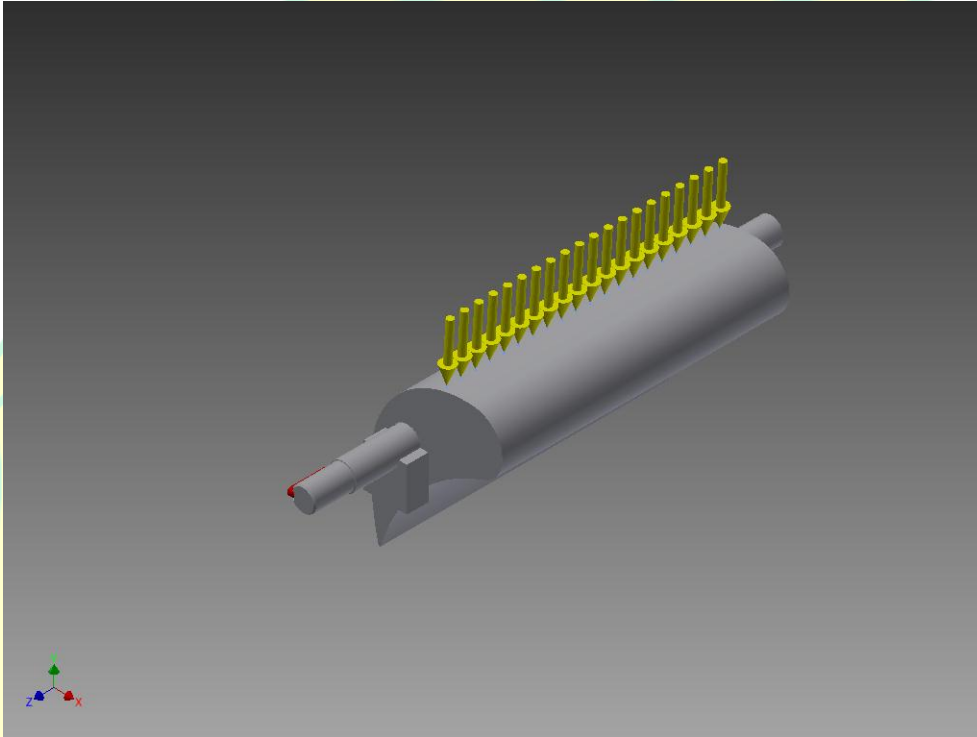
Name	S35C	
General	Mass Density	7,7 g/cm ³
	Yield Strength	304 MPa
	Ultimate Tensile Strength	510 MPa
Stress	Young's Modulus	190 GPa
	Poisson's Ratio	0,27 ul
	Shear Modulus	74,8031 GPa
Part Name(s)	Pin-key	
Name	S45C	
General	Mass Density	7,7 g/cm ³
	Yield Strength	343 MPa
	Ultimate Tensile Strength	569 MPa
Stress	Young's Modulus	190 GPa
	Poisson's Ratio	0,27 ul
	Shear Modulus	74,8031 GPa
Part Name(s)	Poros Gate Vane Dia 17mm	
Name	SS400	
General	Mass Density	7,8 g/cm ³
	Yield Strength	400 MPa
	Ultimate Tensile Strength	530 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	78,8462 GPa
Part Name(s)	Bushing 1 Bushing 1 Guide vane - New Sirip Link Rev 1 -D17mm	

Operating conditions

☐ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	66.600 N
Vector X	-4.140 N
Vector Y	-66.471 N
Vector Z	0.000 N

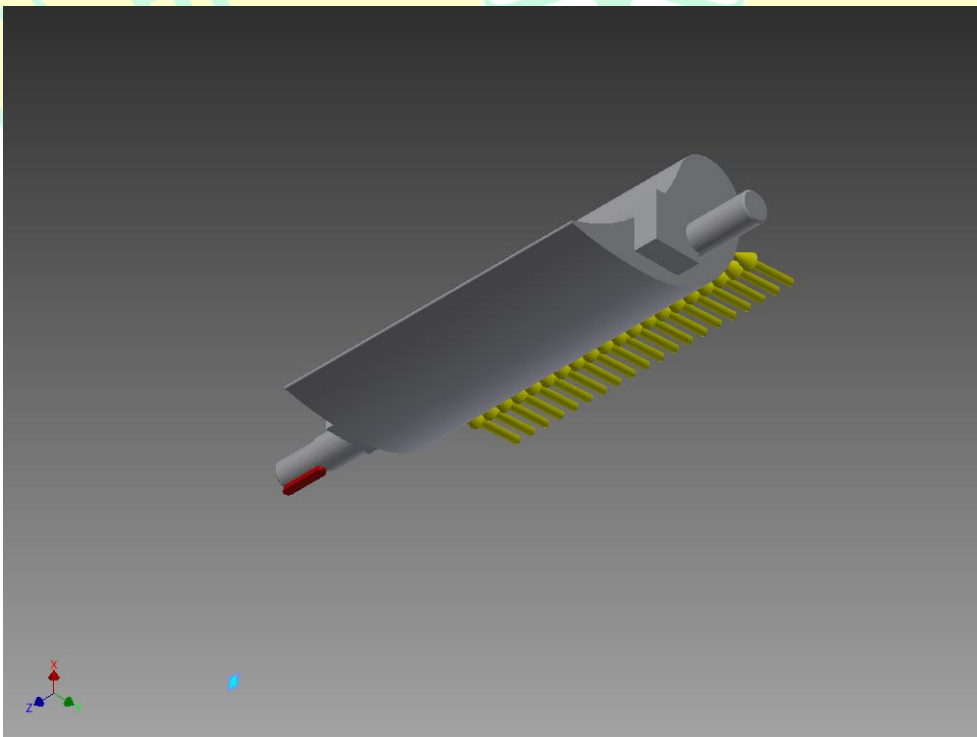
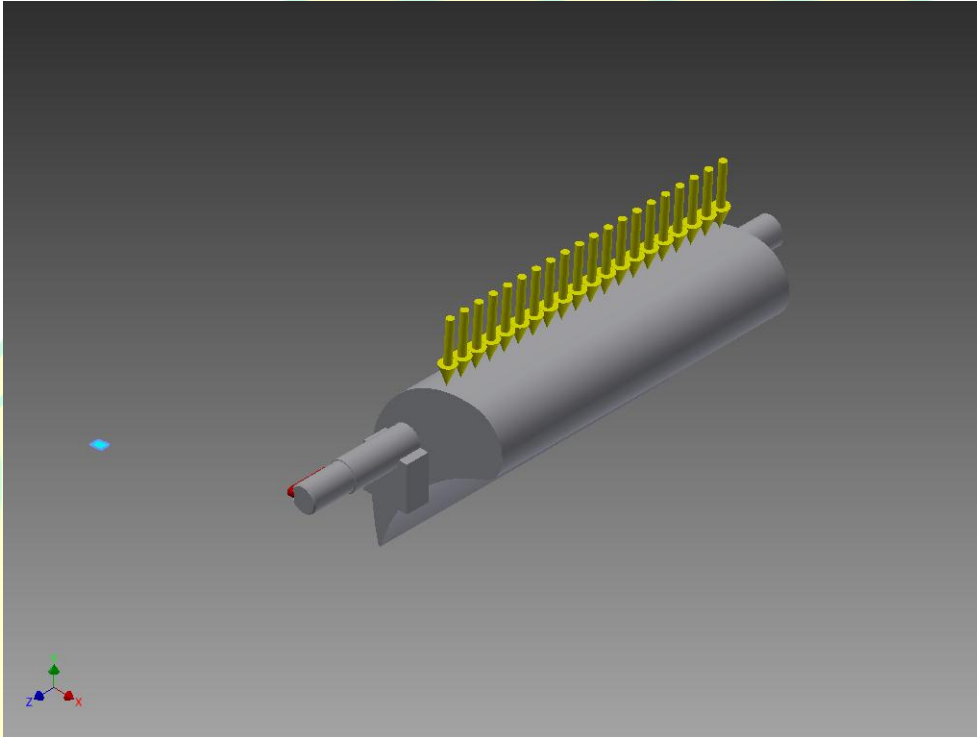
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Force:2**

Load Type	Force
Magnitude	252.700 N
Vector X	23.806 N
Vector Y	-251.576 N
Vector Z	0.000 N

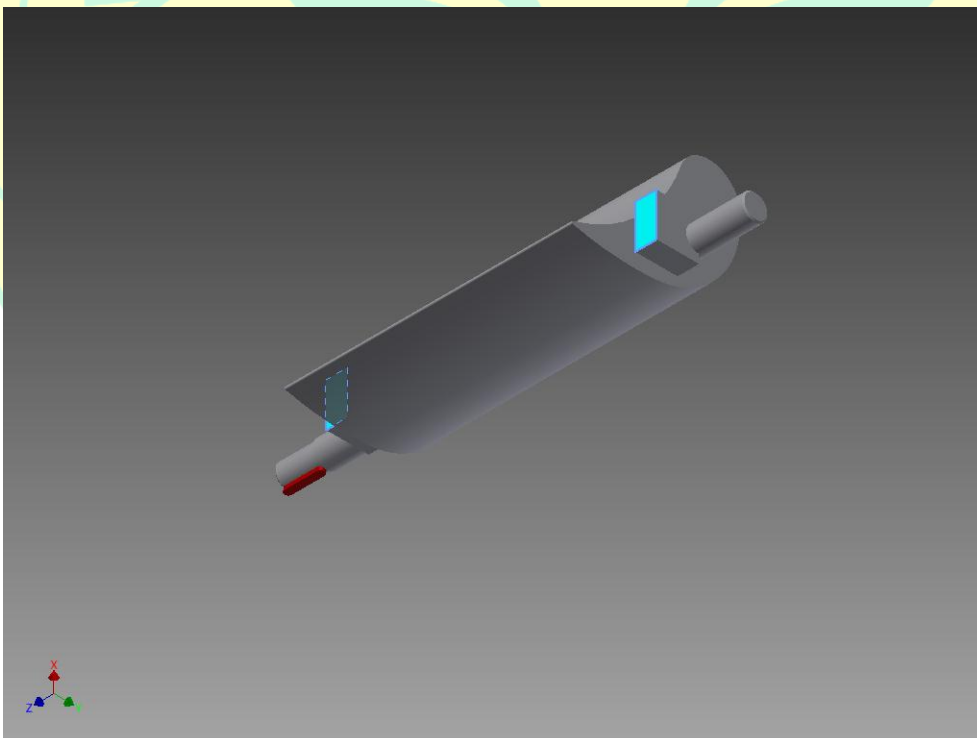
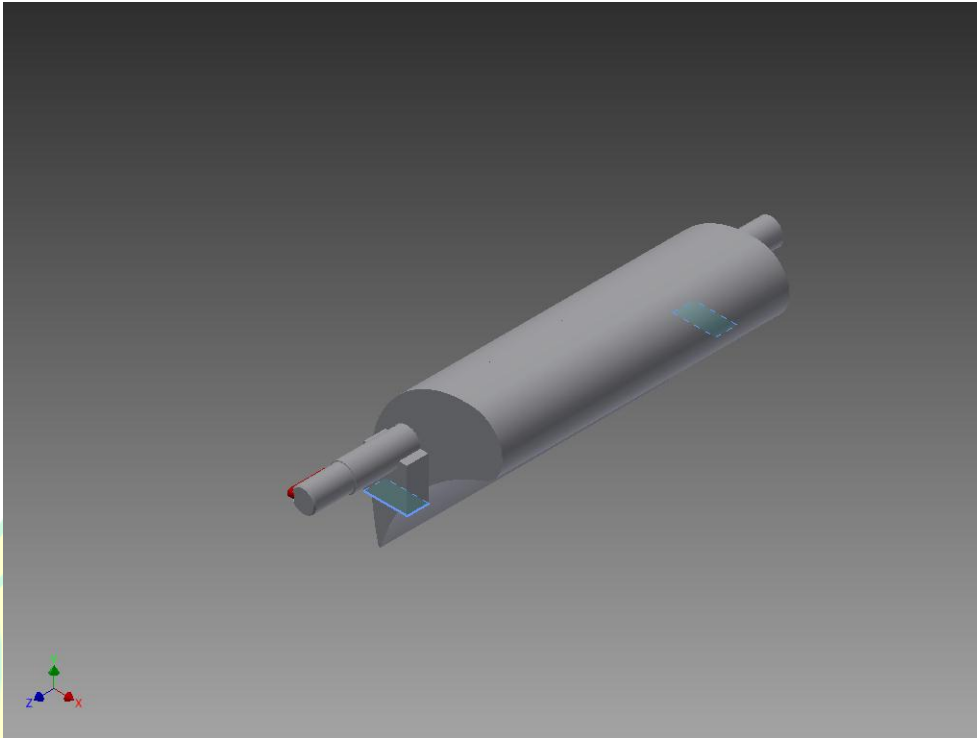
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Fixed Constraint:1**

Constraint Type	Fixed Constraint
-----------------	------------------

☐ **Selected Face(s)**



☐ **Contacts (Bonded)**

Name	Part Name(s)
------	--------------

Bonded:1	Pin-key:1 Poros Gate Vane Dia 17mm:1
Bonded:2	Pin-key:1 Poros Gate Vane Dia 17mm:1
Bonded:3	Pin-key:1 Poros Gate Vane Dia 17mm:1
Bonded:4	Pin-key:1 Poros Gate Vane Dia 17mm:1
Bonded:5	Pin-key:1 Link Rev 1 -D17mm:1
Bonded:6	Pin-key:1 Link Rev 1 -D17mm:1
Bonded:7	Pin-key:1 Link Rev 1 -D17mm:1
Bonded:8	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Bushing 1:1
Bonded:9	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Bushing 1:1
Bonded:10	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Bushing 1:2
Bonded:11	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Bushing 1:2
Bonded:12	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:13	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:14	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:15	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:16	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:17	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Link Rev 1 -D17mm:1
Bonded:18	Poros Gate Vane Dia 17mm:1 Link Rev 1 -D17mm:1
Bonded:19	Bushing 1:1 Guide vane - New Sirip:1
Bonded:20	Bushing 1:2 Guide vane - New Sirip:1

☐ Results

☐ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	318,655 N	-19,6661 N	48,6276 N m	-45,376 N m

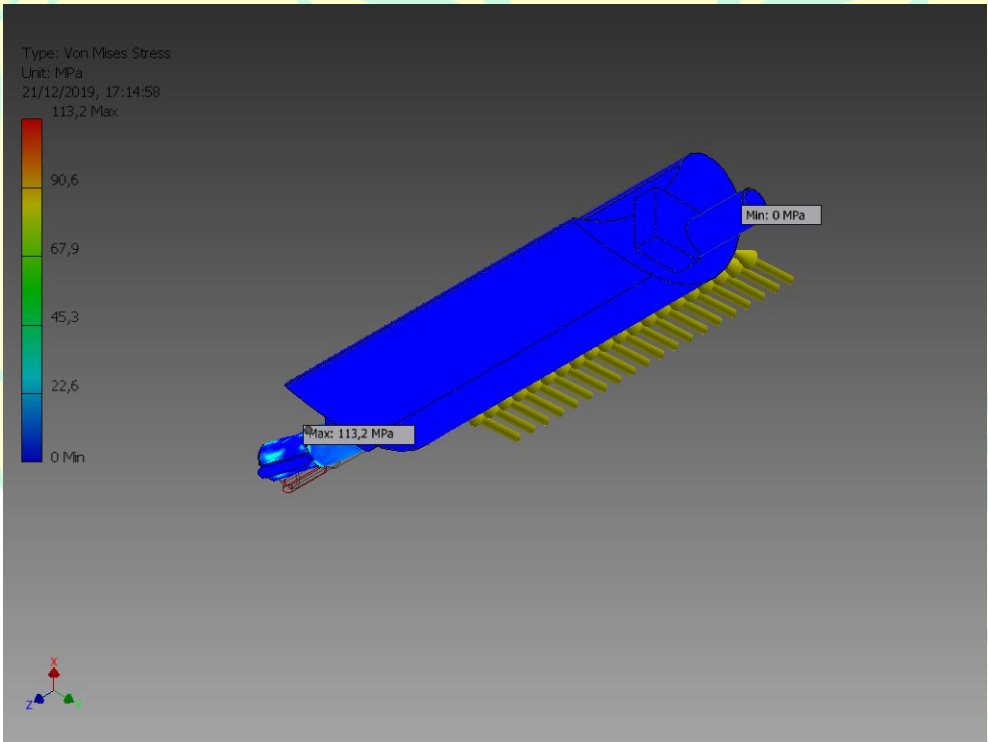
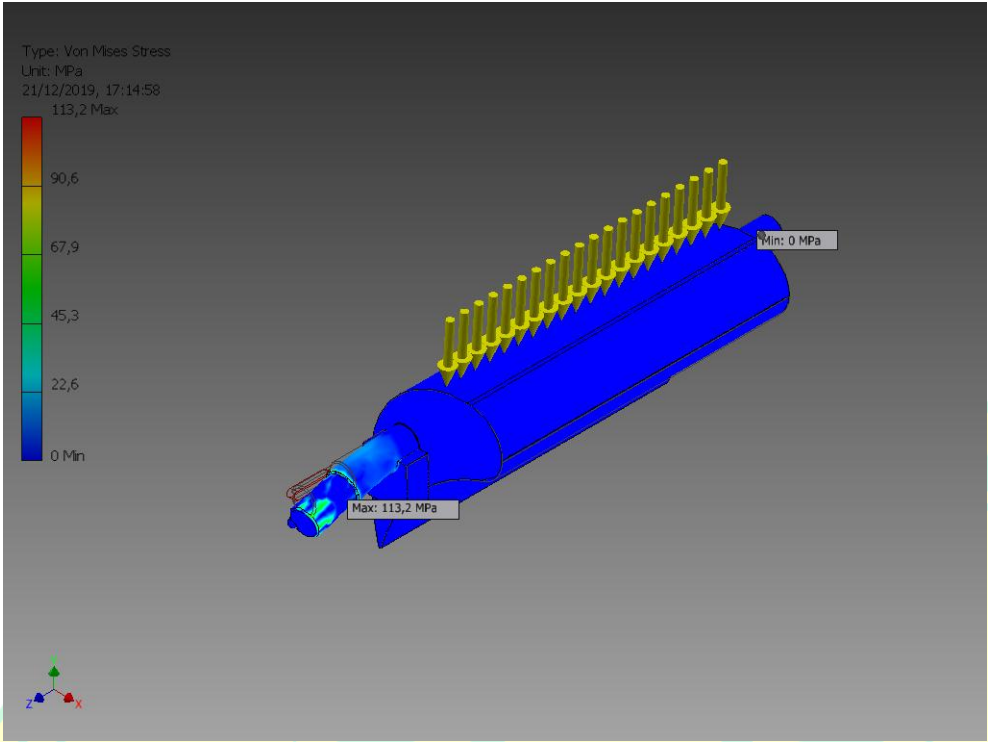
		318,047 N		-4,41561 N m
		0 N		-16,9163 N m

☐ Result Summary

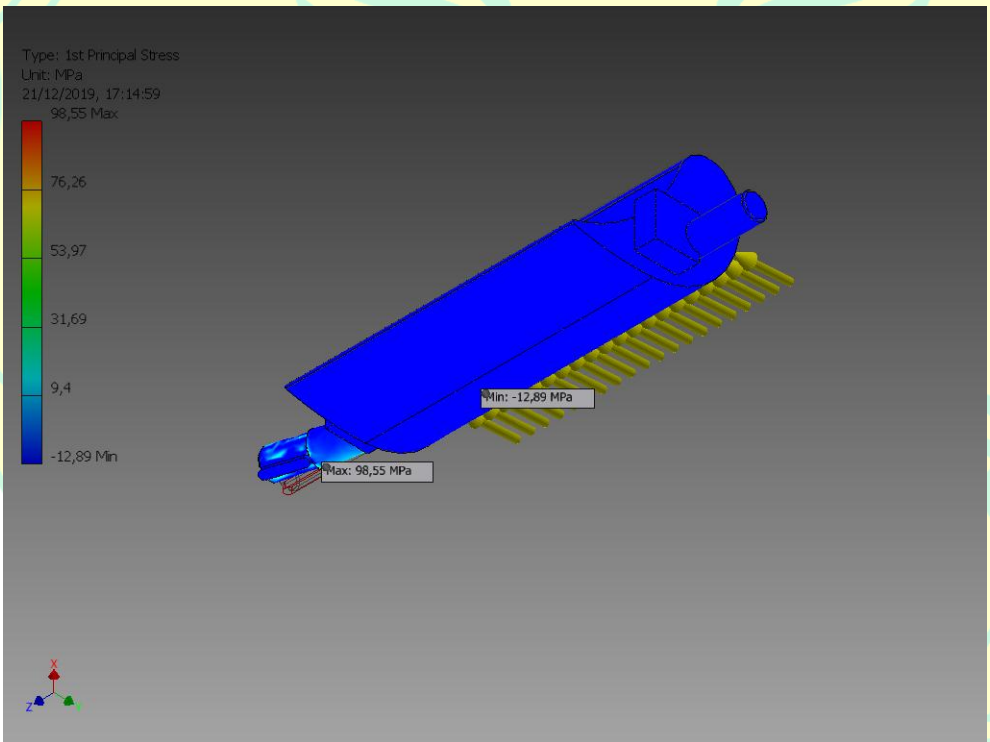
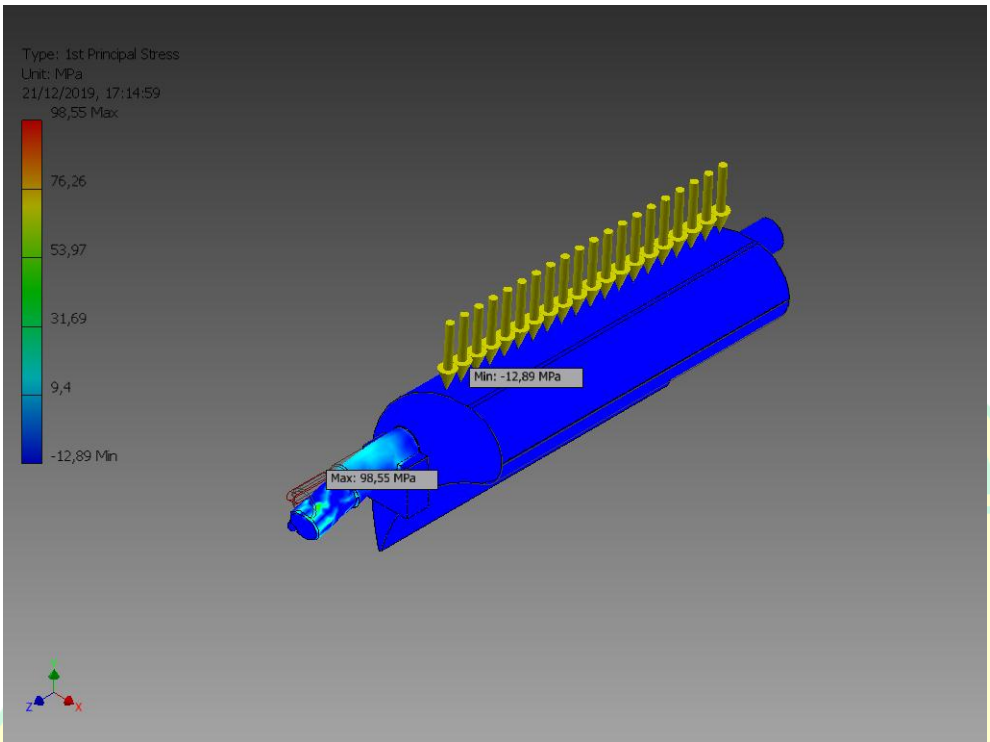
Name	Minimum	Maximum
Volume	472440 mm ³	
Mass	3,67543 kg	
Von Mises Stress	0,00000416864 MPa	113,218 MPa
1st Principal Stress	-12,8864 MPa	98,5479 MPa
3rd Principal Stress	-103,007 MPa	14,4046 MPa
Displacement	0 mm	0,311919 mm
Safety Factor	3,02956 ul	15 ul
Stress XX	-49,9362 MPa	55,9948 MPa
Stress XY	-41,4998 MPa	37,0299 MPa
Stress XZ	-41,1117 MPa	45,8049 MPa
Stress YY	-58,3047 MPa	47,2922 MPa
Stress YZ	-35,3648 MPa	35,9594 MPa
Stress ZZ	-58,9139 MPa	61,1537 MPa
X Displacement	-0,0144941 mm	0,0602937 mm
Y Displacement	-0,310151 mm	0,00192145 mm
Z Displacement	-0,042606 mm	0,0381584 mm
Equivalent Strain	0,00000000018782 ul	0,000515353 ul
1st Principal Strain	-0,00000343112 ul	0,000522022 ul
3rd Principal Strain	-0,000557615 ul	0,00000135874 ul
Strain XX	-0,000262903 ul	0,000268427 ul
Strain XY	-0,000277393 ul	0,000247516 ul
Strain XZ	-0,0002748 ul	0,00030617 ul
Strain YY	-0,000297771 ul	0,000326728 ul
Strain YZ	-0,000236386 ul	0,00024036 ul
Strain ZZ	-0,000262885 ul	0,000256157 ul
Contact Pressure	0 MPa	590,557 MPa
Contact Pressure X	-449,051 MPa	330,822 MPa
Contact Pressure Y	-341,589 MPa	278,022 MPa
Contact Pressure Z	-308,145 MPa	383,492 MPa

☐ Figures

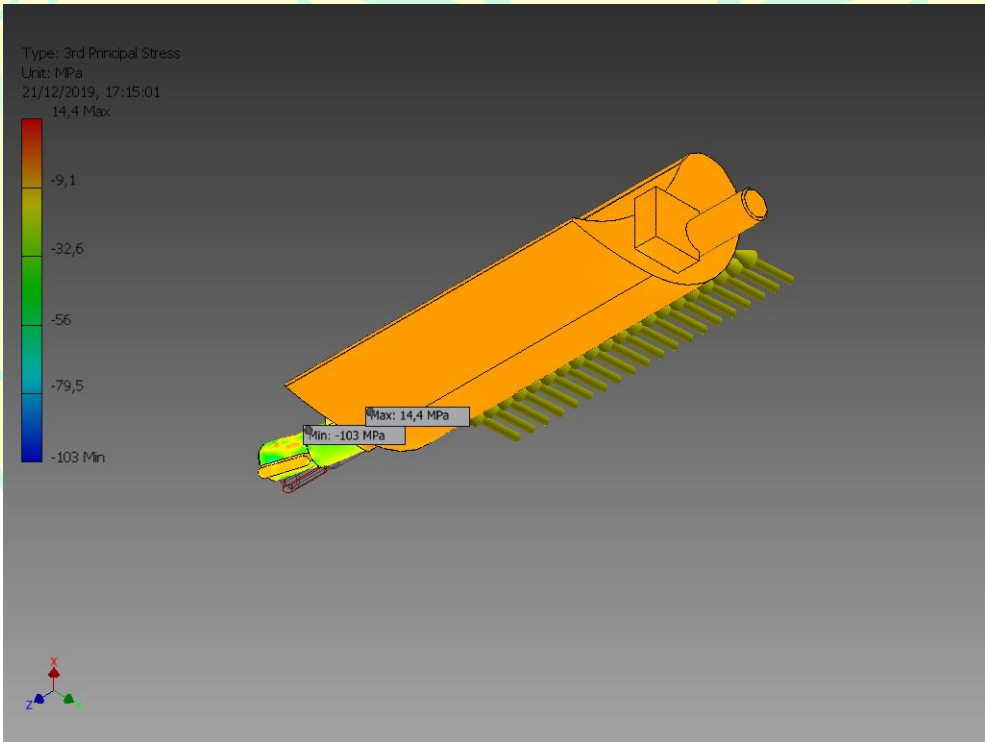
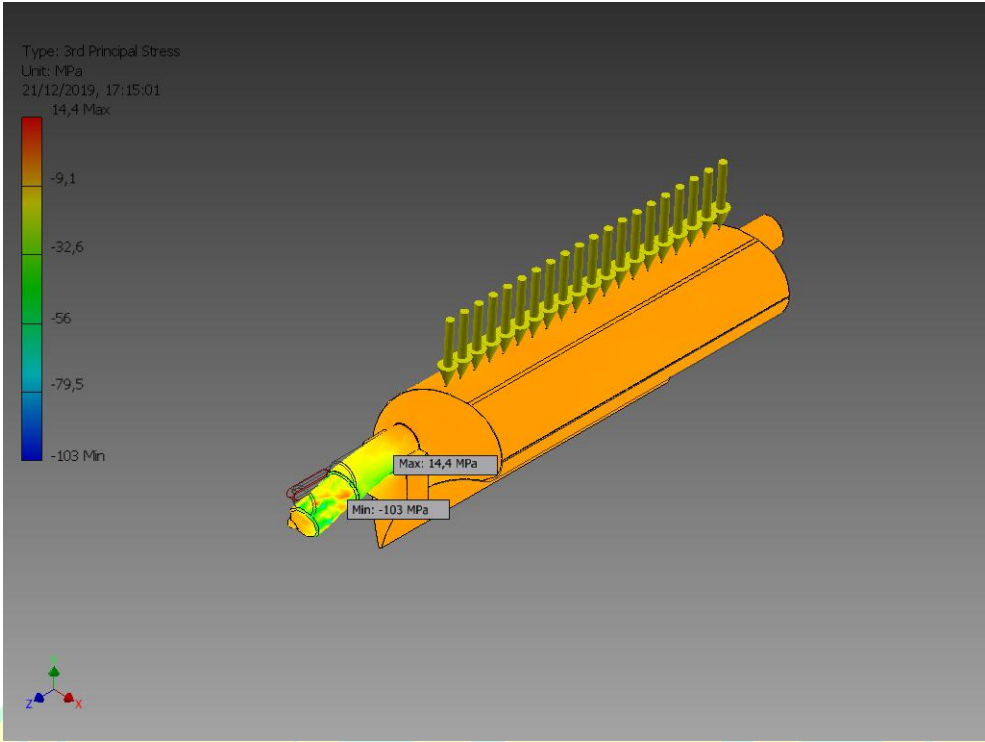
☐ Von Mises Stress



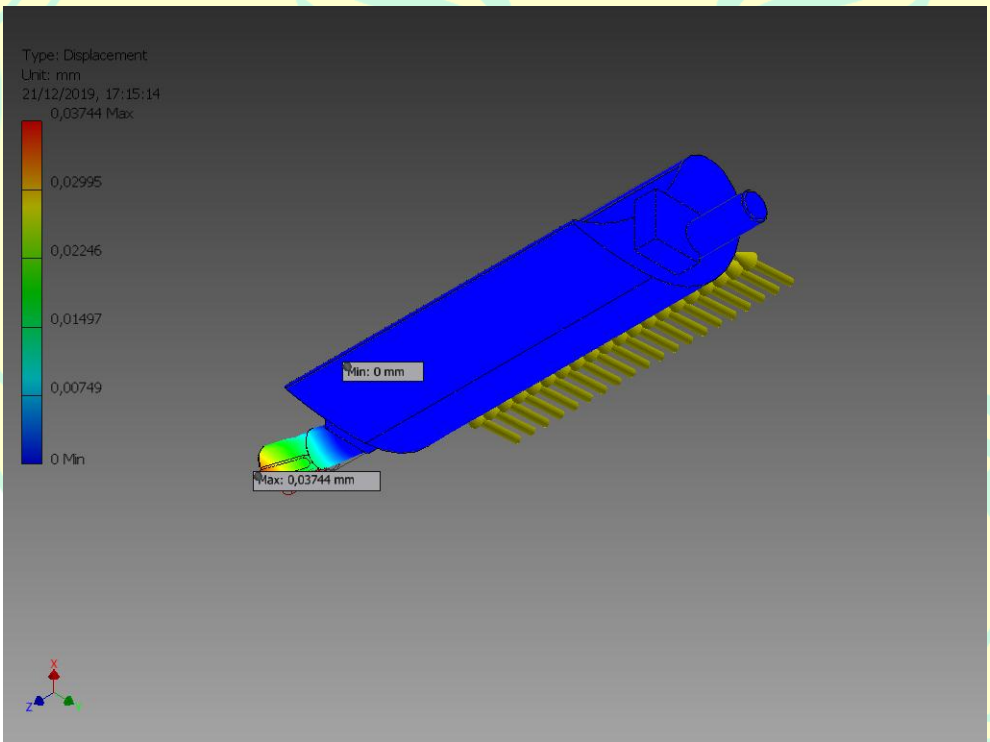
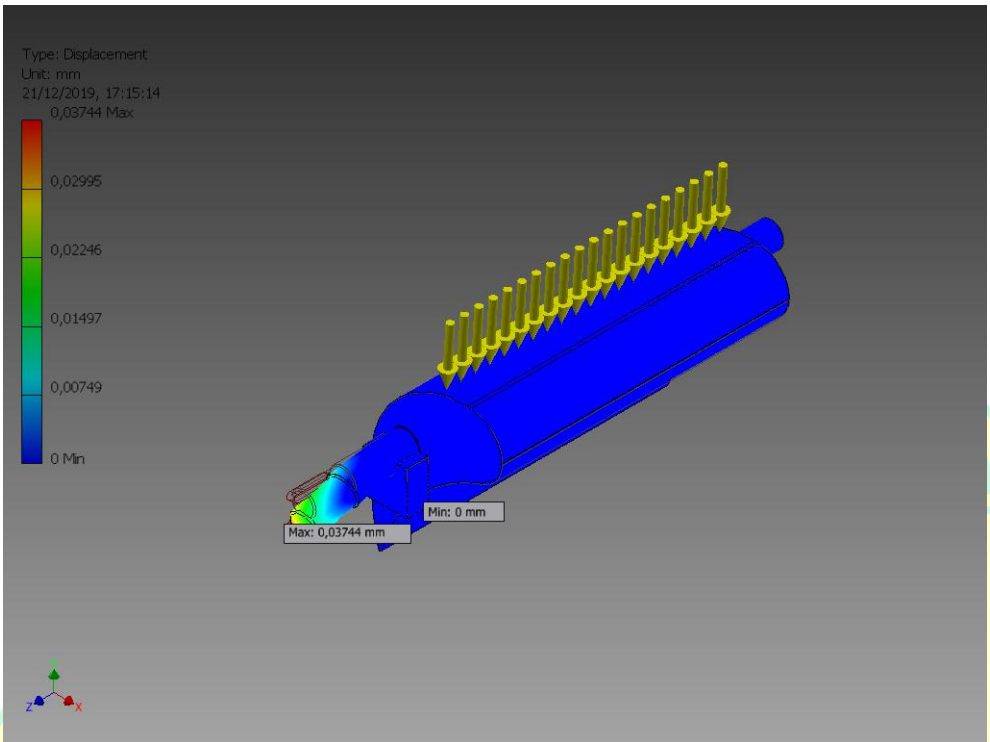
☐ **1st Principal Stress**



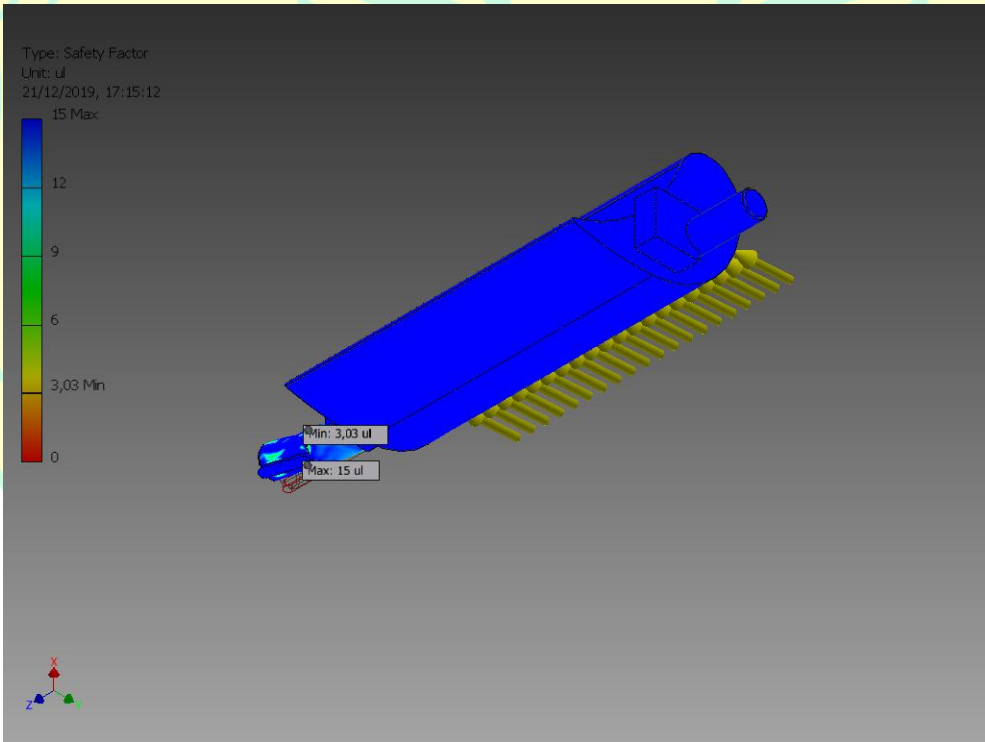
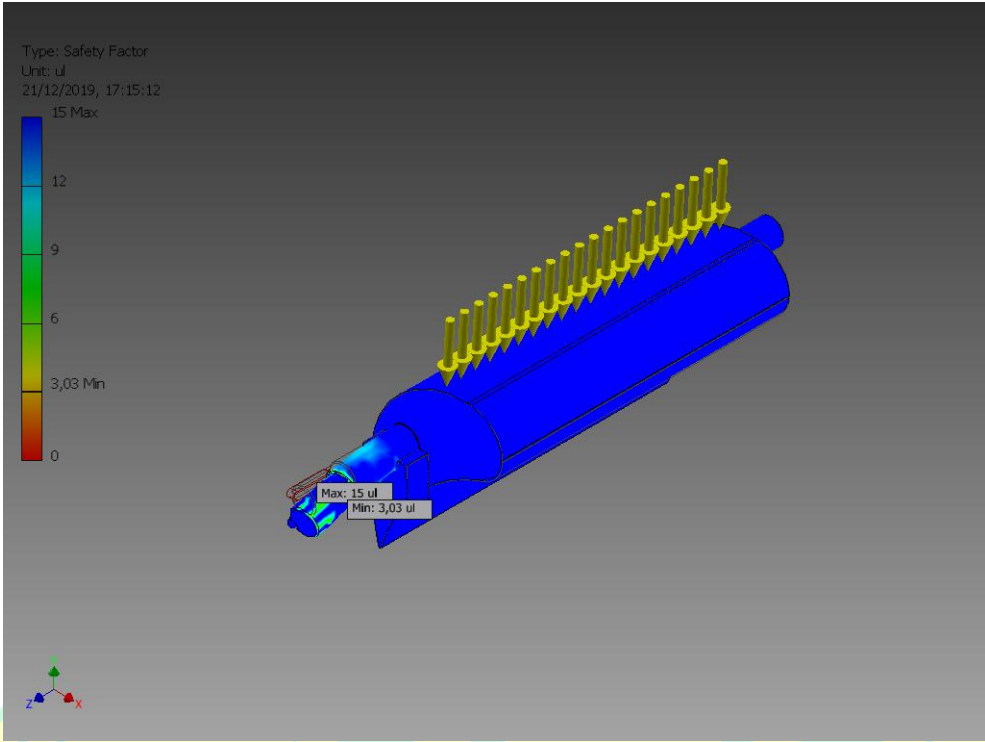
☐ **3rd Principal Stress**



☐ **Displacement**



☐ **Safety Factor**



KARTA

Stress Analysis Assembly Bagian 2



Analyzed File:	Assembly Bagian 2.iam
Autodesk Inventor Version:	2015 (Build 190159000, 159)
Creation Date:	13/01/2020, 8:54
Simulation Author:	acer
Summary:	

☐ Project Info (iProperties)

☐ Summary

Author	acer
--------	------

☐ Project

Part Number	Assembly Bagian 2
Designer	acer
Cost	Rp0
Date Created	27/05/2019

☐ Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

☐ Physical

Mass	8,2021 kg
Area	690665 mm ²
Volume	1052340 mm ³
Center of Gravity	x=-78,5197 mm y=27,4441 mm z=-26,4146 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	13/01/2020, 8:53
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	Yes

Separate Stresses Across Contact Surfaces	Yes
Motion Loads Analysis	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	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

Name	S45C	
General	Mass Density	7,7 g/cm ³
	Yield Strength	343 MPa
	Ultimate Tensile Strength	569 MPa
Stress	Young's Modulus	190 GPa
	Poisson's Ratio	0,27 ul
	Shear Modulus	74,8031 GPa
Part Name(s)	Wheel Poros Ulir - 1	
Name	SS400	
General	Mass Density	7,8 g/cm ³
	Yield Strength	400 MPa
	Ultimate Tensile Strength	530 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	78,8462 GPa
Part Name(s)	Lengan Poros 1 Lengan Poros 1-B Lengan Poros 2 Lengan Poros 2-B Shaft Link - Rev 2 Housing (2)	
Name	Stainless Steel, 440C	
General	Mass Density	7,75 g/cm ³
	Yield Strength	689 MPa
	Ultimate Tensile Strength	861,25 MPa
Stress	Young's Modulus	206,7 GPa
	Poisson's Ratio	0,27 ul
	Shear Modulus	81,378 GPa
Part Name(s)	DIN EN ISO 4762 M8 x 25 DIN EN ISO 4762 M8 x 25	

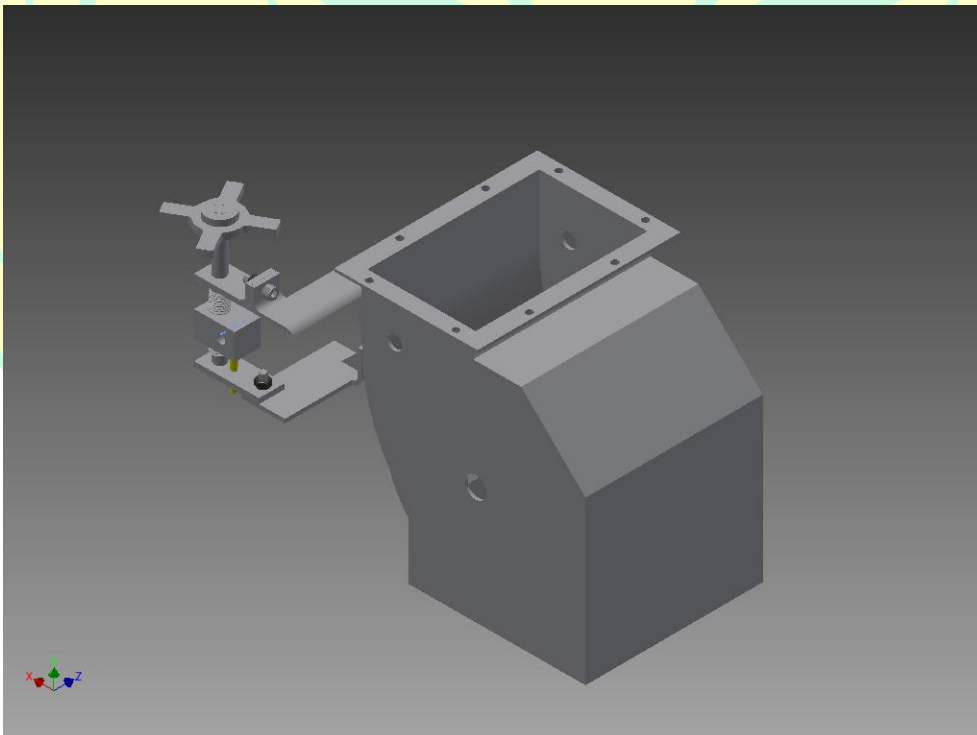
Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	DIN EN 28674 M8 x 1 DIN EN 28674 M8 x 1	

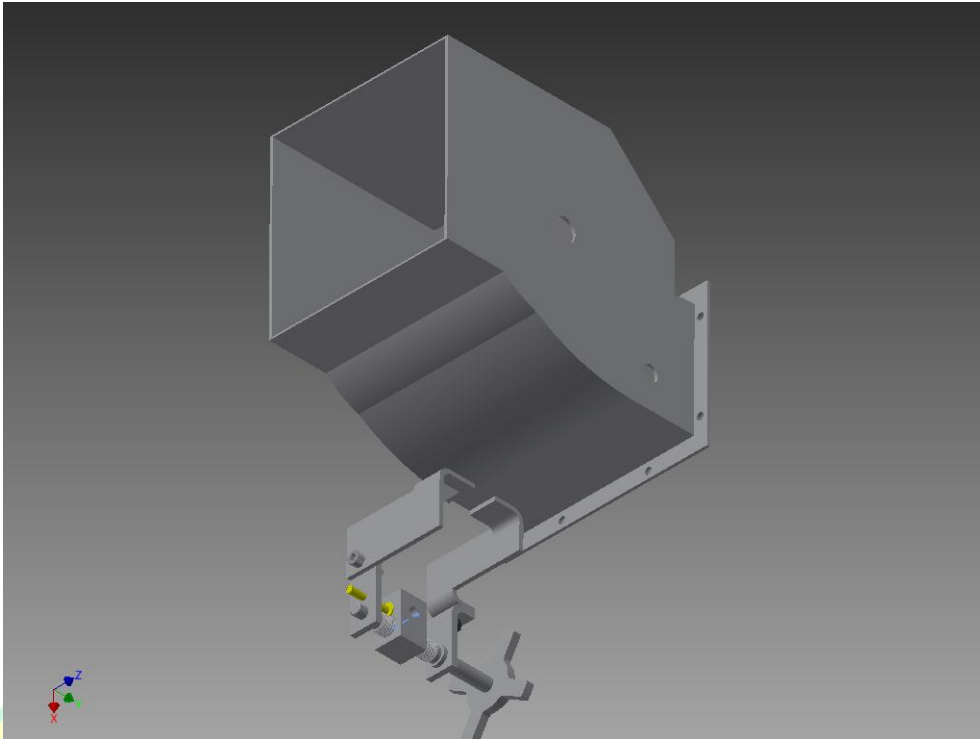
☐ **Operating conditions**

☐ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	252.700 N
Vector X	-0.000 N
Vector Y	252.700 N
Vector Z	0.000 N

☐ **Selected Face(s)**

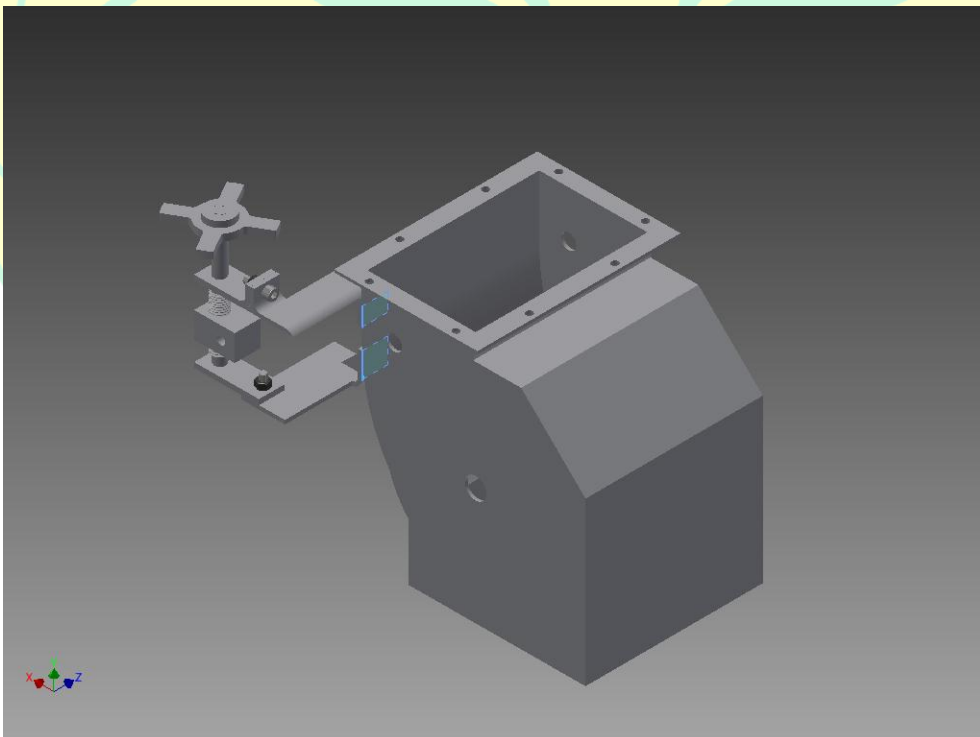


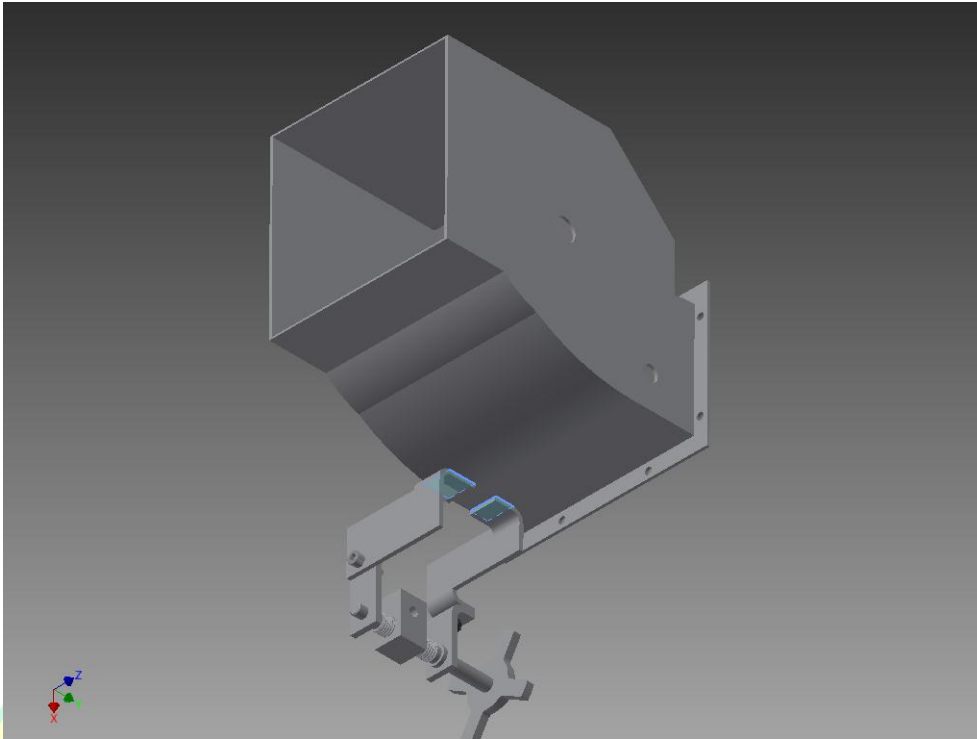


☐ **Fixed Constraint:1**

Constraint Type Fixed Constraint

☐ **Selected Face(s)**





☐ **Contacts (Bonded)**

Name	Part Name(s)
Bonded:1	Lengan Poros 2:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:2	Poros Ulir - 1:1 Shaft Link - Rev 2:1
Bonded:3	Poros Ulir - 1:1 Shaft Link - Rev 2:1
Bonded:4	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:5	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:6	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:7	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:8	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:9	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:10	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:11	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:12	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1

NEGERI JAKARTA

Bonded:13	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:14	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:15	Wheel:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:16	Lengan Poros 1:1 Lengan Poros 1-B:1
Bonded:17	Lengan Poros 1:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:18	Lengan Poros 1:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:19	Lengan Poros 1:1 DIN EN 28674 M8 x 1:2
Bonded:20	Lengan Poros 1-B:1 DIN EN ISO 4762 M8 x 25:1
Bonded:21	Lengan Poros 1-B:1 Housing (2):1
Bonded:22	Lengan Poros 2:1 Lengan Poros 2-B:1
Bonded:23	Lengan Poros 2:1 Poros Ulir - 1:1
Bonded:24	Lengan Poros 2:1 DIN EN 28674 M8 x 1:1
Bonded:25	Lengan Poros 2-B:1 DIN EN ISO 4762 M8 x 25:2
Bonded:26	Lengan Poros 2-B:1 Housing (2):1
Bonded:27	Poros Ulir - 1:1 Shaft Link - Rev 2:1
Bonded:28	Poros Ulir - 1:1 Shaft Link - Rev 2:1

☐ Results

☐ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	252,7 N	0 N	27,8153 N m	-19,8236 N m
		-252,7 N		-1,06518 N m
		0 N		-19,4829 N m

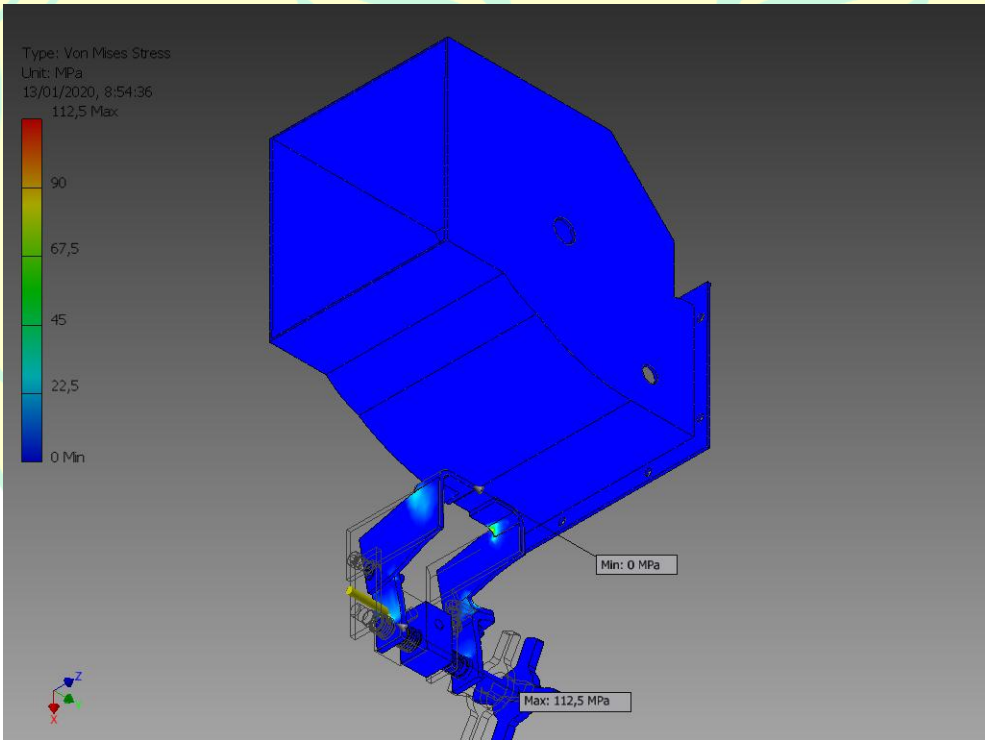
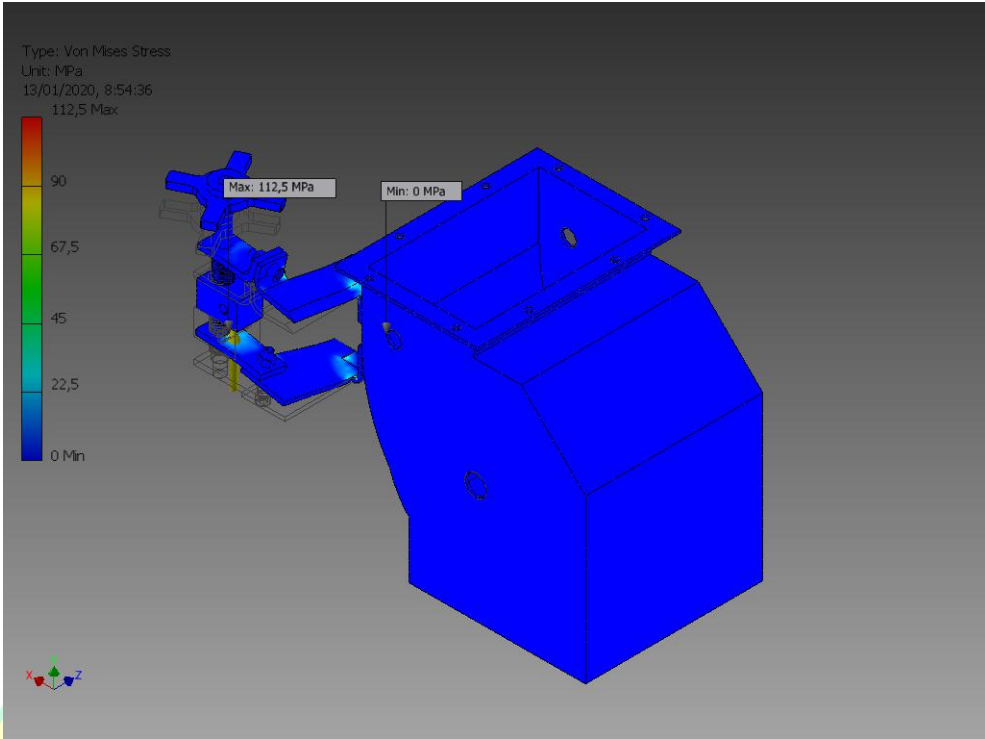
☐ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	1052340 mm ³	
Mass	8,20212 kg	

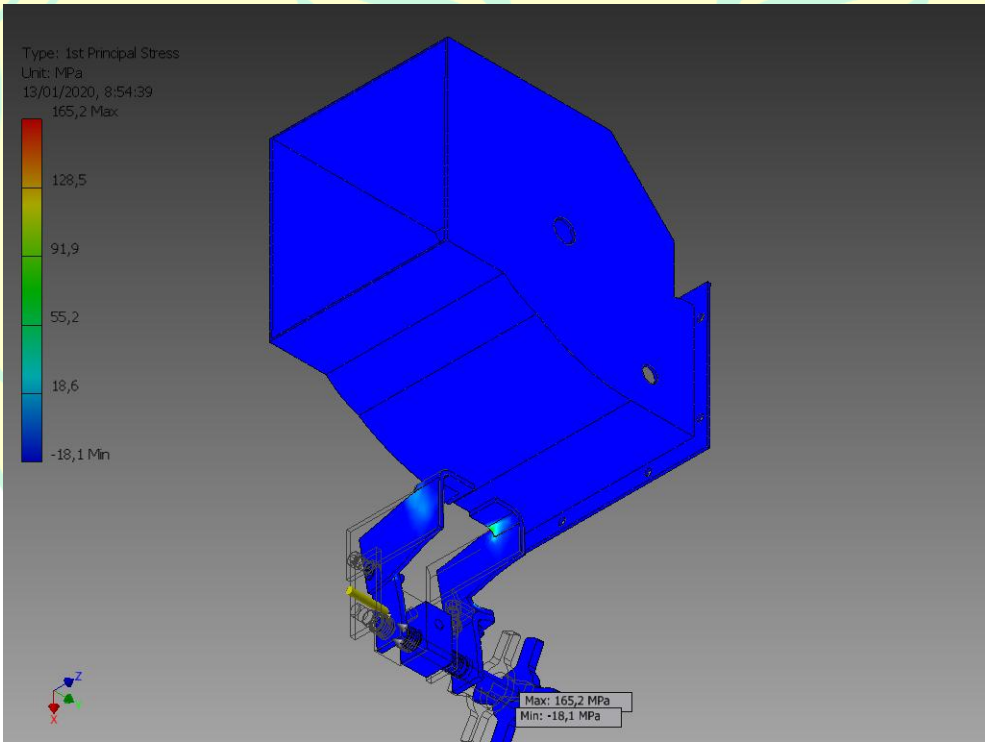
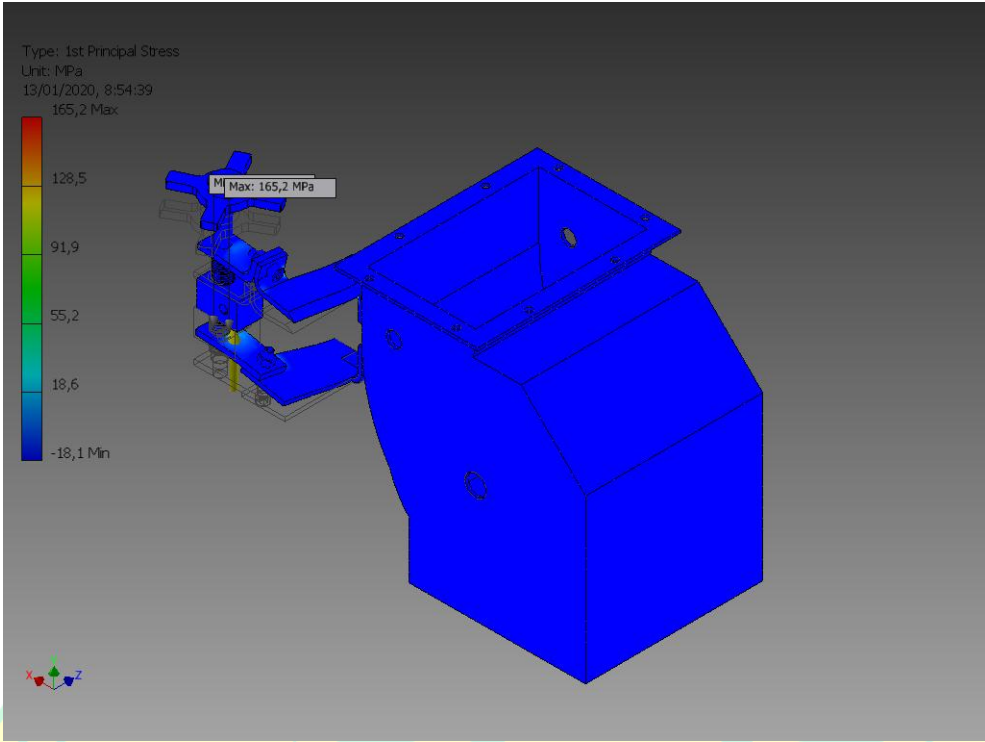
Von Mises Stress	0 MPa	112,497 MPa
1st Principal Stress	-18,0512 MPa	165,17 MPa
3rd Principal Stress	-76,48 MPa	50,3124 MPa
Displacement	0 mm	0,274636 mm
Safety Factor	3,04897 ul	15 ul
Stress XX	-55,8443 MPa	111,538 MPa
Stress XY	-21,7441 MPa	51,5411 MPa
Stress XZ	-27,9106 MPa	25,1206 MPa
Stress YY	-53,0258 MPa	110,72 MPa
Stress YZ	-26,5573 MPa	14,457 MPa
Stress ZZ	-42,1318 MPa	66,6746 MPa
X Displacement	-0,0703896 mm	0,0276473 mm
Y Displacement	-0,0109737 mm	0,269842 mm
Z Displacement	-0,0125209 mm	0,0352346 mm
Equivalent Strain	0 ul	0,000588168 ul
1st Principal Strain	-0,00000100401 ul	0,000718564 ul
3rd Principal Strain	-0,00034661 ul	0,00000254088 ul
Strain XX	-0,000221285 ul	0,000399272 ul
Strain XY	-0,000145342 ul	0,000344512 ul
Strain XZ	-0,000181655 ul	0,000167912 ul
Strain YY	-0,000224035 ul	0,000414911 ul
Strain YZ	-0,000177515 ul	0,0000916788 ul
Strain ZZ	-0,000170337 ul	0,000181592 ul
Contact Pressure	0 MPa	609,814 MPa
Contact Pressure X	-289,848 MPa	265,222 MPa
Contact Pressure Y	-531,871 MPa	365,659 MPa
Contact Pressure Z	-148,214 MPa	70,7192 MPa

☐ **Figures**

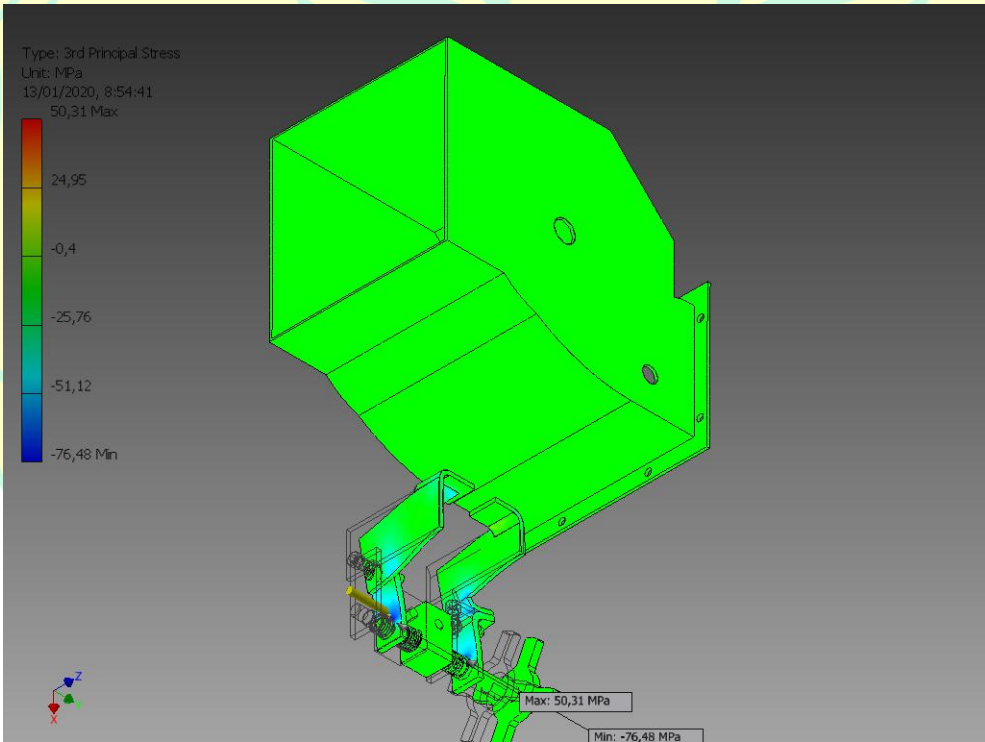
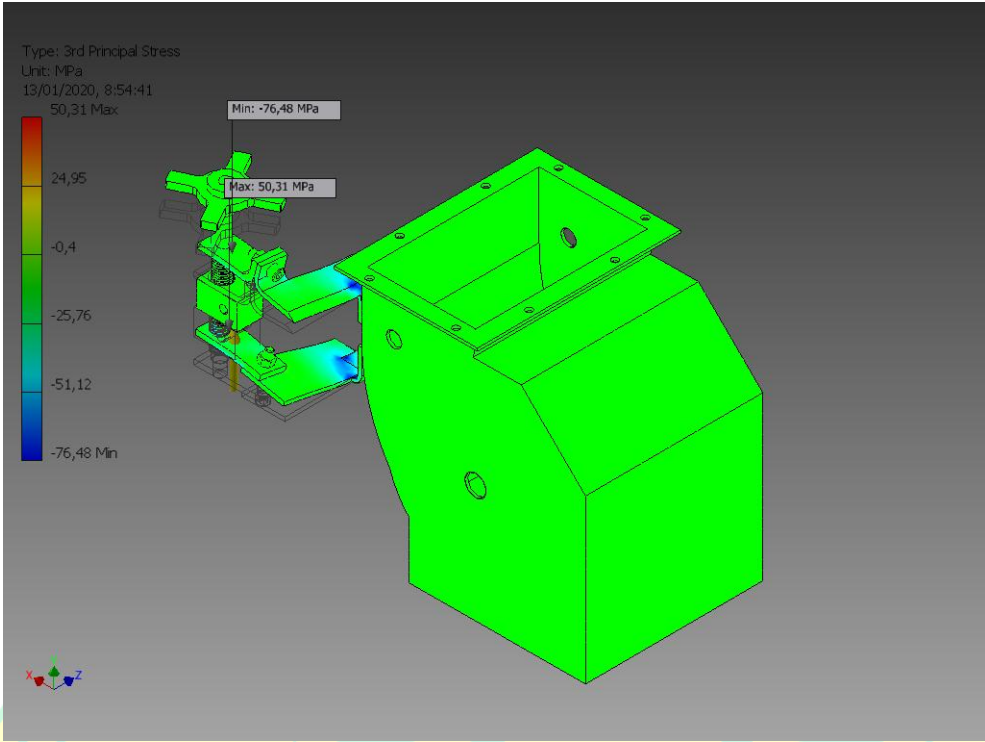
☐ **Von Mises Stress**



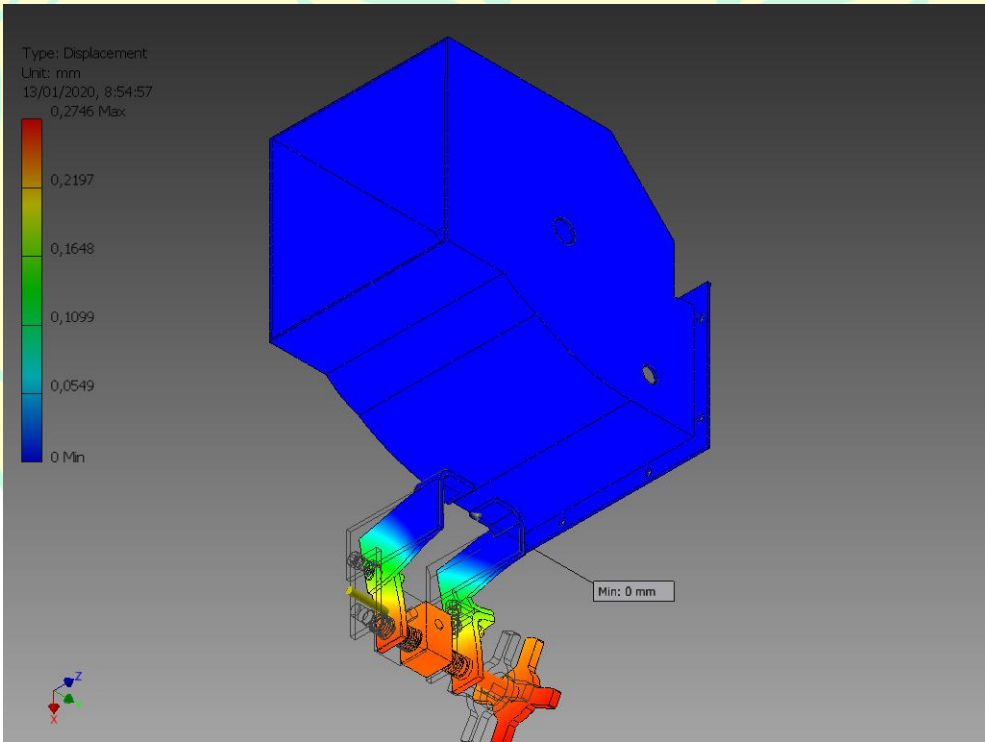
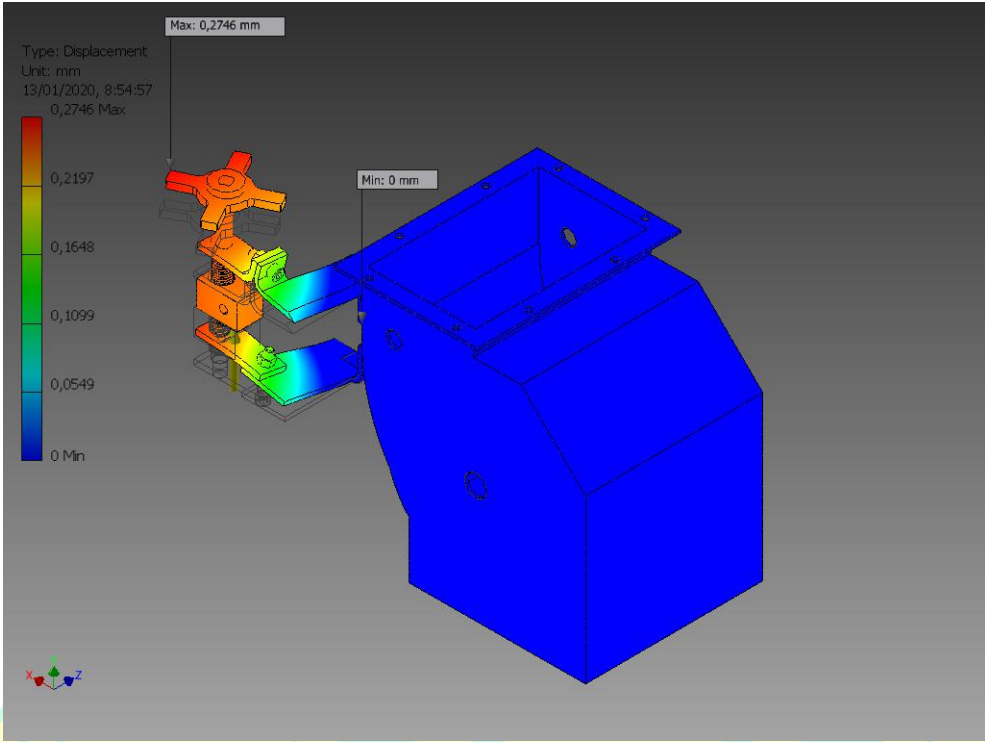
☐ **1st Principal Stress**



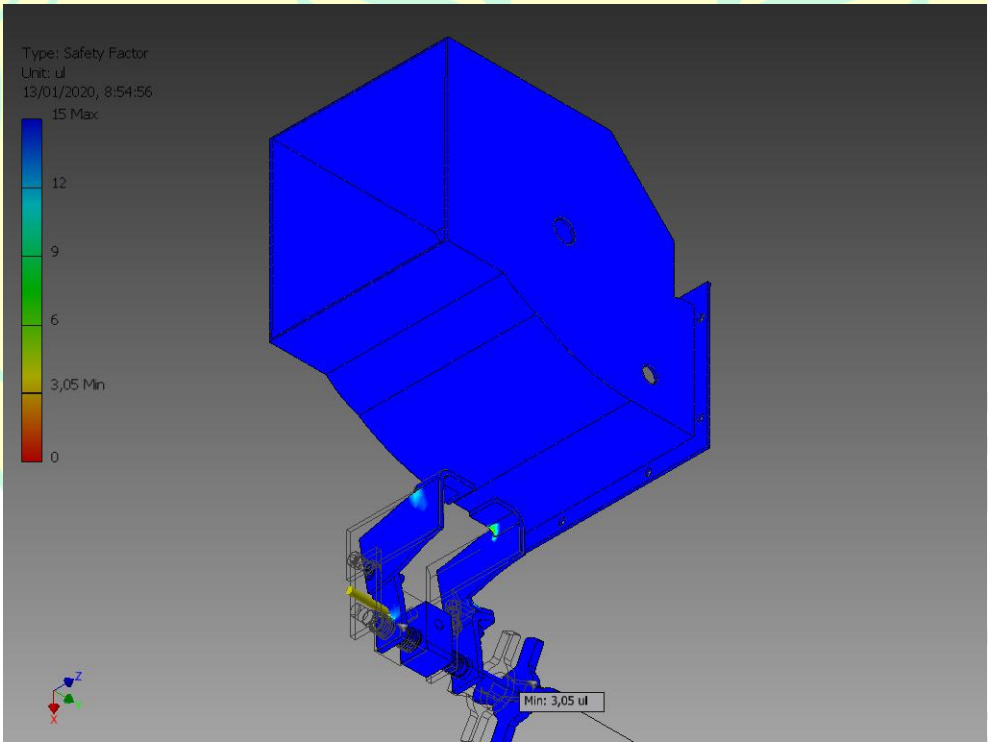
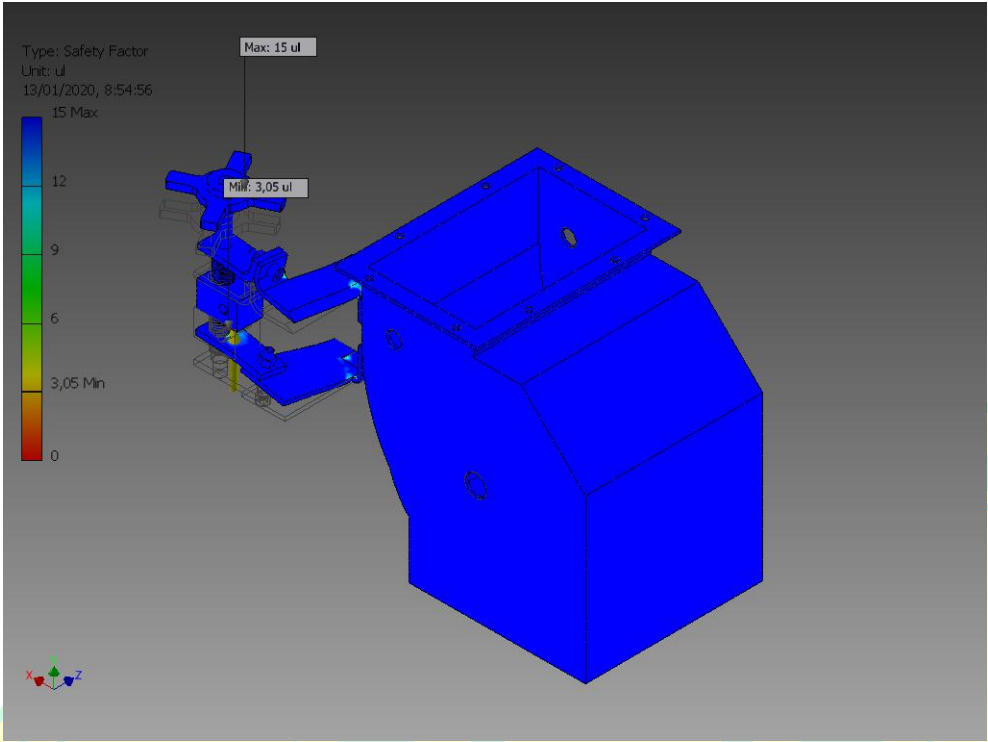
☐ **3rd Principal Stress**



☐ Displacement

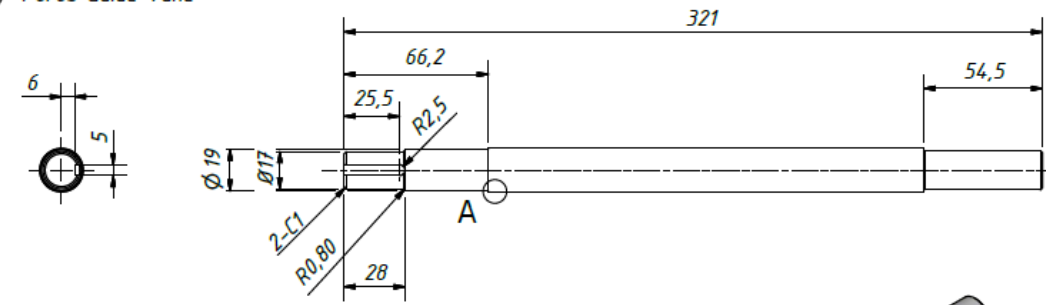


☐ **Safety Factor**

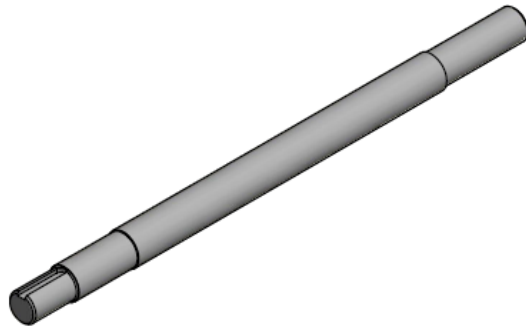
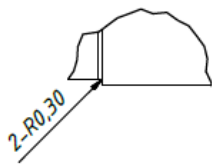


KARTTA

① Poros Guide Vane

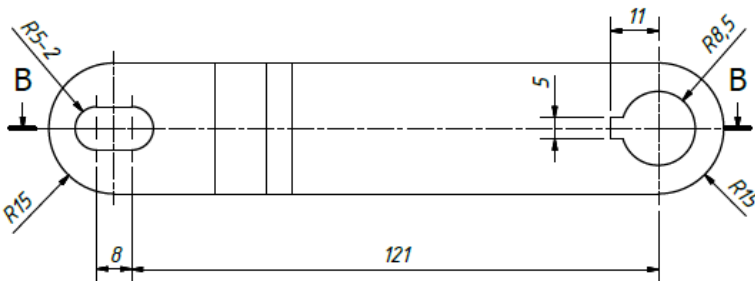
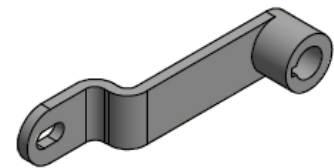
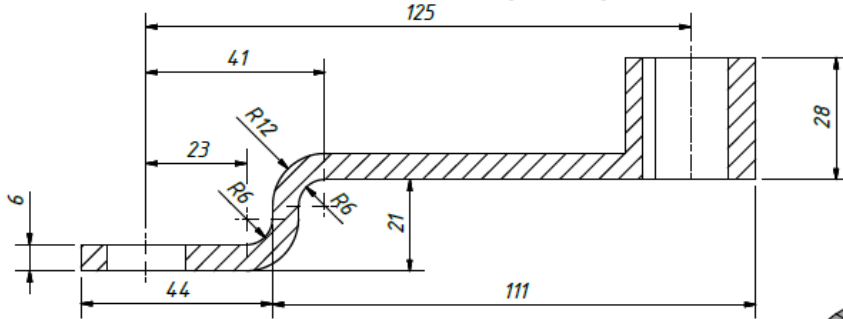


A (3 : 1)



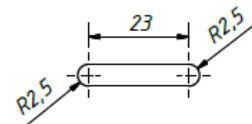
② Lengan Poros Guide Vane

Section B-B (1 : 1)

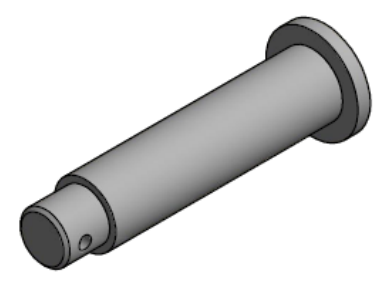
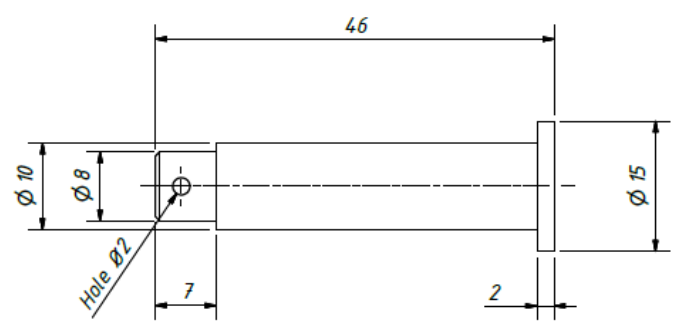


③ Key Link

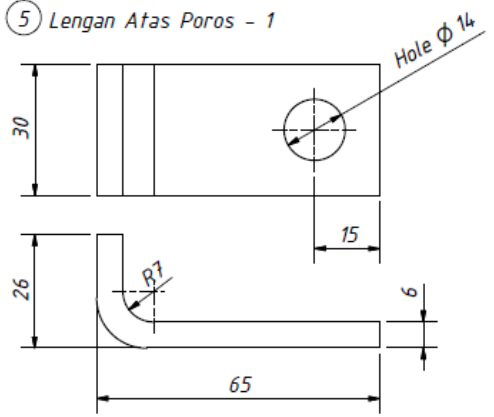
Thick 5



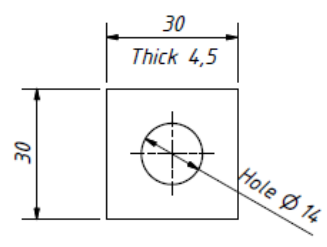
④ Pin Link



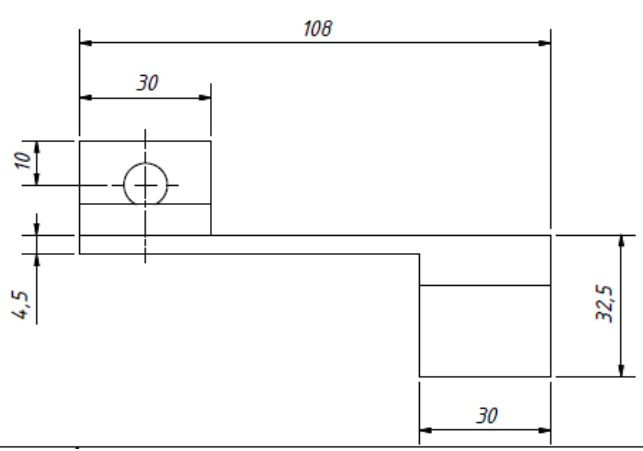
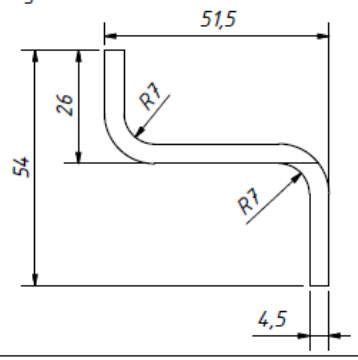
⑤ Lengan Atas Poros - 1

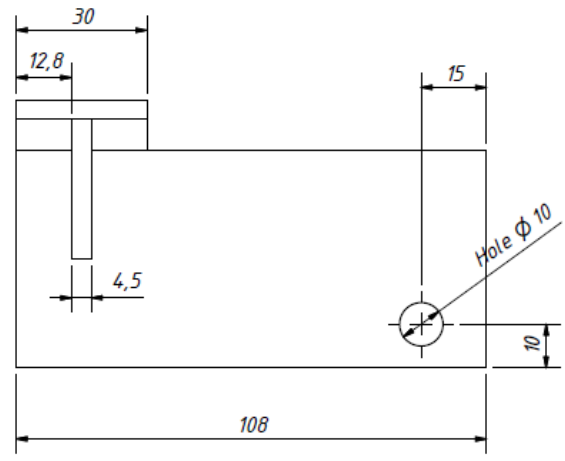
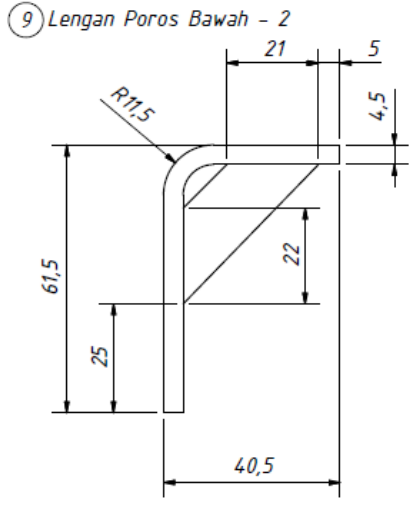
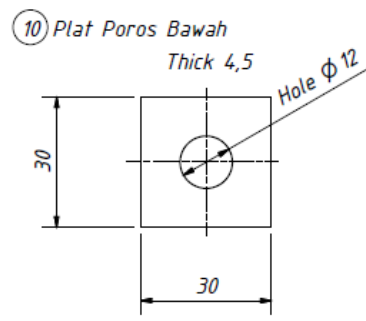
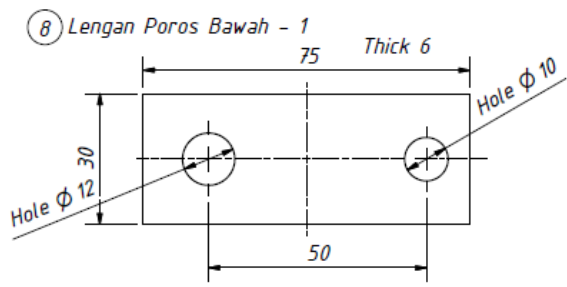


⑥ Plat Poros Atas

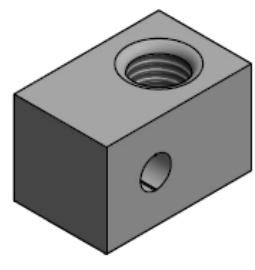
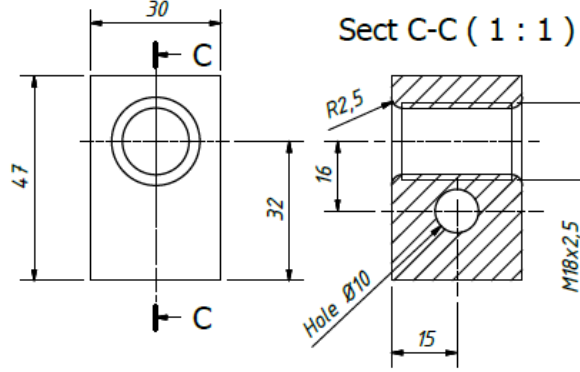


⑦ Lengan Atas Poros - 2

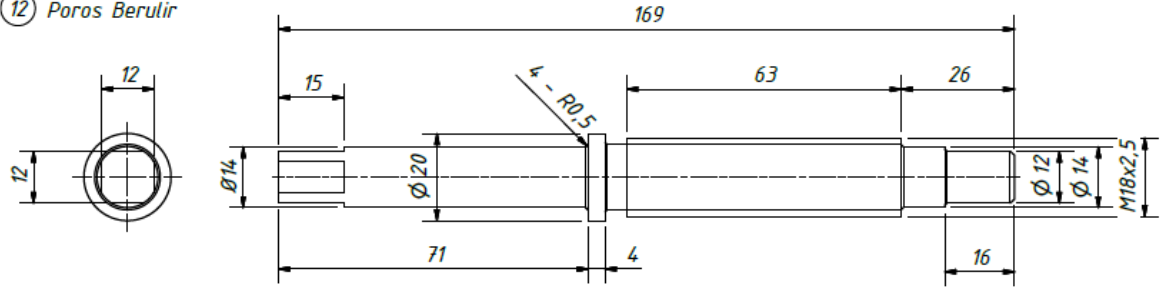




11 Link Poros Berulir

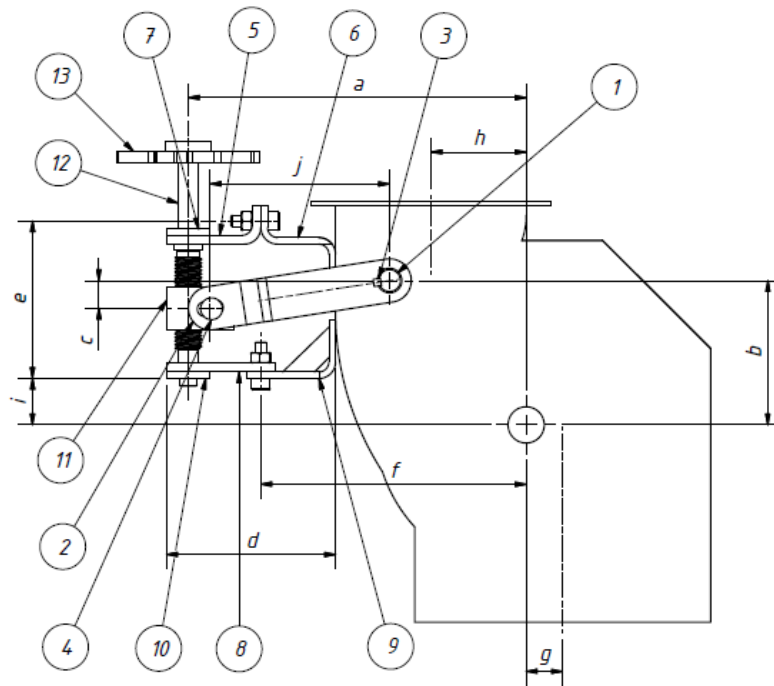
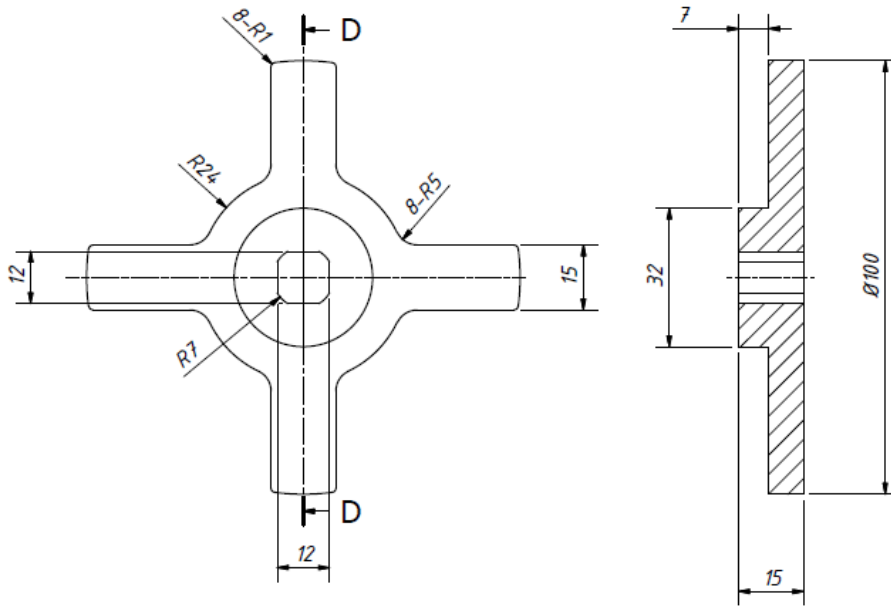


12 Poros Berulir



13 Handle Poros Berulir

Sect D-D (1 : 1)





*Building
Future
Leaders*

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

Fakultas Teknik

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Gedung B Kampus Rawamangun Jl. Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telp./Fax.: 021-4700918 Website: www.ft.unj.ac.id/teknik-mesin

SURAT PENGANTAR UNTUK PEMBIMBING

No : 203 / Skripsi / PTM / 2019
Hal : Surat Pengantar
Lamp : -

Yth. : Bapak/Ibu
Dosen FT-UNJ
Di –
Jakarta

Dengan Hormat,

Setelah kami memperhatikan pengajuan judul Skripsi/Komprehensif mahasiswa, dengan ini kami Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin menunjuk Bapak / Ibu Dosen sebagai pembimbing mahasiswa dibawah ini:

Nama : Prima Chandra Utama
No. Reg : 5315151366
Judul : Rancang Bangun Roda Gila Untuk Turbin Banki Kapasitas 1 KW

Dengan ini kami memohon kesediaan Bapak/Ibu :

Nama Pembimbing 1 : Drs. H. Sirojuddin, M.T.
NIP : 196010271990031003
Nama Pembimbing 2 : Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP : 197908312005011001

Membimbing mahasiswa tersebut dalam melaksanakan penulisan lebih lanjut. Surat ini kami buat agar mahasiswa yang bersangkutan dapat segera bekerja dengan baik. Pelaksanaan bimbingan berlaku selama 2 semester sejak surat ini dikeluarkan. Surat pengangkatan penunjukan Dosen pembimbing akan dikeluarkan oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta setelah usulan judul Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut disetujui oleh dosen pembimbing.

Atas kerjasama dan perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 15 Maret 2019
Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin

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

Optimasi Desain Mekanisme *Linkage Guide Vane* Untuk Pengaturan Aliran Masuk Air ke Sudu Pada Turbin Banki

Sirojuddin¹, Prima Chandra Utama²

¹ Teknik Mesin, Teknik, Universitas Negeri Jakarta

² Lab Perancangan, Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta

¹ sirojuddin@unj.ac.id, ² primachandra2726@gmail.com

Abstrak

Salah satu bagian penting dalam turbin banki adalah pengaturan *guide vane*, karena aliran masuk air ke sudu pada turbin tergantung dari pengaturan *guide vane* nya, baik pada debit rendah maupun normal. Tujuan riset ini adalah untuk mengoptimasi desain mekanisme *linkage guide vane* agar diperoleh ukuran dan kekuatan komponen yang optimal. Gambar desain pertama-tama dibuat dalam bentuk 2D menggunakan *software* AutoCAD kemudian dibentuk ke 3D menggunakan *software* Inventor. Beban total aliran pada *guide vane* diberikan sebesar 200 % meliputi faktor *water hammer* sebesar 130 % dan beban dinamik sebesar 150 %. Simulasi pengujian stress analysis menggunakan *software* Inventor dalam rangkaian komponen yang terpadu atau dalam satu *assembly*. Nilai optimasi tegangan yield dibandingkan dengan tegangan yang terjadi $\geq 3,0$ ul (*unitless*). Dari hasil pengujian *software* Inventor diperoleh optimasi faktor keamanan kekuatan material per-komponen sebesar 3,02 pada poros *guide vane* dan 3,05 pada komponen *linkage*.

Kata kunci : optimasi, *linkage*, *guide vane*, turbin banki, *stress analysis*

1. Pendahuluan

Turbin air Banki merupakan jenis turbin crossflow, biasanya digunakan pada pembangkit listrik skala kecil, untuk daerah pedesaan ataupun daerah terpececil yang belum ada pasokan listriknya. Aliran air yang menggerakkan turbin dapat berupa : saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air.

Menurut Kementrian ESDM RI. Peraturan No.8 (2011) batasan pembangkit listrik skala mikro hidro (PLTMH) bila daya yang dibangkitkan dibawah 1 MW. dan menurut Suwignyo, (2018) menyatakan bahwa turbin crossflow merupakan jenis dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro atau PLTMH (daya terbangkit < 200 kW).

Haimerl, L.A., (1960) Turbin *Cross-Flow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Turbin ini awalnya dibuat oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. *Michell* di tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh *Prof. Donat Banki* sehingga turbin ini diberi nama turbin Banki kadang disebut juga turbin *Michell-Ossberger*.

Ji Qingfeng, et al. (2017) Melakukan penelitian pada *guide vane* turbin kaplan tepat pada bagian pembuka air masuk ke turbin. Penelitian dilakukan dengan metode *CDF analysis* dengan mengidentifikasi nilai *Cm* (*Coefficient of moment*) yang terjadi pada *guide vane*. Yang divariasikan dari

penelitian adalah sudut bukaan *guide vane* yakni dilakukan pada *guide vane* ke-26 dikarenakan *guide vane* tersebut memiliki gaya tertinggi dari hasil simulasi aliran masuk pada *guide vane*. Maka *guide vane* tersebut dijadikan objek riset dalam pengambilan data analisis tegangan. Kemudian *guide vane* tersebut di teliti dengan 19 sudut varian yang berbeda. Dari data analisis tersebut di hasilkan makin tinggi nilai sudut *guide vane* maka makin kecil tegangan internal maksimum yang terjadi. Dalam penelitian ini 19 variasi sudut bukaan *guide vane* di bagi menjadi 3 bagian yakni tipe *flow pattern region II*, *Deflection Region*, dan tipe *flow pattern region I*. nilai tegangan internal maksimum dan torsi berada di tipe *flow pattern region II*. Hasil dari penelitian ini adalah tegangan maksimum terjadi pada bagian penyambungan antara *guide vane* dan poros. Perubahan atau pergerakan sudut bukaan *guide vane* sangat signifikan dalam perubahan tegangan maximum pada sudut di bawah 3° sementara tegangan berkurang di atas 3°. perubahan sudut langsung dari *flow pattern region II* sampai tipe *flow pattern region II* tanpa melewati *deflection region* dapat mengakibatkan perubahan tegangan yang signifikan sehingga berpotensi merusak struktur bagian pada *guide vane* dan penggerak. Penelitian ini fokus pada analisis perubahan bukaan sudut terhadap perubahan tegangan di bagian penyambung antara *guide vane* dengan poros dan pengambilan nilai momen diambil dari uji aliran pada *software* CFD kemudian nilai momen tersebut di rubah ke nilai tegangan dan torsi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mafruddin dan Marsuki (2017). Melakukan percobaan eksperimental pada analisis pengaruh bukaan *guide vane* terhadap efisiensi performa keseluruhan turbin. Analisis dilakukan dengan memvariasikan 4 bukaan sudut *guide vane* yakni 20%, 40%, 60% dan 80%. Diketahui dari analisa tersebut bahwa bukaan *guide vane* pada turbin bankie/ *crossflow* berpengaruh terhadap nilai efisiensi turbin yakni makin besar bukaan *guide vane* maka makin besar efisiensi turbin yang terjadi. Penelitian ini hanya mencoba membuktikan apakah bukaan *guide vane* berpengaruh terhadap efisiensi performa turbin secara keseluruhan dengan tidak menganalisa berapa tegangan dan torsi yang terjadi pada *lever linkage guide vane* khususnya tegangan dan torsi antara *guide vane* dengan poros pada setiap besaran varian sudut bukaan *guide vane*.

Budiman B.A, et al (2016). Melakukan riset mengenai desain *fail-safe* mekanisme pada pengaturan bukaan atau *guide vane* pada turbin francise. Simulasi dalam riset ini dilakukan dengan aplikasi *Computational Fluid Dynamic* berdasarkan *Finite Element Methode*. Analisa dilakukan secara spesifik pada salah satu bagian mekanisme bukaan *guide vane* yakni adalah bagian pin geser atau *shear pin* sebagai komponen kritis pada rangkaian mekanisme tersebut untuk di desain menjadi bentuk yang sederhana. *Shear pin* yang di desain tersebut harus tahan terhadap beban statis dan dinamis tetapi harus hancur pada bilangan beban tertentu sehingga rangkaian mekanikal *guide vane* tidak hancur secara keseluruhan. Riset dilakukan dengan membuat variasi derajat bukaan *guide vane* saat simulasi, serta beban berlebih dan beban dinamis akibat dari fenomena *waterhammer* juga turut di input. Bahan yang di aplikasikan pada *shear pin* tersebut antara lain ialah Al2024. *Shear pin* dengan material Al2024 yang terapkan pada simulasi ada dua jenis, yakni *shear pin* dengan *treatment artificial aging* dan *natural aging*. Dari simulasi pada riset tersebut dihasilkan *shear pin* Al2024 dengan *treatment* berupa *natural aging* adalah *shear pin* yang tepat dalam rangkaian sistem mekanisme *guide vane* yang di desain sebagai mekanisme *fail-safe* pada rangkaian bukaan *guide vane* turbin francise yang diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *shear-pin* yang memiliki *value* berupa *fail-safe* pada sistem mekanikal *guide vane* dan tidak membahas optimasi kekuatan *mechanical linkage guide vane* secara keseluruhan.

Dalam bukunya Subramanya, K (2013). Menerangkan bahwa celah antara *vane* dapat di atur dari bukaan maksimum hingga saluran terbuka. Tujuan adanya *guide vane* yakni untuk mengarahkan aliran air ke *runner* berdasarkan level kecepatan aliran air yang diinginkan dan juga pada arah tangensial ke ujung sudu *runner*. Pergerakan *guide vane* untuk membuka dan menutup aliran air tersebut akan memberikan *shock-free* kepada *runner*. Kemampuan untuk mengatur lebar celah antar *guide*

vane dapat membantu dalam mengontrol total keluaran air dari *nozzle* ke *runner*. Hal itu terkait dengan penyempurnaan tembakan air ke *runner*. Maka dari itu, *guide vane* juga yang merupakan bagian dari rangkaian mekanisme pengatur dan juga digunakan untuk memulai dan memberhentikan kinerja turbin. *Guide vane* pada umumnya terbuat dari baja cetak.

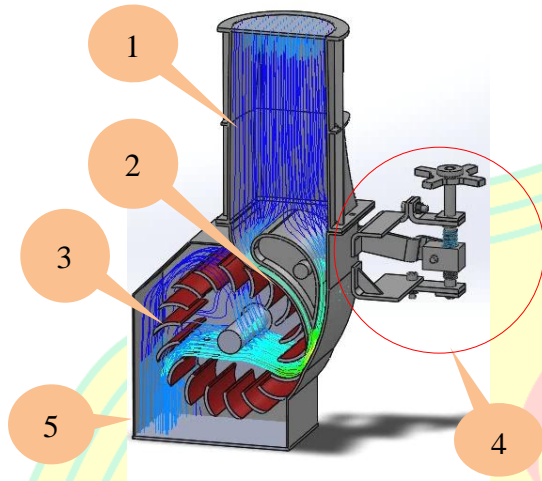
Hassi, Y dan Hashemloo, S. (2010). Menganalisa efisiensi pada turbin terkait dengan pembebanan yang terjadi pada sistem mekanisme *guide vane* yang di pasang. Riset ini dilakukan dengan melalui uji eksperimen dengan membuat suatu rangkaian aliran air menuju turbin dengan bantuan pendorong air berupa pompa menuju inlet turbine. Riset dilakukan dengan tidak memasang rangkaian mekanisme *guide vane* pada inlet turbin dan dengan dipasangkannya rangkaian mekanisme *guide vane* pada inlet. Lalu kedua metode tersebut di bedakan berdasarkan eksperimen tiap RPM yang berbeda serta posisi bukaan dengan bukaan penuh serta setengah penuh. Kemudian dua metode tersebut dibandingkan. Hasilnya adalah turbin dengan menggunakan mekanisme *guide vane* pada inlet turbin memiliki efisiensi 23% lebih besar dibandingkan efisiensi dengan tanpa memasang mekanisme *guide vane* pada inlet turbine. Penelitian ini tidak membahas analisa tegangan pada tiap batang. Dan hanya membuktikan hubungan efisiensi pada turbin terkait dengan ada atau tidaknya mekanikal *guide vane* yang terpasang pada turbin.

Riset yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan rangkaian mekanis *guide vane* untuk penggunaan pada turbin *crossflow* dengan metode simulasi *stress analysis*. Menurut Alchazin, (2011). *Stress Analysis* merupakan sebuah alat yang disediakan bagi pengguna *Autodesk Inventor* yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan. Fitur ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, waktu penjualan 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.

Metode ini di dukung oleh feature FEM (*Finite Element Methode*) yang menurut Liu, Yijun. (2004) *Finite Element Method* (FEM), atau *Finite Element Analysis* (FEA), didasarkan pada suatu gagasan yang membagi benda rumit, menjadi potongan kecil dan mudah diatur. Penerapan ide sederhana ini bisa ditemukan dimana-mana dalam kehidupan sehari-hari, begitu juga dalam bidang Teknik. Dari sini dapat diperoleh besaran SF (*Safety Factor*) yang terjadi pada rangkaian mekanisme *guide vane* yang telah di buat dalam bentuk 3D dan di simulasi *stress analysis* dengan *finite element methode* sehingga di tentukan desain rangkaian mekanisme *guide vane* seperti apa

yang dapat mencapai angka safety factor yang sesuai dengan kriteria desain.

Bagian utama turbin banki dapat di lihat pada Gambar 1 berikut :



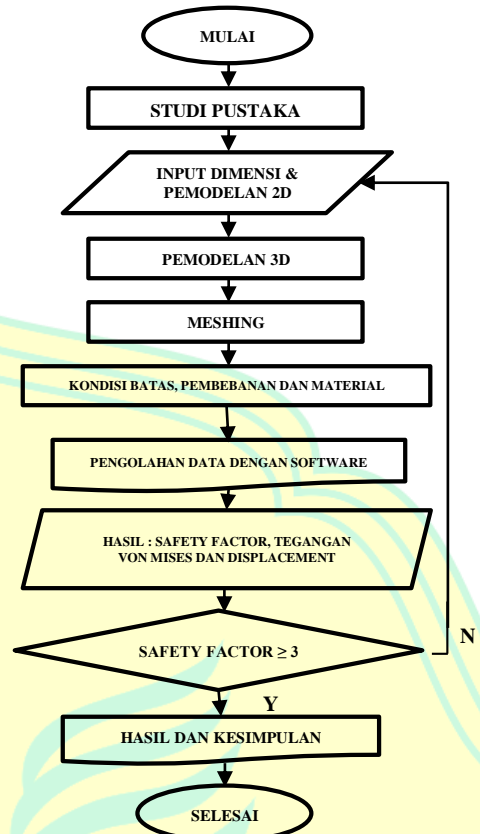
Gambar 1. Bagian Pada Turbin Banki

Bagian Utama Turbin :

1. Diffuser
2. Guide Vane
3. Runner
4. Linkage Guide Vane
5. Draft Tube

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perancangan, Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta menggunakan *software* AutoCAD, Inventor, dan *software* CFD. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir

Untuk ukuran parameter dan data lain pada turbin dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Parameter Desain dan Data Turbin

Parameter Desain	Data Kalkulasi	Dimensi Desain	Deskripsi
α_1	16°	16°	Sudut Masuk
β_1	30°	30°	Sudut Blade
D_1	200 mm	200 mm	Diameter Luar Runner
n	18 pieces	18 pieces	Jumlah Sudu Runner
V_1	10.18 m/s	10.18 m/s	Kecepatan Absolut Air
H	5,5 m	5,5 m	Head
N	468.84 rpm	470 rpm	Putaran Runner
Q	2 m ³ / min	2 m ³ / min	Debit Aliran
D_s	25 mm	25 mm	Diameter poros
S_1	16 mm	16 mm	Tebal Tembakan Nozzle

2.1. Rumus Tegangan Gabungan Von Mises

Tegangan gabungan Von Mises atau Hueber Mises Hencky (HMH) menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_B + \sigma_T)^2 + \alpha * (\tau^2 + \tau_s^2)} \quad \dots (1)$$

$$Sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_{red}} \geq 3 \quad \dots (2)$$

Dimana :

σ_B = Tegangan bengkok ... N/mm²

σ_T = Tegangan Tarik ... N/mm²

τ = Tegangan torsi ... N/mm²

τ_s = Tegangan geser ... N/mm²

α = 3 for HMH (Hueber Mises Hencky) –
Teori Energi Distorsi Maksimum

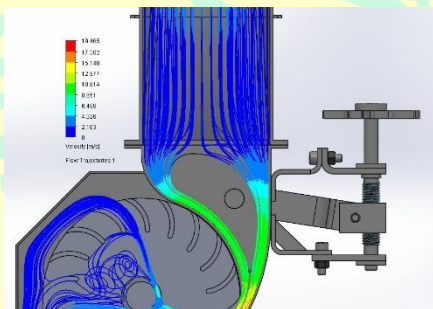
= 4 for Tresca-Guest - Teori Tegangan Geser Maksimum

S_f = Safety Factor ... ul (unitless)

σ_y = Tegangan Yield Bahan ... N/mm²

σ_{red} = Tegangan reduksi atau tegangan ekuivalen terjadi ... N/mm²

2.2. Nilai Drag Force pada Guide Vane



Gambar 2. Gambar Flow Simulation

Untuk mendapatkan nilai drag force maka digunakan software CFD *Flow Simulation*. Sehingga dengan menginput *surface* pada guide vane yang terkena aliran seperti yang terlihat pada gambar 2. dapat diketahui nilai *drag force* nya. Dan selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk pengujian pada komponen-komponen yang ada pada *mekanisme linkage guide vane*.

2.3. Material yang Digunakan

Dalam *software Inventor*, material yang digunakan berbeda-beda sesuai dengan standar material JIS G3101. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. *Mechanical Properties of Material*

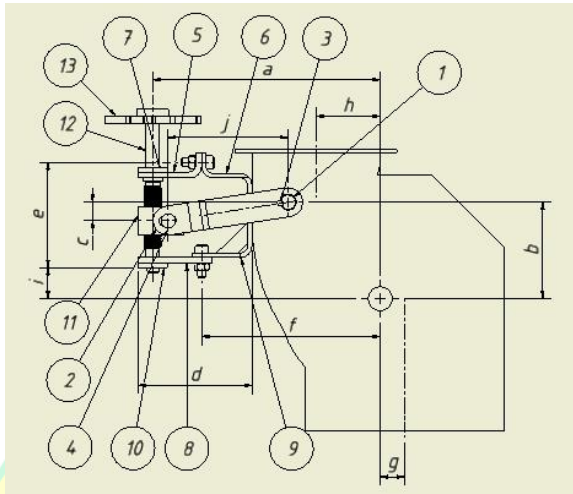
Part Name	Key	
Standart Material	S35C	
General	Mass Density	7.73 g/cm ³
	Yield Strength	304 MPa
	Ultimate Tensile Strength	510 MPa
Stress	Young's Modulus	190 GPa
	Poisson's Ratio	0.27 ul
	Shear Modulus	78.8031 GPa
Part Name	Lengan Poros Guide Vane, Lengan Atas Poros 1&2, Plat Poros Atas, Lengan Poros Bawah 1&2, Plat Poros Bawah, Link	
Standart Material	SS400	
General	Mass Density	7.8 g/cm ³
	Yield Strength	400 MPa
	Ultimate Tensile Strength	530 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	78.8462 GPa
Part Name	Poros Guide Vane, Pin, Poros Berulir	
Standart Material	SS45C	
General	Mass Density	7.7 g/cm ³
	Yield Strength	343 MPa
	Ultimate Tensile Strength	569 MPa
Stress	Young's Modulus	190 GPa
	Poisson's Ratio	0.27 ul
	Shear Modulus	78.8031 GPa

2.4. Perancangan Mekanisme *Linkage Guide Vane*

Pada mekanisme *linkage guide vane* yang dibuat, ada 13 komponen. Nama dan fungsi masing komponen dijelaskan pada gambar 3, sebagai berikut :

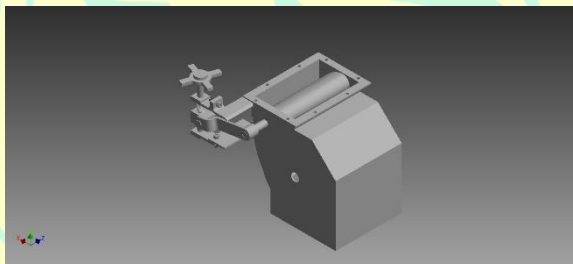
- 1) Poros *Guide Vane* berfungsi sebagaiudukan guide vane dan meneruskan gaya yang diteria oeh Guide Vane
- 2) Lengan Poros *Guide Vane* berfungsi untuk menahan momen yang terjadi pada *key*
- 3) Key berfungsi untuk menahan gaya yang terjadi pada poros
- 4) Pin berfungsi untuk menahan momen yang terjadi pada lengan poros *Guide Vane*
- 5) Lengan Atas Poros-1 berfungsi untuk menahan poros berulir.
- 6) Lengan Atas Poros-2 berfungsi untuk menahan lengan atas poros-1
- 7) Plat Poros Atas berfungsi untuk menahan poros berulir
- 8) Lengan Bawah Poros-1 berfungsi untuk menahan poros berulir.
- 9) Lengan Bawah Poros-2 berfungsi untuk menahan lengan bawah poros-1.

- 10) Plat Poros Bawah berfungsi untuk menahan poros berulir.
- 11) *Link* berfungsi untuk menahan pin pada lengan poros Guide Vane
- 12) Poros Berulir berfungsi menahan gerakan dan mengatur besarnya buka tutup guide vane
- 13) Handle berfungsi untuk memutar poros berulir.

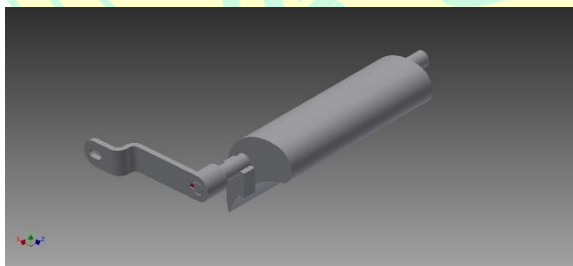


Gambar 3. Komponen-Komponen Mekanisme *Linkage Guide Vane*

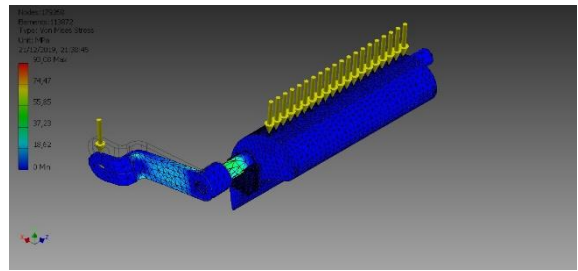
2.5. Pemodelan 3D dan FEM



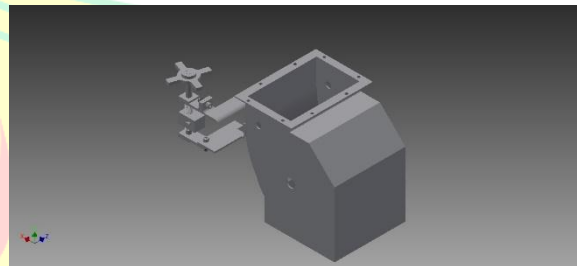
Gambar 4. *Full Assembly* Mekanisme *Linkage Guide Vane*



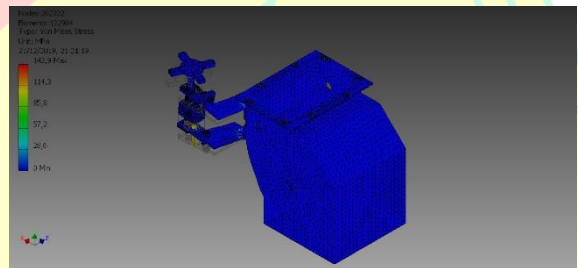
Gambar 5. *Assembly Percobaan 1*



Gambar 6. *Mesh View Percobaan 1*



Gambar 7. *Assembly Percobaan 2*

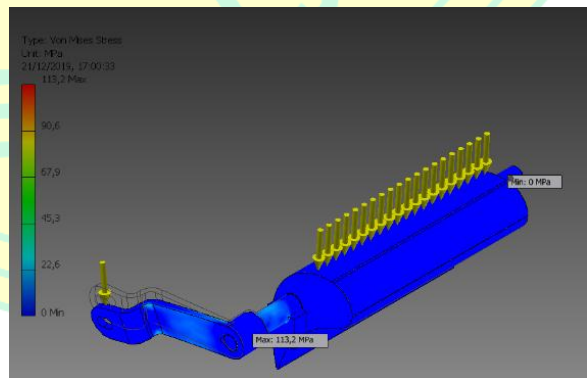


Gambar 8. *Mesh View Assembly Percobaan 2*

3. Hasil dan Pembahasan

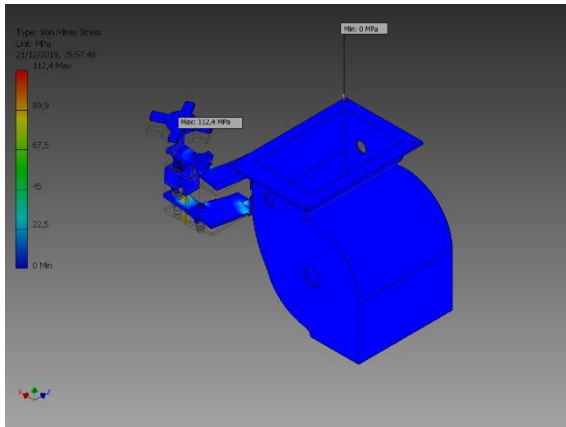
3.1. Hasil Analisa *Software* Autodesk Inventor

Setelah dilakukan analisa dan simulasi menggunakan *software* Autodesk Inventor diperoleh hasil daerah komponen mekanisme *linkage guide* yang berbahaya berada di bagian poros linkage seperti yang terlihat pada gambar 14 berikut.



Gambar 9. Hasil Simulasi Percobaan 1

Selanjutnya daerah komponen mekanisme *Linkage Guide Vane* yang berbahaya berada di lengan bawah poros 1 seperti yang terlihat pada gambar 15 berikut.



Gambar 10. Hasil Simulasi Percobaan 2

3.1. Pembahasan

Pada percobaan 1 yang terdiri dari poros *guide vane*, lengan poros dan *key* dilakukan pengujian *stress analysis* dan terlihat beban maksimal terjadi pada poros *guide vane* sebesar 113,218 MPa, sedangkan pada percobaan 2 yang terdiri dari lengan atas poros, lengan bawah poros, pin, poros berulir dan *handle* poros dan terlihat beban maksimal terjadi pada lengan poros bawah yaitu sebesar 112,418 MPa.

Maka diperoleh faktor keamanan minimum dari percobaan 1 adalah 3,02 ul dan pada percobaan 2 adalah 3,05 seperti yang terlihat pada tabel.

Tabel 3. Data Hasil Simulasi Pada *Software Inventor*

Name		Percobaan 1	Percobaan 2
Von Mises Stress	Min	0,000004168 MPa	0 MPa
	Max	113,218 MPa	112,418MPa
Displacement	Min	0 mm	0 mm
	Max	0,311919 mm	0,334126 mm
Safety Factor	Min	3,02 ul	3,05 ul
	Max	15 ul	15 ul

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan :

1. Desain poros adalah optimum dengan nilai $SF = 3,02$ ul , dimana batasan $SF \geq 3$ ul.
2. Bagian linkage, desainnya optimum dengan nilai $SF = 3,05$ ul , dimana batas $SF \geq 3$ ul.

Daftar Pustaka:

- Alchazin, Syaiful A.B. (2011). *Modul Taringing; Inventor Autodesk 2012*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Pusat Teknologi Rumpin, Bogor.
- Budiman, B. A., Suharto, D., & Djodikusumo, I. (2016). *Fail-safe design and analysis for the guide vane of a hydro turbine*. 8(10), 1–8.

<https://doi.org/10.1177/1687814016658178>

Haimerl L.A. (1960). —*The Cross-Flow turbine*.l Water Power West Germany, Vol. 12, No. 1, pp. 5-13.

Hassi, Y. (2010). *Improvement of the efficiency of the Agnew micro hydro turbine at part loads due to installing guide vanes mechanism*. Energy Conversion and Management, 51(10), 1970–1975.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.02.029>

Ji, Q., Liao, W., Fan, H., & Yang, H. (n.d.). *Structural characteristic analysis of the guide vanes of a pump turbine which working at the slight opening region*. 1–6.

K, Subramanya (2013). *Hydraulic Machines*. Tata McGraw-Hill Education; 1st Edition.

Liu, Yijun. (2004). *Lecture Notes : Introduction to The Finite Element Method*. CAE Research Laboratory, Mechanical Engineering Department, University of Cincinnati, U.S.A.

Mafruddin dan Marsuki (2017). *Pengaruh Bukaannya Guide Vane Terhadap Kinerja Turbin Pikohidro Tipe Crossflow*. TURBO Vol. 6 No. 1.2017.

<http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>.

Menteri Energi Sumber Daya Mineral, *Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Listrik Perdesaan Tahun Anggaran 2011*. Kementerian ESDM RI. 2011

Suwignyo, I. M. & A. M. (2018). *Desain dan Pembuatan Turbin Gas*. 90–96.

RIWAYAT HIDUP



Prima Chandra Utama Lahir di Jakarta, pada tanggal 30 Agustus 1996. Putra kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Suroso dan Ibu Siti Rokayah. Bertempat tinggal di Jl. Swadaya IX, No. 20, RT 012 / RW 01, Kel. Duren Sawit, Kec. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur DKI Jakarta 13440.

Pernah menempuh pendidikan di SD Negeri Duren Sawit 02 Jakarta Timur, SMP Negeri 27 Jakarta Timur, SMK Negeri 26 Pembangunan Jakarta Timur, dan Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT).

Pengalaman Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang pernah dilaksanakan di PT. Cakratunggal Steel Mills periode Juni-Juli 2018 pada Departemen Produksi bagian *Technical Staff Maintenance* dan pernah melaksanakan PKM di SMK Negeri 1 Kota Bekasi tahun 2019.