

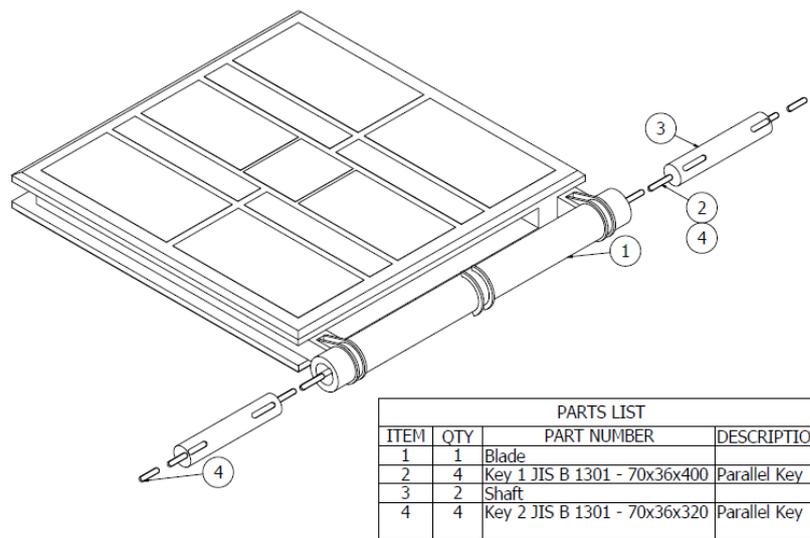
**BAB IV**  
**HASIL PERANCANGAN SISTEM PENAHAN *BLADE DAMPER***

**4.1 Analisa Sistem Mekanis *Diverter Damper* Kondisi 1**

Hasil simulasi dan analisa tegangan, regangan, dan faktor keamanan dari masing-masing komponen sistem mekanis *diverter damper* pada kondisi sekarang sebagai berikut:

**4.1.1 *Blade Damper***

Gambar 4.1 merupakan komponen dari *Blade damper* terdiri dari *blade*, *key*, dan *shaft*.

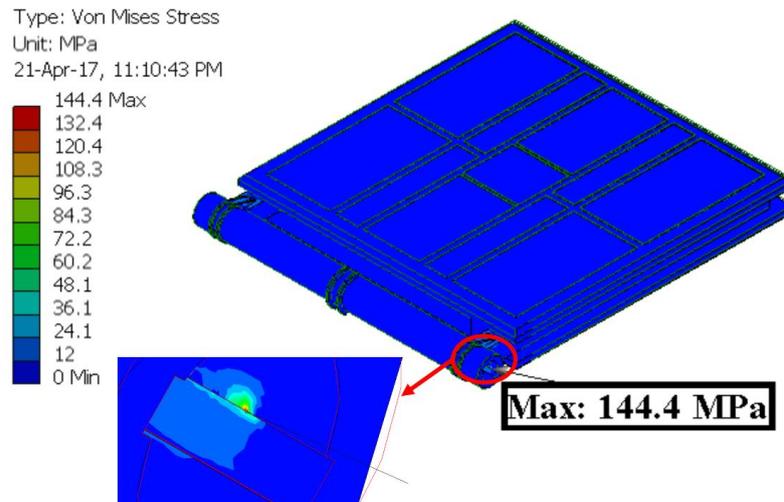


Gambar 4.1 Komponen *blade damper*

Hasil *stress analysis* pada masing-masing komponen *blade damper* sebagai berikut:

**1. *Blade***

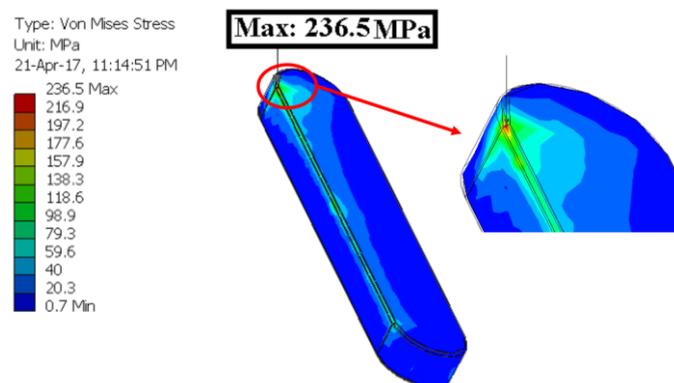
Gambar 4.2 menunjukkan hasil analisa *blade*. Tegangan maksimum terjadi pada bagian yang bersentuhan dengan *key* 1 pada bagian pinggir akibat gaya yang terjadi tidak merata. Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil dari simulasi dengan 3 parameter.

Gambar 4.2 Tegangan pada *blade*Tabel 4.1 Hasil Simulasi *Blade* (SS 321)

Tegangan (MPa)	144.4
Regangan	0.0007342
Faktor Keamanan	1.67

## 2. Key 1

Gambar 4.3 adalah hasil simulasi pada *key 1*, dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa terjadi pembebanan yang tidak merata sehingga menyebabkan tegangan maksimum terjadi pada bagian pinggir yang bersentuhan dengan *blade* akibat sudut puntir. Tabel 4.2 menunjukkan detail hasil simulasi pada *key 1*.

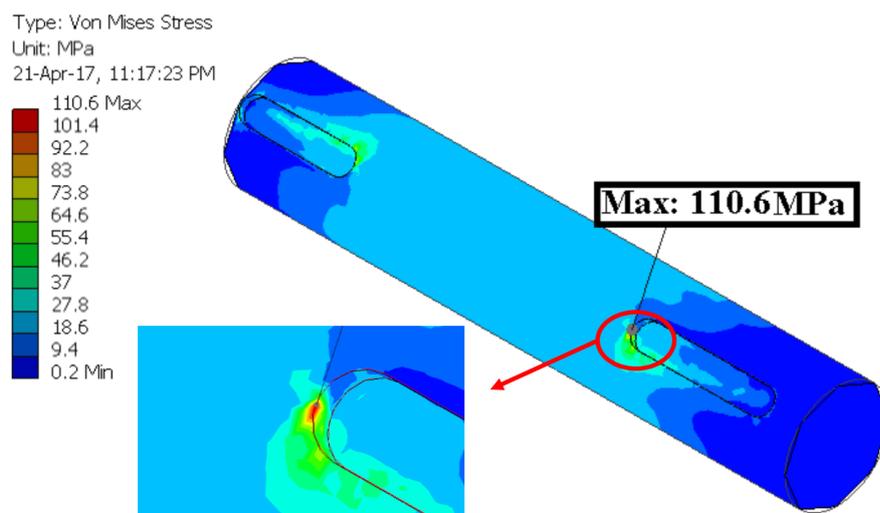
Gambar 4.3 Tegangan yang terjadi pada *key 1*

Tabel 4.2 Hasil Simulasi *Key 1* (SS 347)

Tegangan (MPa)	236.5
Regangan	0.001108
Faktor Keamanan	1.46

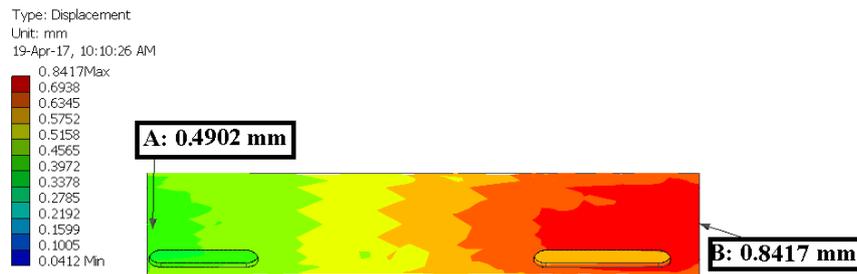
### 3. *Shaft*

Hasil simulasi pada *shaft* ditunjukkan pada gambar 4.4 dengan tegangan maksimum sebesar 110.6 MPa terjadi pada dudukan pin bagian pinggir akibat menerima beban terlebih dahulu. Table 4.3 menunjukkan hasil simulasi pada *shaft diverter damper*.

Gambar 4.4 Tegangan pada *shaft*Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Shaft* (SS 347)

Tegangan (MPa)	110.6
Regangan	0.000511
Faktor Keamanan	3.12

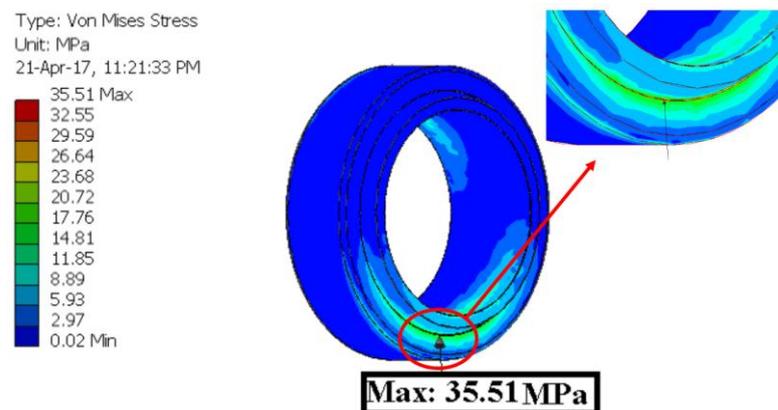
Gambar 4.5 menunjukkan *displacement* akibat momen puntir dan sudut puntir, pada posisi A (dihubungkan dengan *arm torque*) dan B (dihubungkan dengan *blade*).



Gambar 4.5 *Displacement* pada *shaft* akibat adanya momen puntir

#### 4.1.2 *Blade Damper Bearing*

Gambar 4.6 adalah hasil simulasi tegangan pada *bearing* yang berfungsi menahan beban dari *blade damper*. Tegangan yang terjadi sebesar 35.51 MPa pada bagian bawah seperti ditunjukkan anak panah. Table 4.4 adalah hasil simulasi pada *blade damper bearing*.



Gambar 4.6 *Bearing* pada *blade damper*

Tabel 4.4 Hasil Simulasi *Blade Damper Bearing* (AISI 440C)

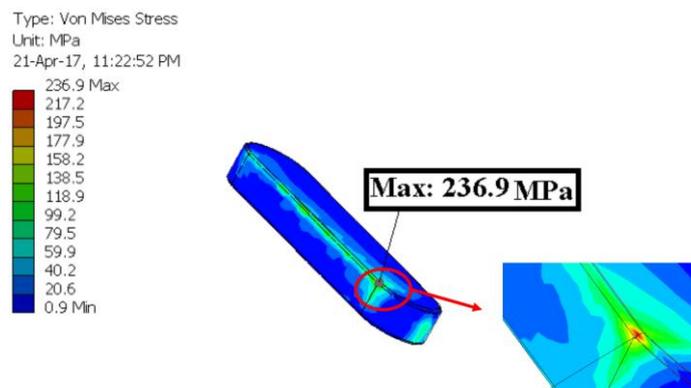
Tegangan (MPa)	35.51
Regangan	0.0001548
Faktor Keamanan	11.83

#### 4.1.3 *key 2*

*key 2* berfungsi mengunci antara *blade damper* dengan *arm torque*. Gambar 4.7 adalah hasil simulasi dari *key 2* dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian

pinggir yang bersinggungan dengan *arm torque*. Tegangan maksimum disebabkan oleh gaya yang tidak merata akibat perbedaan sudut puntir pada bagian *shaft*. Perbedaan sudut pada *key 2* ditunjukkan oleh gambar 4.8 dengan perbedaan nilai *displacement*.

Pada tabel 4.5 menunjukkan nilai tegangan, regangan, dan faktor keamanan dari *key 2*.

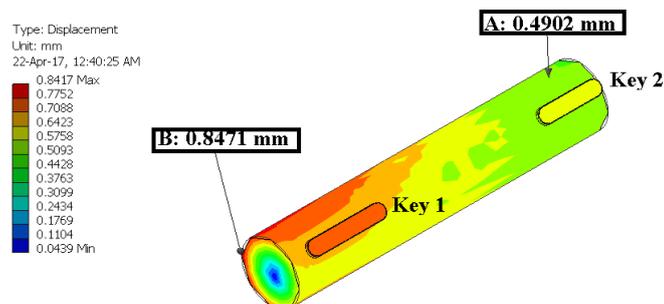


Gambar 4.7 Tegangan pada *key 2*

Tabel 4.5 Hasil Simulasi *key 2* (SS 347)

Tegangan (MPa)	236.9
Regangan	0.0001071
Faktor Keamanan	1.46

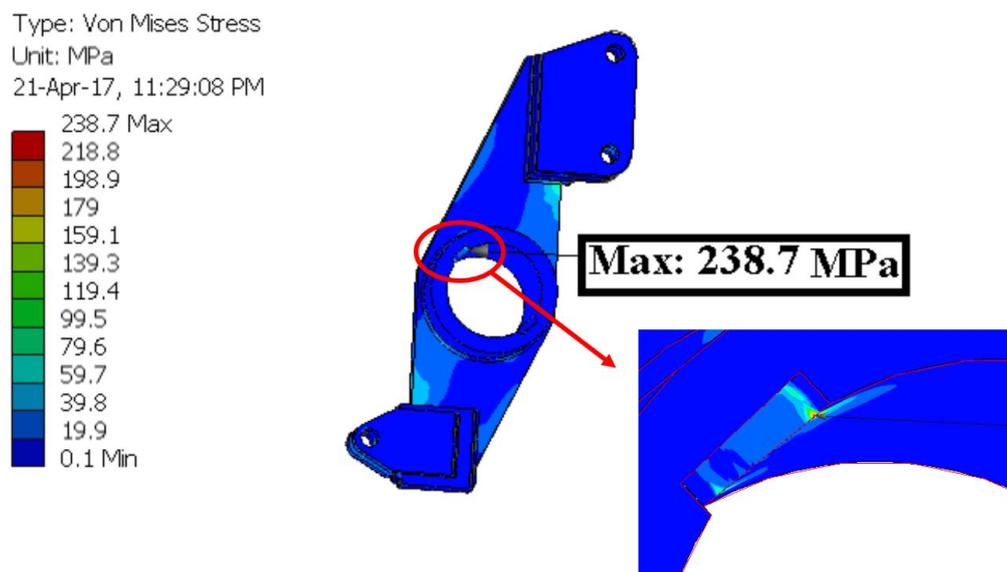
Gambar 4.8 merupakan lanjutan dari gambar 4.5 yang menunjukkan perbedaan warna *displacement* pada *key 2* dan *key 1* akibat sudut puntir yang terjadi pada *shaft*.



Gambar 4.8 *Displacement* pada *key 2* akibat sudut puntir

#### 4.1.4 Arm Torque

Hasil dari analisa tegangan pada *arm torque* diperoleh seperti ditunjukkan pada gambar 4.9. Gambar 4.9 memperlihatkan terjadi tegangan maksimum pada bagian *arm torque* yang mengalami kontak dengan *key 2*. Tegangan maksimum terjadi pada bagian pinggir akibat gaya yang terjadi pada *key 2* tidak merata. Tabel 4.6 menunjukkan hasil simulasi pada *arm torque*.



Gambar 4.9 Tegangan pada *Arm Torque*

Tabel 4.6 Hasil Simulasi *Arm Torque* (SS 321)

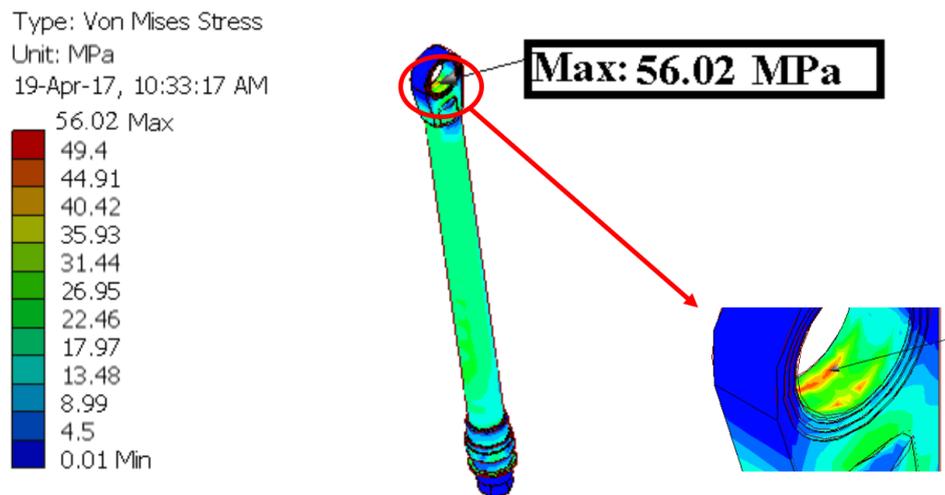
Tegangan (MPa)	238.7
Regangan	0.001138
Faktor Keamanan	1.01

#### 4.1.5 Actuator

*Actuator* memiliki dua buah komponen utama yaitu *plunger* dan *cylinder*. *Plunger* berfungsi untuk mengubah tekanan fluida menjadi gerakan translasi dan ujungnya dihubungkan dengan *arm torque*, untuk *cylinder* berfungsi sebagai dudukan dari *plunger* dan menampung fluida bertekanan. Ujung dari *cylinder* dihubungkan dengan *frame* yang berfungsi sebagai dudukan *actuator*.

## 1. *Plunger*

Hasil dari analisa *plunger* ditunjukkan pada gambar 4.10 dengan tegangan maksimum sebesar 56.02 MPa. Pada tabel 4.7 menunjukkan hasil simulasi pada *plunger*.



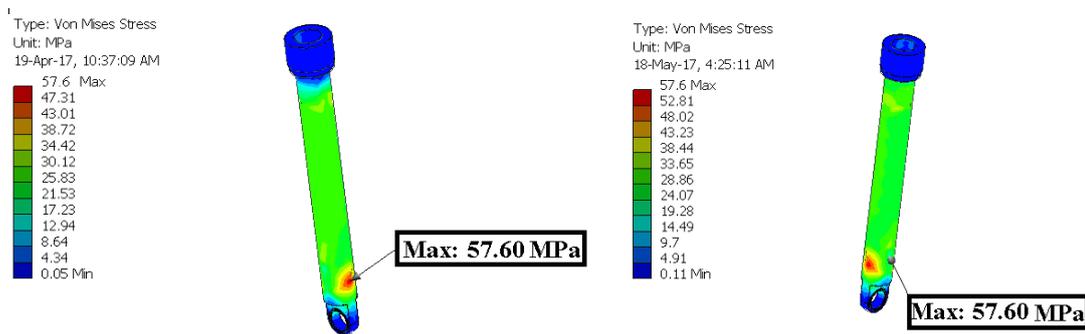
Gambar 4.10 Tegangan pada *plunger*

Tabel 4.7 Hasil Simulasi *Plunger* (Ductile Iron)

Tegangan (MPa)	56.02
Regangan	0.0003061
Faktor Keamanan	10.01

## 2. *Cylinder*

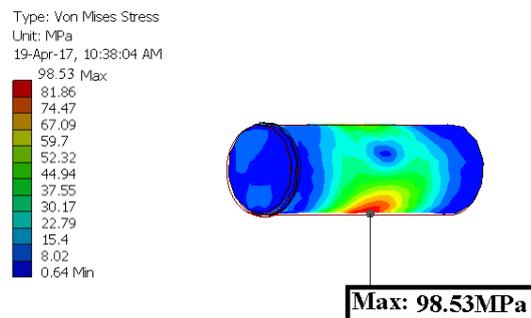
Gambar 4.11 menunjukkan hasil simulasi pada *cylinder* dengan tegangan maksimum ditunjukkan pada warna merah yang terjadi pada bagian bawah *cylinder*. Tegangan maksimum terjadi seperti terlihat pada gambar 4.11 akibat konsentrasi tegangan pada bagian yang berdekatan dengan dudukan *cylinder*. Tabel 4.8 adalah hasil simulasi dari *cylinder*.

Gambar 4.11 Tegangan pada *cylinder* (AISI 1025)Tabel 4.8 Hasil Simulasi *Cylinder* (AISI 1025)

Tegangan (MPa)	57.6
Regangan	0.000248
Faktor Keamanan	6.43

### 3. *Actuator Pin*

Pin pada *actuator* menerima beban dari *arm torque* dan diteruskan ke *bearing* kemudian menuju *actuator*, selain itu *pin actuator* juga terdapat pada bagian *cylinder*. Pada gambar 4.12 *actuator pin* menerima beban *cylinder* dari atas sehingga bagian bawah menerima tegangan tarik permukaan sebesar 98.53 MPa. Tabel 4.9 adalah hasil simulasi dari tegangan, regangan, dan faktor keamanan dari *actuator pin*.

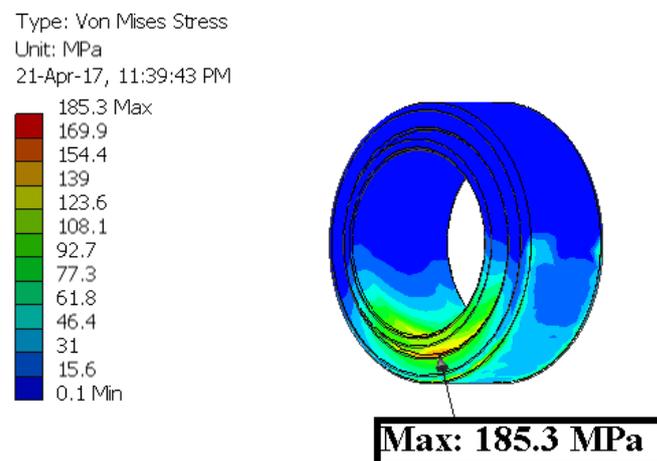
Gambar 4.12 Tegangan pada *pin actuator*

Tabel 4.9 Hasil Simulasi *pin actuator* (SS321)

Tegangan (MPa)	98.53
Regangan	0.0004325
Faktor Keamanan	2.45

#### 4. *Actuator Bearing*

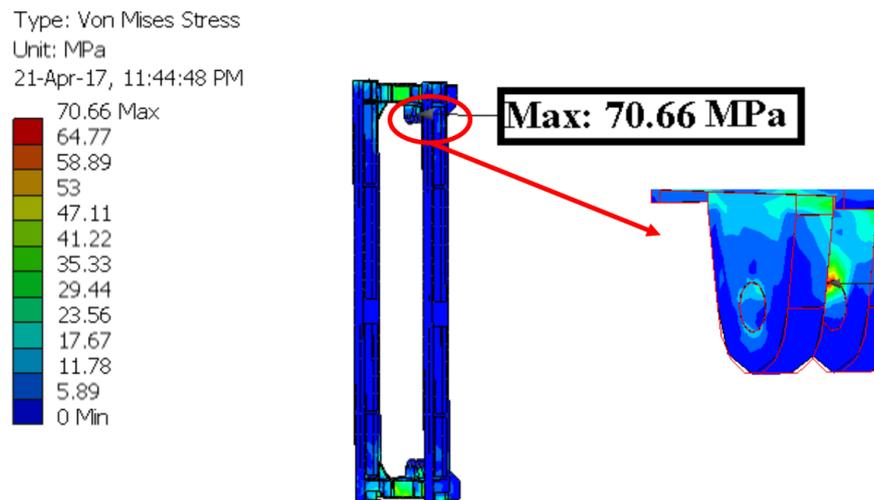
Gambar 4.13 adalah hasil simulasi tegangan *bearing* pada *actuator* dengan nilai maksimum terjadi pada bagian kontak akibat konsentrasi tegangan. Tabel 4.10 adalah detail hasil dari simulasi *bearing* pada *actuator*.

Gambar 4.13 *Bearing* pada *Actuator*Tabel 4.10 Hasil Simulasi *bearing* pada *actuator* (AISI 440C)

Tegangan (MPa)	185.3
Regangan	0.0007882
Faktor Keamanan	2.27

#### 4.1.6 *Frame*

*Frame* berfungsi sebagai dudukan *actuator* sehingga menerima beban tarik ketika *actuator* beroperasi. Gambar 4.13 menunjukkan hasil simulasi tegangan yang terjadi pada *frame* dengan nilai maksimum sebesar 70.66 MPa terjadi pada dudukan *pin actuator*. Tabel 4.11 adalah detail hasil simulasi pada *frame*.

Gambar 4.14 Tegangan pada *frame*Tabel 4.11 Hasil Simulasi *Frame (Mild Steel)*

Tegangan (MPa)	70.66
Regangan	0.0003067
Faktor Keamanan	3.11

## 4.2 Pembahasan Hasil dan Kesimpulan

Hasil analisa yang telah dilakukan pada komponen sistem mekanis *diverter damper* diperoleh pada saat *blade damper* posisi *full open* menyebabkan terjadi momen puntir pada bagian *shaft*. Nilai tegangan maksimum 238.7 MPa dengan faktor keamanan 1.01 terjadi pada *arm torque*. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi tegangan dan beban tidak merata akibat sudut puntir yang terjadi pada poros *blade damper*. *Arm torque* menggunakan material SS 321 dengan tegangan luluh sebesar 241 MPa, sehingga tegangan yang terjadi 99 % dari tegangan ijinnya. Pada tabel 4.12 menunjukkan hasil dari simulasi pada masing-masing komponen mekanis *diverter damper* pada kondisi sekarang (kondisi 1).

Dari simulasi dan analisa dapat disimpulkan bahwa tegangan akibat bobot *blade damper* menyebabkan tegangan kontak yang besar. Perlu adanya sistem penahan *blade damper* untuk mengurangi momen puntir yang terjadi pada *shaft* dan tegangan dari masing-masing komponen mekanis *diverter damper*. Dengan adanya

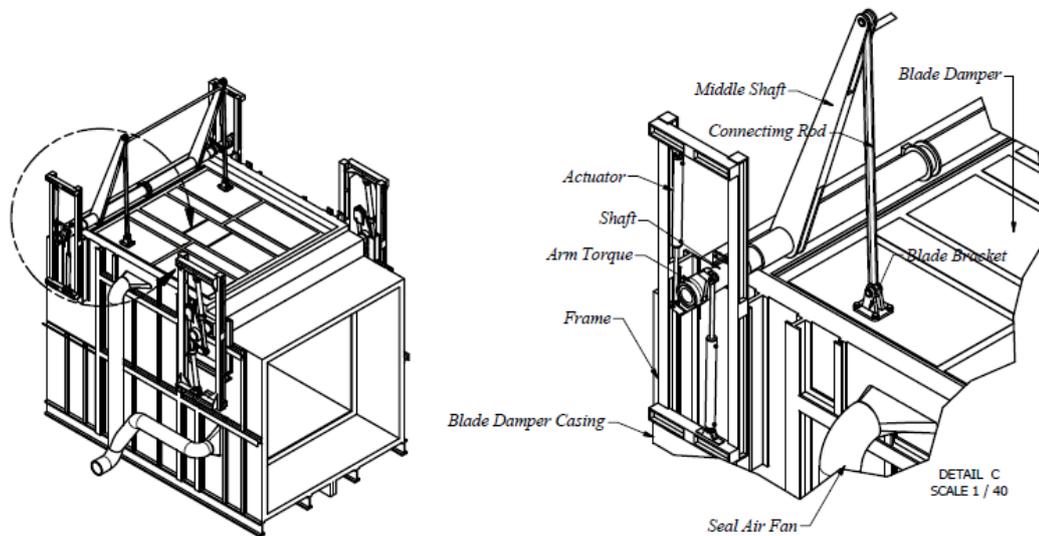
sistem penahan *blade damper* diharapkan dapat mengurangi momen puntir dan tegangan pada komponen mekanis *diverter damper*. Dengan berkurangnya tegangan pada sistem mekanis *diverter damper* maka dapat memperpanjang umur dari komponen tersebut.

Tabel 4.12 Tabel hasil simulasi dari masing-masing komponen *diverter damper* kondisi 1

<i>Component</i>	<i>Materials</i>	<i>Yield Strength</i> (MPa)	<i>Stress</i> (MPa)	<i>Strain</i> (MPa)	<i>Safety Factor</i>
<i>Blade</i>	SS321	241	144.4	0.0007342	1.67
<i>Key 1</i>	SS347	345	236.5	0.001108	1.46
<i>Shaft</i>	SS347	345	110.6	0.000511	3.12
<i>Blade Damper Bearing</i>	AISI 440C	420	35.51	0.0001548	11.83
<i>Key 2</i>	SS347	345	236.9	0.0001071	1.46
<i>Arm Torque</i>	SS321	241	238.7	0.0001138	1.01
<i>Actuator (Plunger)</i>	<i>Ductile Iron</i>	517	56.02	0.0003061	9.23
<i>Actuator (Cylinder)</i>	AISI 1025	370	57.6	0.000248	6.43
<i>Actuator (Pin)</i>	SS321	241	98.53	0.0004375	2.45
<i>Actuator (Bearing)</i>	AISI 440C	420	185.3	0.0007882	2.27
<i>Frame</i>	<i>Mild Steel</i>	220	70.66	0.0003067	3.11

### 4.3 Perancangan Komponen Sistem Penahan *Blade Damper*

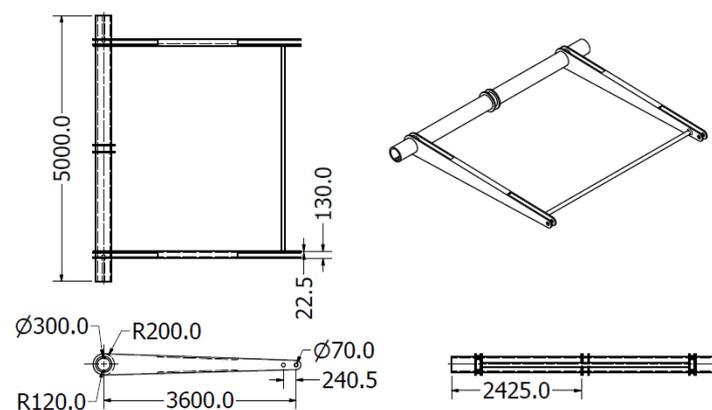
Perancangan sistem penahan *blade damper* menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015 dengan hasil seperti pada gambar 4.15. Perancangan dimulai dengan mendesain satu persatu komponen kemudian digabungkan (*assembly*) dan terakhir dilakukan simulasi tegangan, regangan, dan faktor keamanan.



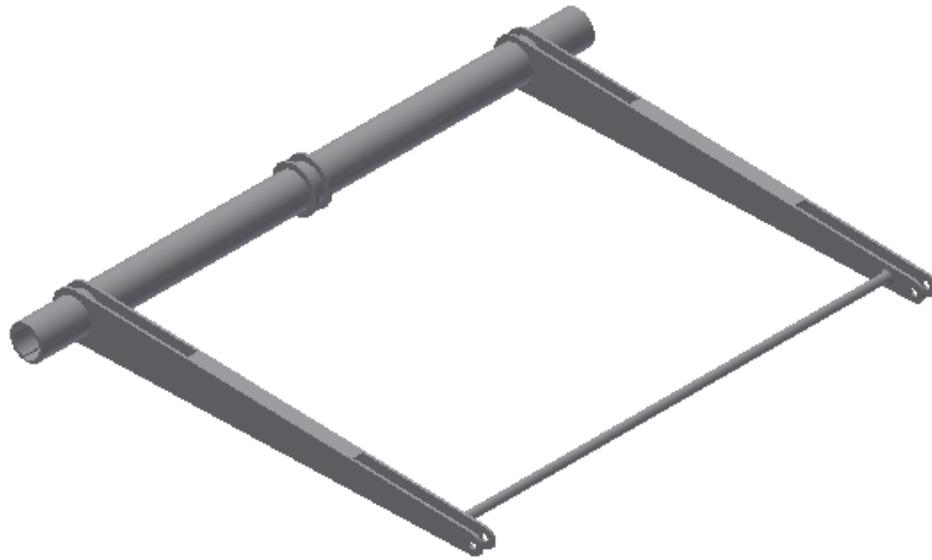
Gambar 4.15 Hasil perancangan sistem penahan *blade damper*

#### 4.3.1 Middle Shaft

*Middle shaft* atau poros tengah bergerak rotasi kurang dari 180 derajat dan berfungsi sebagai penerus gaya dari *side shaft* melalui *key 1* menuju *connecting rod*. Gaya dari *middle shaft* akan diteruskan ke *connecting rod* yang dihubungkan dengan *blade damper*. Gambar 4.16 dan gambar 4.17 adalah desain dari *middle shaft*.

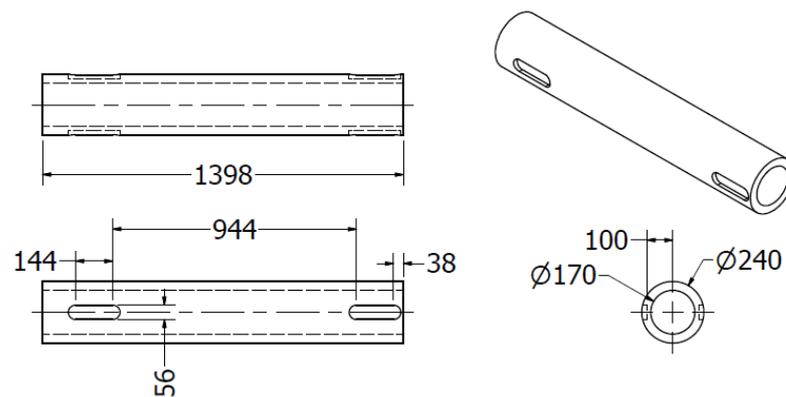


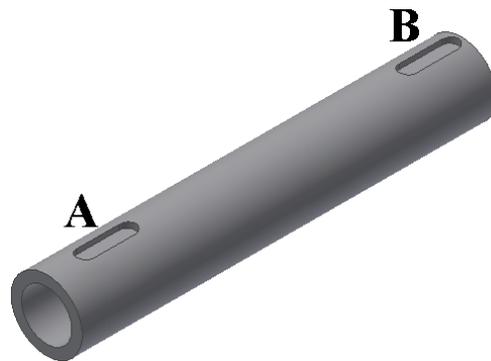
Gambar 4.16 Dimensi dari *middle shaft*

Gambar 4.17 *Middle shaft*

#### 4.3.2 *Side Shaft*

*Side Shaft R* berfungsi sebagaiudukan *key 1*, *key 2*, dan meneruskan gaya dari *middle shaft* menuju *arm torque R* atau sebaliknya. *Side shaft* memiliki 4 buah dudukan pin dan memiliki dimensi yang sama untuk poros kanan dan kiri, pada gambar 4.18 dan gambar 4.19 adalah rancangan dari *side shaft*.

Gambar 4.18 Dimensi dari *side shaft*

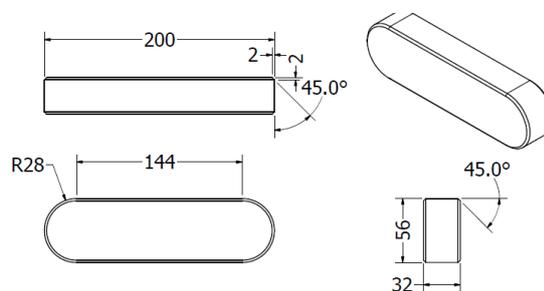


Gambar 4.19 Rancangan *side shaft*

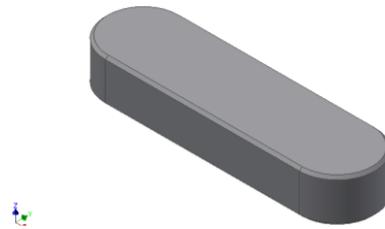
Huruf A pada gambar 4.19 merupakan dudukan dari *key 1* yang dihubungkan dengan *middle shaft*. Untuk huruf B adalah dudukan *key 2* yang dihubungkan dengan *arm torque R*.

#### 4.3.3 Key 1 R

*key 1* berfungsi untuk menghubungkan *side shaft* dengan *middle shaft*, rancangan dari *key 1* menyesuaikan dengan *key* yang sudah ada pada *blade damper* dengan dimensi yang berbeda. Ukuran dari *key 1* untuk poros 240 mm tidak tersedia pada tabel 4.13, sehingga dipilih ukuran *key 1* untuk poros 230 mm. Pada gambar 4.20 dan gambar 4.21 menunjukkan desain dari *key 1* seri JIS B 1301 (Jepang) setara dengan ANSI B17.1 (Amerika), DIN6885 (Jerman) (Machine Keystock, 2017).



Gambar 4.20 Dimensi dari *key 1* seri JIS B 1301



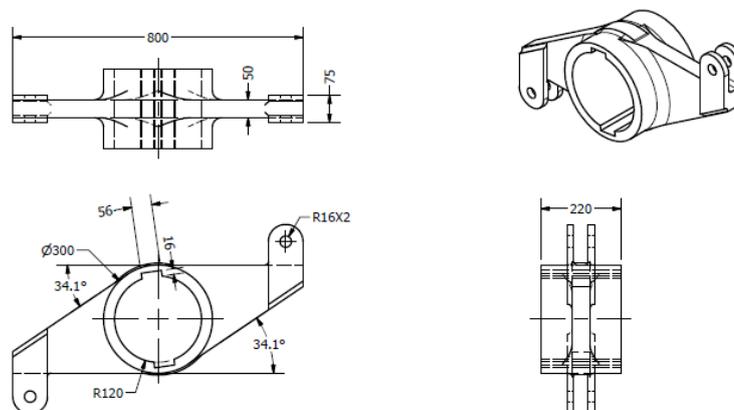
Gambar 4.21 Rancangan *key 1 R* seri JIS B 1301

Tabel 4.13 Ukuran pasak (Zainuri, 2010)

Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section		Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section	
	Width (mm)	Thickness (mm)		Width (mm)	Thickness (mm)
6	2	2	85	25	14
8	3	3	95	28	16
10	4	4	110	32	18
12	5	5	130	36	20
17	6	6	150	40	22
22	8	7	170	45	25
30	10	8	200	50	28
38	12	8	230	56	32
44	14	9	260	63	32
50	16	10	290	70	36
58	18	11	330	80	40
65	20	12	380	90	45
75	22	14	440	100	50

**4.3.4 Arm Torque R**

*Arm torque R* pada perancangan sistem penahan *blade damper* secara garis besar sama dengan *arm torque* yang sudah ada, yang membedakan dari *arm torque R* pada perancangan sistem penahan *blade damper* adalah dimensi yang lebih kecil. Gambar 4.22 dan gambar 4.23 adalah desain dari *arm torque R* pada perancangan sistem penahan *blade damper*.



Gambar 4.22 Dimensi dari *arm torque R*

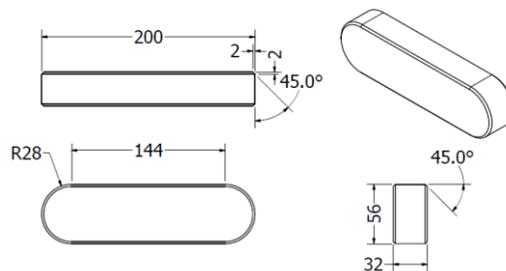


Gambar 4.23 Desain *arm torque R*

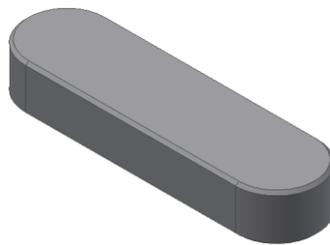
Fungsi dari *arm torque R* adalah meneruskan gaya dari *side shaft* ke *actuator* dan sebaliknya.

#### 4.3.5 *key 2 R*

Bentuk dari *key 2* memiliki bentuk yang sama dengan *key 1* seperti ditunjukkan pada gambar 4.24 dan gambar 4.25. Fungsi dari *key 2* adalah meneruskan gaya dari *side shaft* ke *arm torque R* dan sebaliknya.



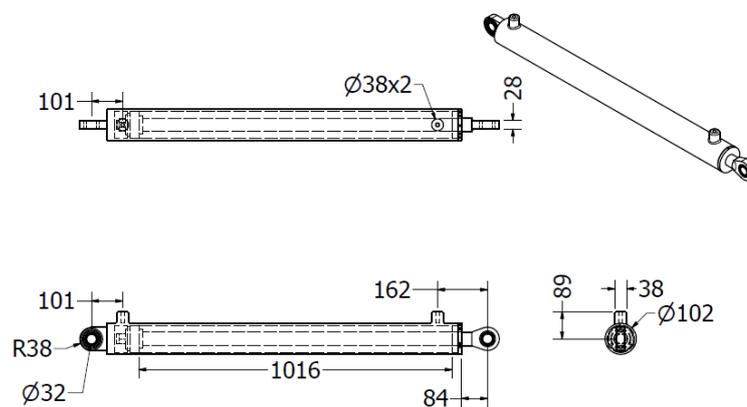
Gambar 4.24 Dimensi dari *key 2 R* seri JIS B 1301



Gambar 3.25 *key 2 R* seri JIS B 1301

#### 4.3.6 Actuator R

*Actuator R* berfungsi mengubah tekanan fluida hidrolik menjadi gerakan translasi. *Actuator R* pada sistem penahan *blade damper* ditunjukkan pada gambar 4.26 dan gambar 4.27 dengan tipe *900 SERIES* panjang *stroke* maksimum 40 inch (1016 mm). *Plunger R* menggunakan material *ductile iron* sedangkan *cylinder R* menggunakan material AISI 1025 (Alibaba.com). Spesifikasi ditunjukkan oleh lampiran 55.



Gambar 4.26 Dimensi dari *actuator R*

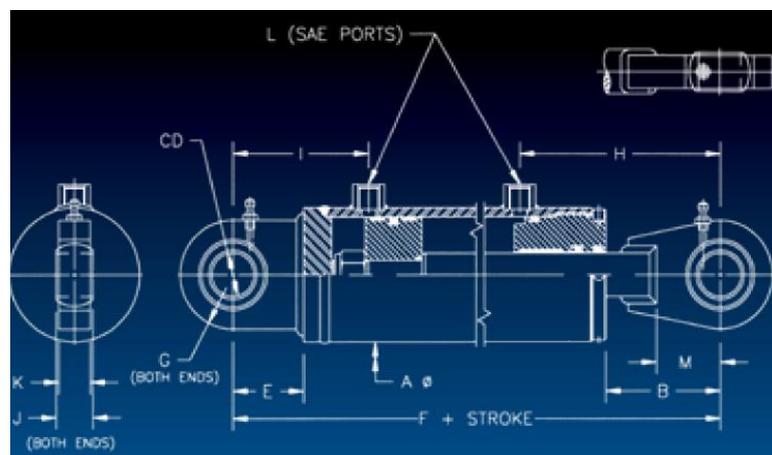


Gambar 4.27 *Actuator R* hasil desain AIP 2015

Tabel 4.14 dan gambar 4.28 adalah dimensi dari *actuator R*, terdapat 2 seri untuk *bore* 3.5 in, penulis memilih untuk tipe *rod* 1.75 in karena panjang *stroke* 40 in sudah mampu untuk mengoperasikan sistem penahan *blade damper*.

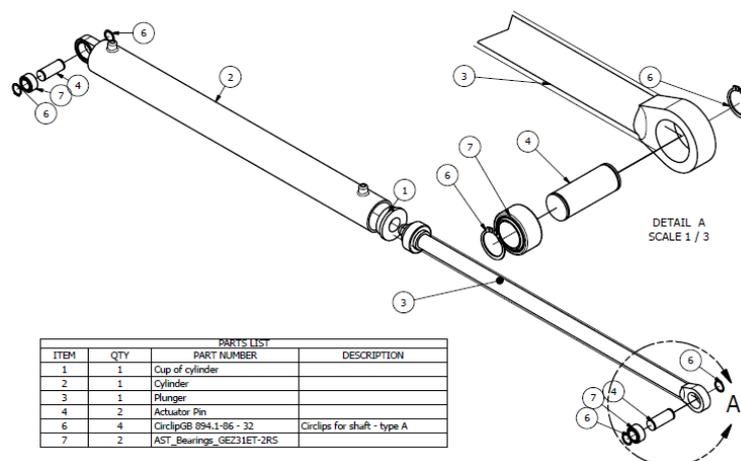
Tabel 4.14 Dimensi *actuator* yang ada dipasaran (*Aggressive Hydraulics*, 2017)

Bore	Rod	A	B	CD	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Maximum Stroke	Part #
3.50	1.75	4.00	3.94	1.250	2.00	12.75	1.50	6.38	4.00	1.093	.94	#8	2.00	40	910-***
	2.00	4.00	3.75	1.250	2.00	12.75	1.50	6.19	4.19	1.093	.94	#8	2.00	52	912-***



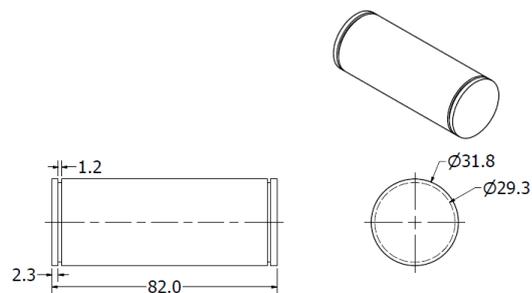
Gambar 4.28 Gambar teknik *actuator R* (*Aggressive Hydraulics*, 2017)

Pada gambar 4.29 menunjukkan letak dan urutan komponen dari *actuator R*.



Gambar 4.29 *Actuator R* dan komponennya

Pada gambar 4.30 dan gambar 4.31 adalah rancangan dari *actuator pin R* dengan 2 buah dudukan *circlips* pada bagian samping. *Actuator pin R* berfungsi sebagai dudukan *actuator R*.

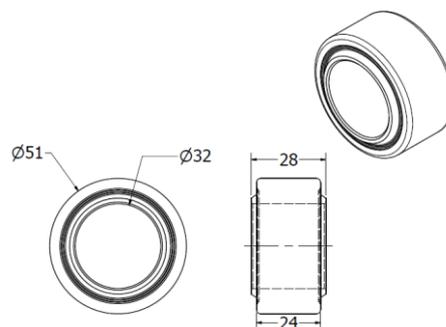


Gambar 4.30 Dimensi dari *actuator pin R*

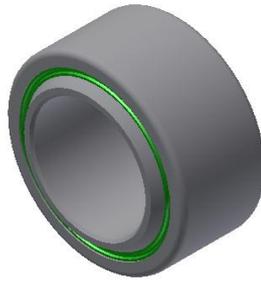


Gambar 4.31 *Actuator pin R*

Gambar 4.32 dan gambar 4.33 menunjukkan *actuator bearing R* jenis *Journal bearing* GEZ31ET-2RS dengan material 52100 *chrome steel*. Spesifikasi dari *Journal bearing* GEZ31ET-2RS ditunjukkan pada lampiran 48. *Bearing* ini berfungsi untuk meneruskan gaya dari *plunger R* ke *arm torque R* dan *cylinder R* ke *frame R*, selain itu untuk mengurangi gesekan.

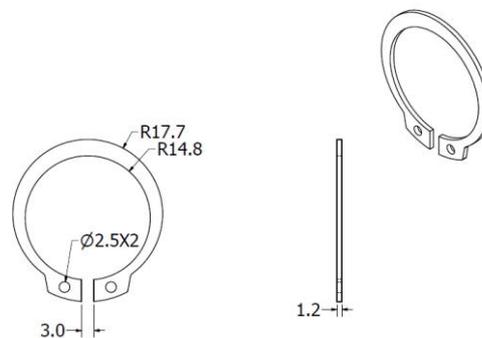


Gambar 4.32 Dimensi dari *actuator bearing R* (IJK Bearing, 2017)



Gambar 4.33 Actuator bearing R (IJK Bearing, 2017)

*Circlips* berfungsi untuk mengunci *actuator pin R* terhadap *frame R* dan *arm torque R* sehingga mencegah lepasnya *actuator pin R* dari dudukannya. Tabel 4.15 adalah dimensi dari *circlips* yang tersedia di pasaran. Diameter *actuator pin R* adalah 1.25 in atau 31.75 mm, dengan ukuran 31.75 mm maka di pasaran tidak tersedia sehingga menggunakan pendekatan menjadi 32 mm diperoleh *circlips* GB/T 894.1 1986 32.i seperti pada tabel 4.15.

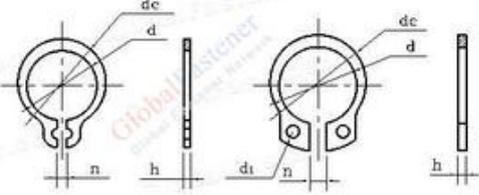


Gambar 4.34 Dimensi dari *actuator circlip* (GlobalFastener, 2017)



Gambar 4.35 Actuator circlip (GlobalFastener, 2017)

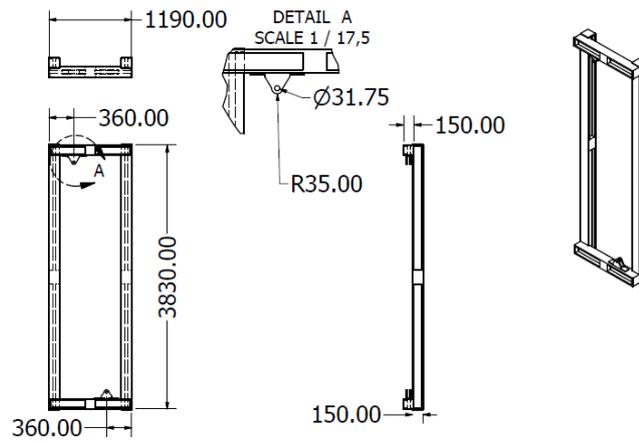
Tabel 4.15 Spesifikasi Circlips (GlobalFastener, 2017)



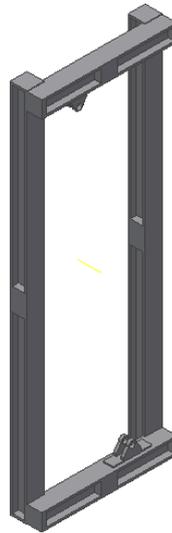
Unit:mm													
Diameter of the shaft d0	d		h		d1	Weight of per 1000 steel products≈kg	Diameter of the shaft d0	d		h		d1	Weight of per 1000 steel products≈kg
	Nom	Tol	Nom	Tol				Nom	Tol	Nom	Tol		
3	2.7		0.4	+0.03	1	0.02	55	50.8				10.76	
4	3.7	+0.04		-0.06		0.03	56	51.8				12.44	
5	4.7	-0.15				0.08	58	53.8				12.89	
6	5.6		0.6	+0.04		0.11	60	55.8	2	+0.06		13.34	
7	6.5	+0.06		-0.07	1.2	0.12	62	57.8		-0.18		13.78	
8	7.4	-0.18				0.19	63	58.8				17.61	
9	8.4		0.8	+0.04		0.22	65	60.8				18.16	
10	9.3			-0.10		0.24	68	63.5				19.58	
11	10.2				1.5	0.28	70	65.5	+0.46			20.12	
12	11					0.35	72	67.5	-1.10			20.74	
13	11.9					0.41	75	70.5			3	21.6	
14	12.9	+0.10				0.44	78	73.5				22.47	
15	13.8	-0.36			1.7	0.51	80	74.5	2.5			25.25	
16	14.7		1			0.65	82	76.5				25.89	
17	15.7					0.74	85	79.5				26.86	
18	16.5					0.78	88	82.5				27.89	
19	17.5			+0.05		0.81	90	84.5				31.46	
20	18.5	+0.13		-0.13		0.96	95	89.5				40.38	
21	19.5	-0.42				1.01	100	94.5				43.15	
22	20.5					1.06	105	98	+0.54			62.01	
24	22.2				2	1.76	110	103	-1.30			69.07	
25	23.2					1.84	115	108				76.78	
26	24.2	+0.21				1.91	120	113				80.06	
28	25.9	-0.42	1.2			2.22	125	118		+0.07		83.36	
29	26.9					2.39	130	123		-0.22		91.83	
30	27.9					2.47	135	128				100.7	
32	29.6					2.73	140	133				104.4	
34	31.5					4.03	145	138				108.3	
35	32.2					4.33	150	142				111.2	
36	33.2	+0.25			2.5	4.45	155	146	+0.63	3	4	120.2	
37	34.2	-0.50				4.58	160	151	-1.50			124.1	
38	35.2		1.5	+0.06		5.25	165	155.5				131.4	
40	36.5			-0.15		5.42	170	160.5				134.7	
42	38.5					5.64	175	165.5				142.1	
45	41.5	+0.39				6.09	180	170.5				149.7	
48	44.5	-0.90			3	6.5	185	175.5				156	
50	45.8		2	+0.06		9.76	190	180.5				160.2	
52	47.8			-0.18		10.16	195	185.5	+0.72			169.8	
							200	190.5	-1.70			174.1	

4.3.7 Frame R

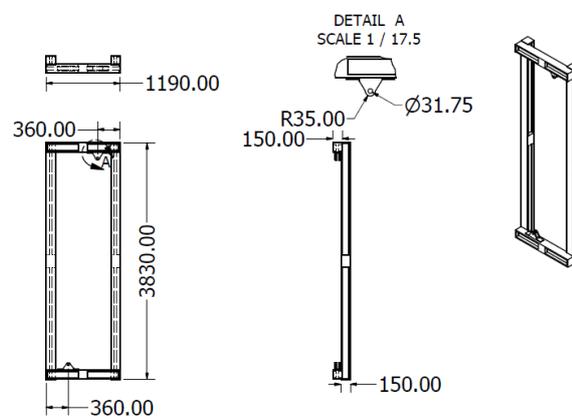
Pada gambar 4.36 dan gambar 4.37 adalah desain dari *frame R* sebelah kanan. Gambar 4.38 dan gambar 4.39 adalah desain *frame R* sebelah kiri. *Frame R* pada sistem penahan *blade damper* memiliki posisi dudukan *actuator R* dekat dengan *frame* sisi tegak, hal ini bertujuan supaya *actuator* dapat lebih tegak untuk mengurangi gaya arah horisontal. *Frame R* menggunakan material sama dengan *frame* yang sudah ada pada *diverter damper*. *Frame R* menerima beban tarik akibat 2 arah gaya yang berbeda pada dudukan *actuator R* bagian atas dan bawah.



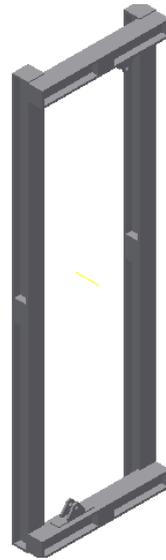
Gambar 4.36 Dimensi dari rancangna *frame R* kanan



Gambar 4.37 Rancangan *frame R* pada sistem penahan *blade damper*



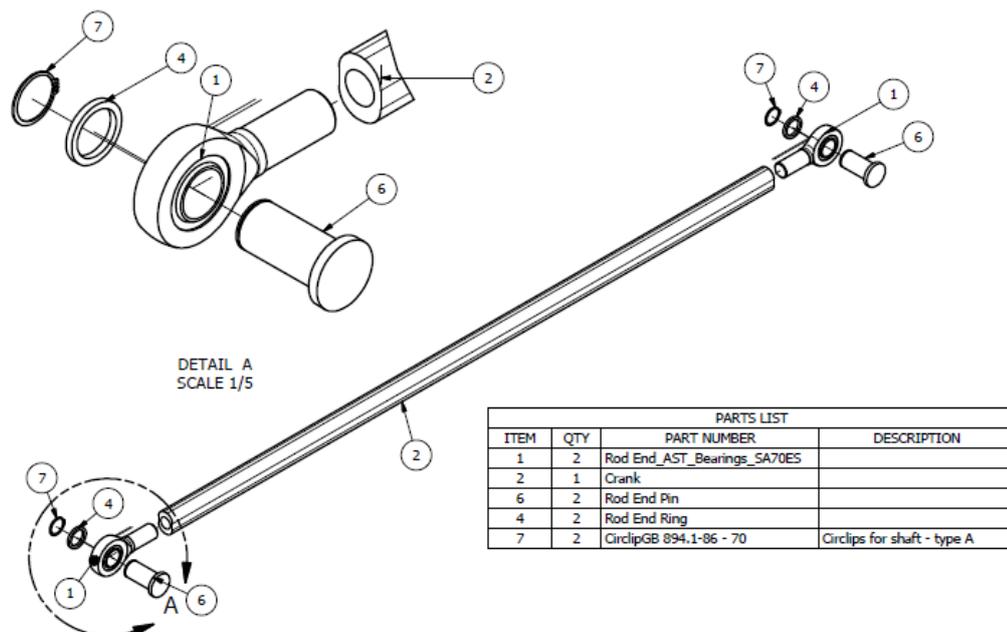
Gambar 4.38 Dimensi dari rancangan *frame R* kiri



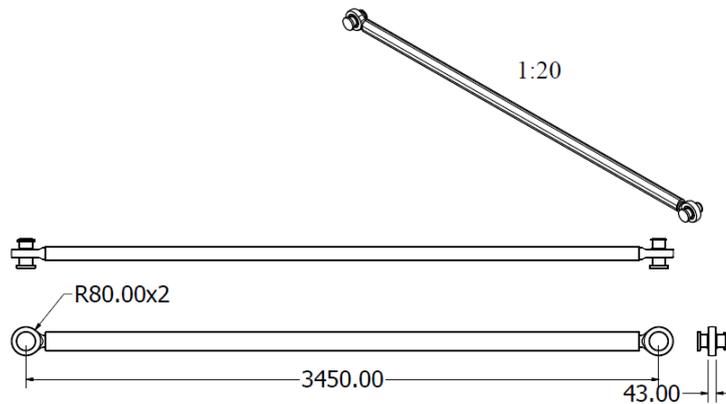
Gambar 4.39 Rancangan *frame R* kiri pada sistem penahan *blade damper*

#### 4.3.8 Connecting Rod

Gambar 4.40 menunjukkan komponen dari *connecting rod* seperti *crank*, *rod end*, *rod end pin*, *rod end circlips*, dan *rod end ring*. *Connecting rod* berfungsi untuk menghubungkan *blade bracket* dengan *middle shaft*. Gambar 4.41 dan gambar 4.42 adalah dimensi dan desain *connecting rod*.



Gambar 4.40 komponen *connecting rod*

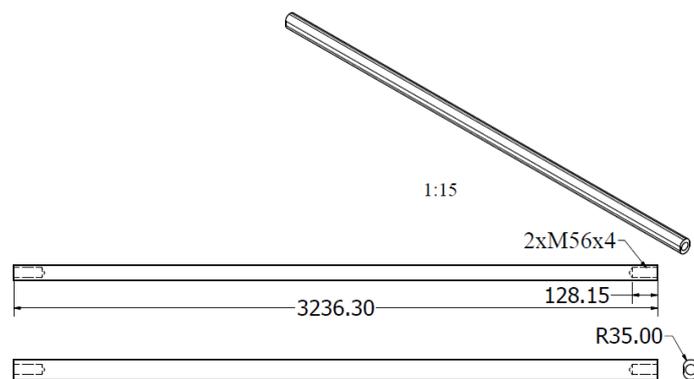


Gambar 4.41 Dimensi dari *connecting rod*

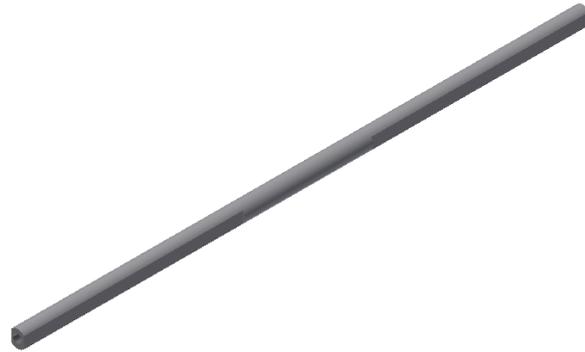


Gambar 4.42 *Connecting rod*

. Gambar 4.43 dan gambar 4.44 adalah rancangan dari *crank* yang berfungsi sebagaiudukan *rod end* pada kedua ujung dengan kedalaman *drill* 128.15 mm dan ulir M56X4.

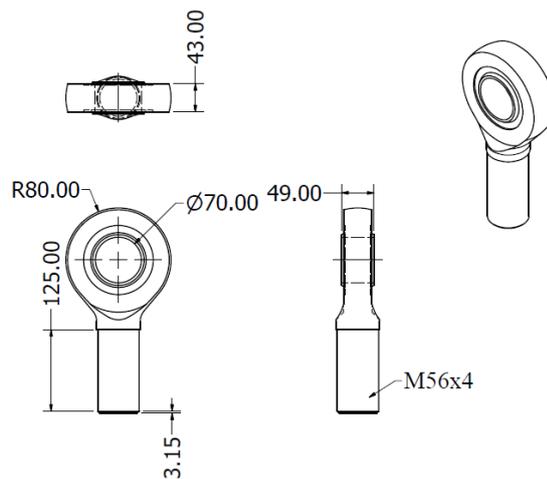


Gambar 4.43 Dimensi dari *crank*

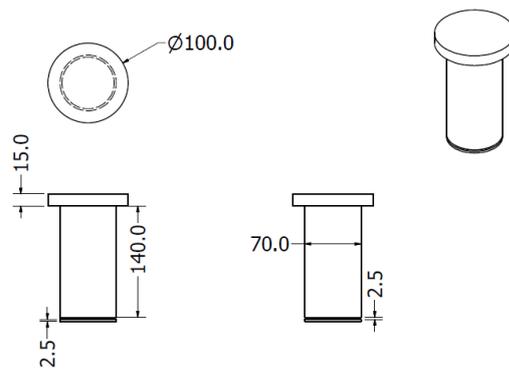


Gambar 4.44 Crank

Gambar 4.45 dan gambar 4.46 adalah *rod end* yang diperoleh dari *IJK bearing* dengan seri SA70ES *male series*. Spesifikasi dari *rod end* ditunjukkan pada lampiran 49.

Gambar 4.45 Dimensi dari *rod end* (IJK Bearing, 2017)Gambar 4.46 Rod end pada *connecting rod* (IJK Bearing, 2017)

Gambar 4.47 dan gambar 4.48 menunjukkan dimensi *rod end pin* yang terdapat pada *connecting rod* berfungsi sebagai dudukan *rod end*. Pada bagian ujung *rod end* terdapat dudukan untuk *rod end circlips*.

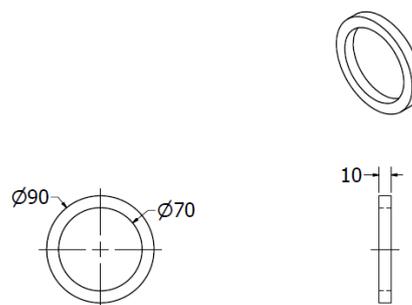


Gambar 4.47 Dimensi dari *rod end pin*



Gambar 4.48 *Rod end pin*

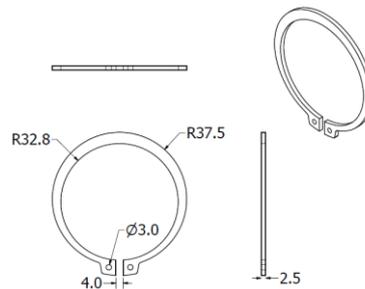
Gambar 4.49 dan gambar 4.50 adalah desain dari *rod end ring* yang terdapat diantara *blade bracket* dengan *circlips* pada *rod end*.



Gambar 4.49 Dimensi dari *rod end ring*

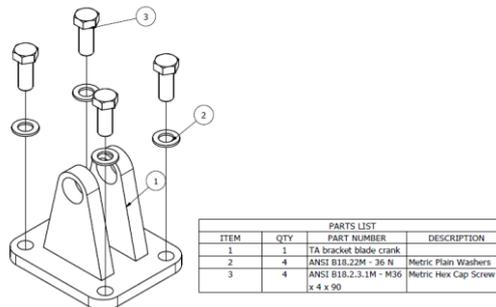
Gambar 4.50 *Rod end ring*

Gambar 4.51 dan gambar 4.52 merupakan *circlips* yang terdapat pada *rod end* dan berfungsi untuk mencegah *rod end pin* lepas dari dudukannya. Jenis dari *circlips* ini sama dengan *circlips* yang terdapat pada *actuator* tetapi dengan dimensi yang berbeda. Poros yang terdapat pada *rod end* memiliki diameter 70 mm sehingga dipilih *circlips* GB/T 894.1 1986 70.i seperti ditunjukkan pada tabel yang ada pada tabel 4.15.

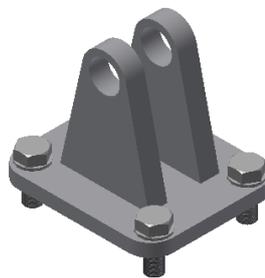
Gambar 4.51 Dimensi dari *rod end circlip* (GlobalFastener, 2017)Gambar 4.52 *Rod end circlip* (GlobalFastener, 2017)

#### 4.3.9 *Blade Bracket*

*Blade bracket* berfungsi untuk menghubungkan *connecting rod* dengan *blade damper*. *Blade bracket* dipasang pada *blade damper* menggunakan baut seperti ditunjukkan pada gambar 4.53 dan gambar 4.54.

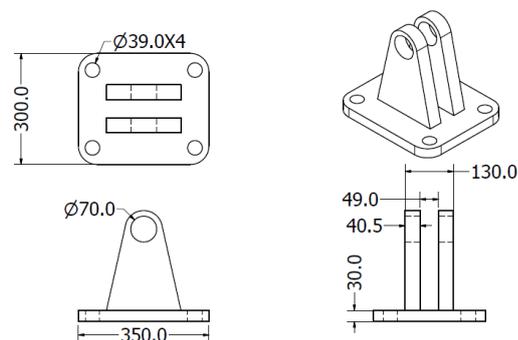


Gambar 4.53 Susunan *Bracket and bolt connection*

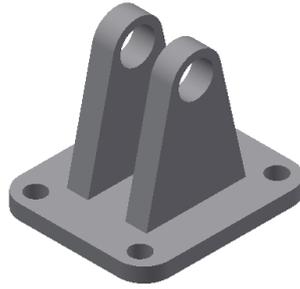


Gambar 4.54 *Bracket and bolt connection*

Gambar 4.55 dan gambar 4.56 merupakan desain dari *blade bracket* yang terdapat pada *blade damper* yang berfungsi sebagaiudukan *connecting rod*. Beban *blade damper* diteruskan melalui *blade bracket* dan selanjutnya ke *connecting rod*. Terdapat 4 buah lubang yang berfungsi untuk kedudukan baut yang dihubungkan dengan *blade damper*.

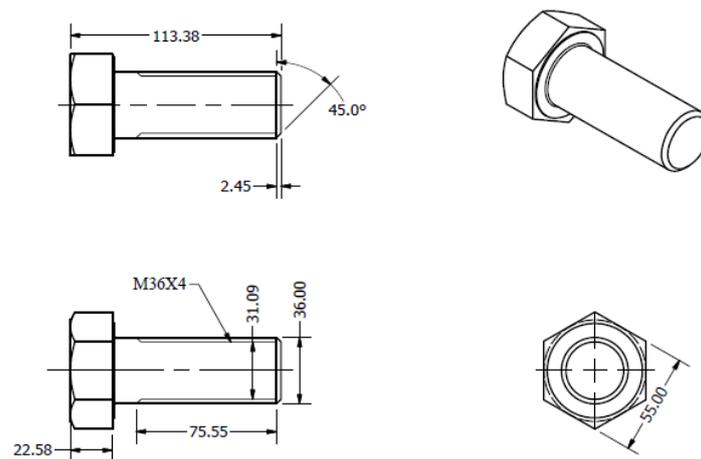


Gambar 4.55 Dimensi dari *blade bracket*



Gambar 4.56 *Blade bracket*

Gambar 4.57 dan gambar 4.48 adalah desain dari baut seri matrix M36X4X90. Spesifikasi dari ulir ditunjukkan pada tabel 4.16.



ANSI B18.2.3.1M-M36X4X90-55

Gambar 4.57 Dimensi dari *bolt connection*

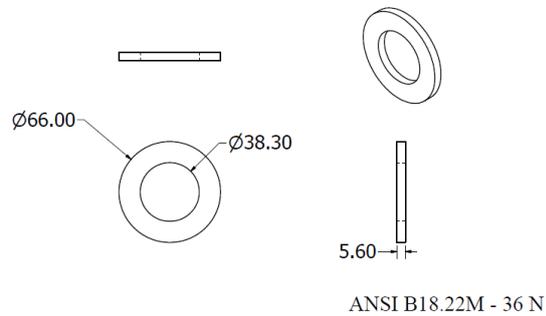


Gambar 4.58 *Bolt connection*

Tabel 4.16 Standar ulir ISO (Zainuri, 2010)

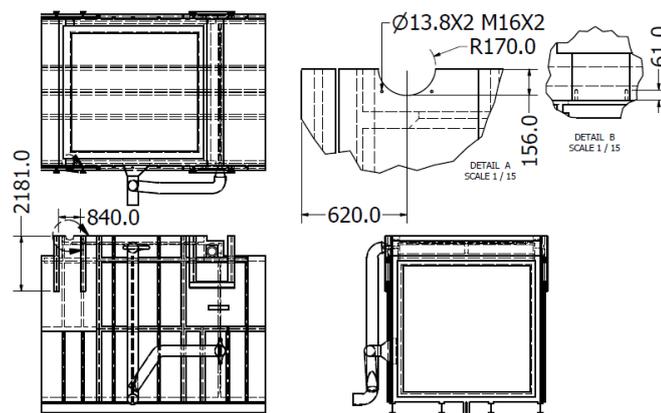
Designation	Pitch (mm)	Major or nominal diameter Nut and Bolt (mm)	Effective or pitch diameter Nut and Bolt (mm)	Minor or Core diameter (mm)		Depth of thread bolt (mm)	Stress area (mm <sup>2</sup> )
				Bolt	Nut		
M 7	1	7	6.35	5.773	5.918	0.613	28.9
M 8	1.25	8	7.188	6.466	6.647	0.767	36.6
M 10	1.5	10	9.026	8.16	8.876	0.92	58.3
M 12	1.75	12	10.863	9.858	10.106	1.074	84
M 14	2	14	12.701	11.546	11.835	1.227	115
M 16	2	16	14.701	13.546	13.835	1.227	157
M 18	2.5	18	16.376	14.933	15.294	1.534	192
M 20	2.5	20	18.376	16.933	17.294	1.534	245
M 22	2.5	22	20.376	18.933	19.294	1.534	303
M 24	3	24	22.051	20.32	20.752	1.84	353
M 27	3	27	25.051	23.32	23.752	1.84	459
M 30	3.5	30	27.727	25.706	26.211	2.147	561
M 33	3.5	33	30.737	28.706	29.211	2.147	694
M 36	4	36	33.402	31.093	31.67	2.45	817
M 39	4	39	36.402	34.093	34.67	2.45	976

Gambar 4.59 dan gambar 4.60 adalah ring yang terdapat pada baut *blade bracket* dengan seri 36 N.

Gambar 4.59 Dimensi dari *plain washer*Gambar 4.60 Rancangan *plain washer*

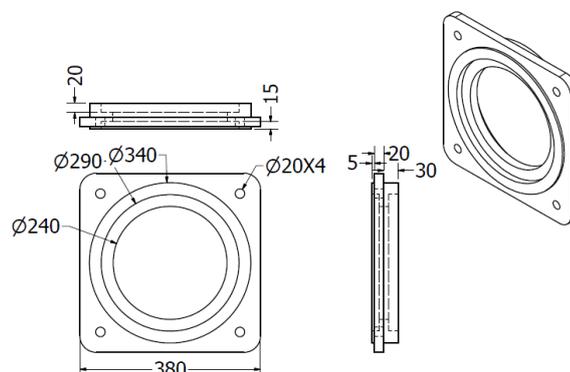
#### 4.3.10 *Diverter Damper Casing*

Gambar 4.61 menunjukkan perubahan pada *diverter damper casing* akibat penambahan sistem penahan *blade damper*. Perubahan terdapat pada penambahan lubang untuk dudukan *bearing* dan *side shaft*, selain itu terdapat dudukan *frame R* seperti ditunjukkan pada gambar 4.61 dengan panjang 2181 mm.

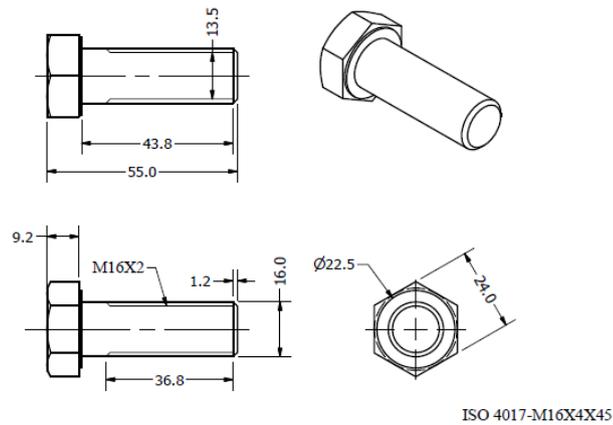


Gambar 4.61 Perubahan pada *diverter damper casing*

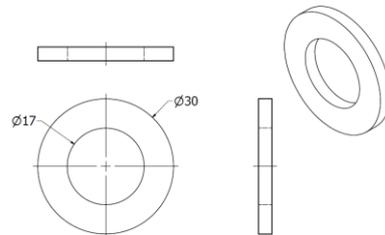
Gambar 4.62 adalah desain dari penahan *bearing* sisi luar (*Outer bearing holder*) dihubungkan dengan *blade damper casing* menggunakan baut seri *matrix* M16x2 seperti ditunjukkan gambar 4.63 dengan ring seperti pada gambar 4.64. Gambar 4.68 dan gambar 4.69 adalah susunan dari letak dan posisi dari komponen *diverter damper*.



Gambar 4.62 *Shaft Bearing stopper in*

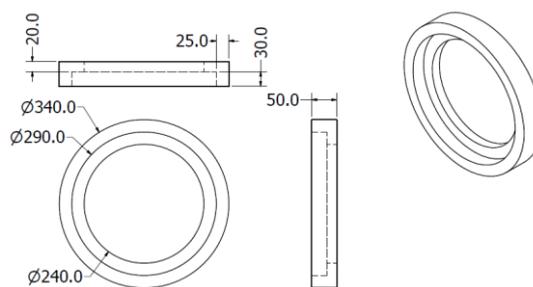


Gambar 4.63 *Bolt connection M16x2*



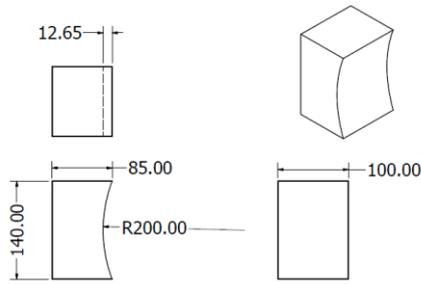
Gambar 4.64 *Plain washer 16 N*

Gambar 4.65 adalah desain dari penahan *bearing* sisi dalam dipasang dengan pengelasan pada jarak 155 mm seperti pada gambar 4.68 dan gambar 4.69.



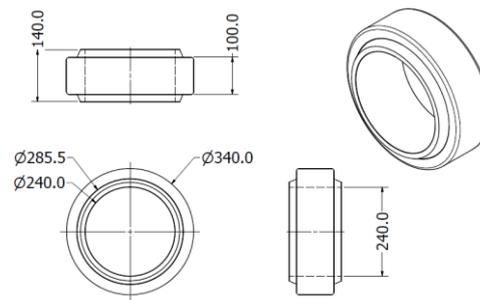
Gambar 4.65 *Shaft Bearing stopper out*

Gambar 4.66 adalah desain penahan *middle shaft* untuk mencegah pergeseran pada arah samping ketika beroperasi. Posisi dari *middle shaft stopper* berada di tengah *blade damper casing* seperti ditunjukkan pada gambar 4.68 dan gambar 4.69.

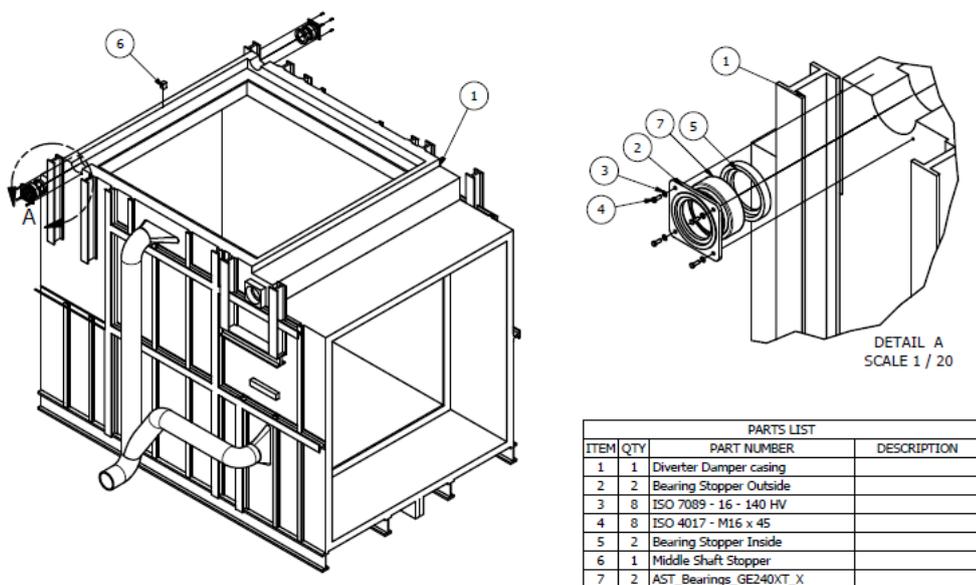


Gambar 4.66 Middle shaft stopper

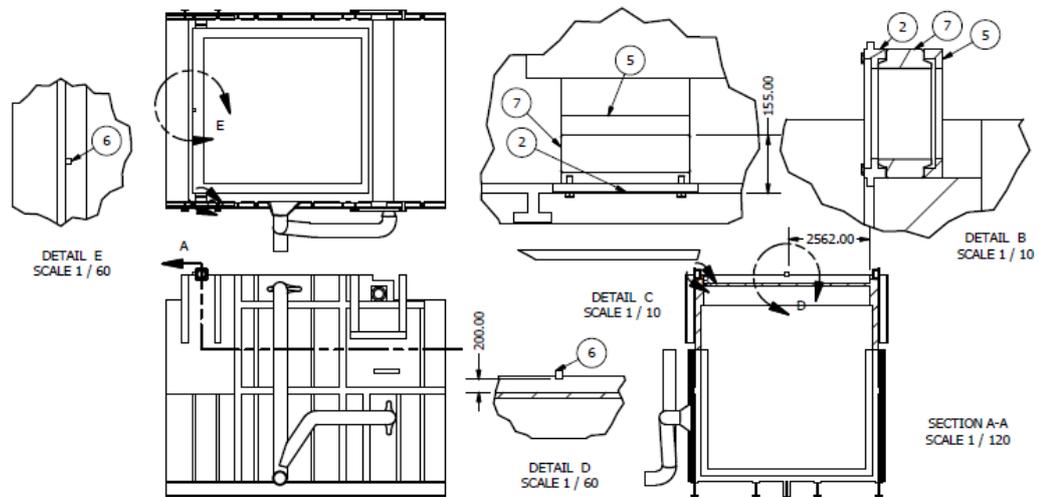
Gambar 4.67 adalah *journal bearing* seri GE240XT\_X yang terdapat pada *diverter damper* sebagai tumpuan *side shaft*, spesifikasi ditunjukkan pada lampiran 46. Letak dari *bearing* ditunjukkan pada gambar 4.68 dan gambar 4.69.



Gambar 4.67 Shaft Bearing



Gambar 4.68 Diverter damper casing dan komponennya

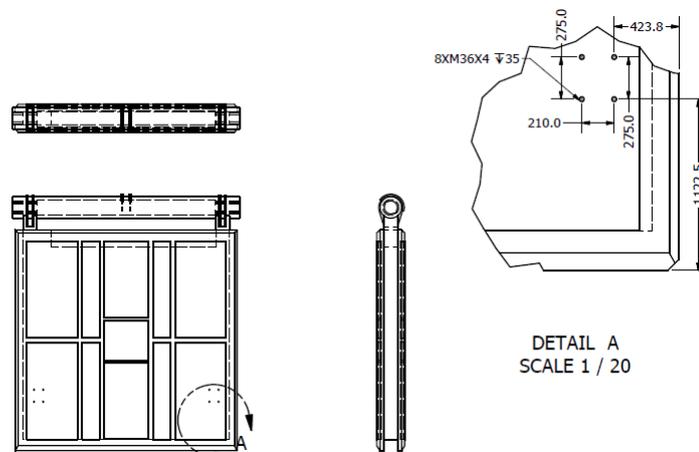


PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	Diverter Damper casing
2	2	Shaft Bearing Stopper Outside
5	2	Shaft Bearing Stopper Inside
6	1	Middle Shaft Stopper
7	2	AST_Bearings_GE240XT_X

Gambar 4.69 Dimensi komponen terhadap *diverter damper casing*

### 4.3.11 Blade Damper

Gambar 4.70 menunjukkan perubahan pada *blade damper* akibat penambahan *sistem penahan blade damper*. Ulir pada *blade damper* yang digunakan untuk dudukan *blade bracket* adalah matrix M16x4.



Gambar 4.70 Dimensi *drill* dudukan *blade bracket*

#### 4.4 Menentukan Material Komponen Sistem Penahan *Blade Damper*

Material yang dipilih pada perancangan sistem penahan *blade damper* seperti SS 321, SS 347, dan *mild steel*. Karakteristik dari masing-masing material seperti ditunjukkan pada tabel 4.17 sampai 4.23.

Table 4.17 Spesifikasi material SS 321 (AK Steel, 2013)

<i>Yield Tensile Strength</i>	241 MPa (34954 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	586 MPa (84992 Psi)
<i>Young Modulus</i>	193 GPa (2,8E+07 Psi)
<i>Density</i>	8,09 g/cm <sup>3</sup> (0,29 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.18 Spesifikasi material SS 347 (Aperam, 2017)

<i>Yield Tensile Strength</i>	345 MPa (50038 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	645 MPa (93549 Psi)
<i>Young Modulus</i>	193 GPa (2,8E+07 Psi)
<i>Density</i>	8 g/cm <sup>3</sup> (0,289/in <sup>3</sup> )

Table 4.19 material *mild steel* (Ashby dan Jones, 1980)

<i>Yield Tensile Strength</i>	220 MPa (31908 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	430 MPa (62366 Psi)
<i>Young Modulus</i>	193 GPa (2,8E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,8 g/cm <sup>3</sup> (0,282 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.20 Spesifikasi material *ductile iron* (Aggressive Hydraulics, 2016)

<i>Yield Tensile Strength</i>	517 MPa (75000 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	800 MPa (116000 Psi)
<i>Young Modulus</i>	177 GPa (2,5E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,3 g/cm <sup>3</sup> (0,264 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.21 Spesifikasi material 52100 *chrome steel* (Simply bearing, 2017)

<i>Yield Tensile Strength</i>	2034 MPa (295000 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	2241 MPa (325000 Psi)
<i>Young Modulus</i>	177 GPa (2,5E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,83 g/cm <sup>3</sup> (0,283 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.22 Spesifikasi material AISI 1025 (Azo, 2017)

<i>Yield Tensile Strength</i>	370 MPa (53700 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	440 MPa (63800Psi)
<i>Young Modulus</i>	200 GPa (2,9E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,3 g/cm <sup>3</sup> (0,264 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.23 Spesifikasi material AISI 440C (Azo, 2017)

<i>Yield Tensile Strength</i>	420 MPa (60915 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	785 MPa (113854Psi)
<i>Young Modulus</i>	210 GPa (3E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,8 g/cm <sup>3</sup> (0,282 lbf/in <sup>3</sup> )

Table 4.24 Spesifikasi material AISI 4320 (Azo, 2017)

<i>Yield Tensile Strength</i>	425 MPa (61600 Psi)
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	580 MPa (84100Psi)
<i>Young Modulus</i>	210 Gpa (3E+07 Psi)
<i>Density</i>	7,8 g/cm <sup>3</sup> (0,282 lbf/in <sup>3</sup> )

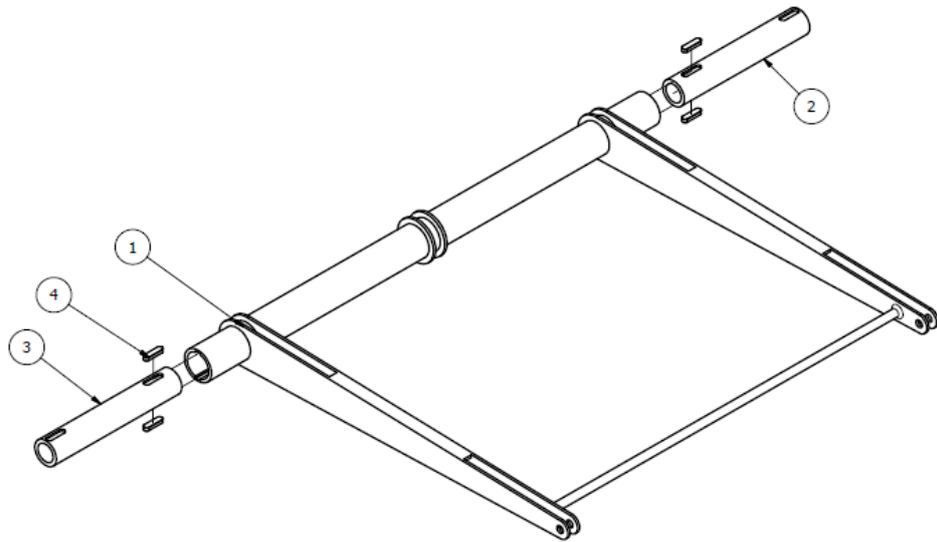
Pada tabel 4.25 menunjukkan material dari masing-masing komponen yang terdapat pada sistem penahan *blade damper*.

Tabel 4.25 Material pada sistem penahan *blade damper*

Komponen	Material
<i>Middle shaft</i>	SS 321
<i>Side Shaft</i>	SS 321
<i>key 1 R</i>	SS 347
<i>Arm torque R</i>	SS 321
<i>key 2 R</i>	SS 347
<i>Actuator (Plunger) R</i>	<i>Ductile Iron</i>
<i>Actuator (Cylinder) R</i>	AISI 1025
<i>Actuator (Pin) R</i>	SS 321
<i>Actuator (Bearing) GEZ31ET-2RS</i>	52100 <i>Chrome Steel</i>
<i>Blade Bracket</i>	SS 321
<i>Frame R</i>	<i>Mild Steel</i>
<i>(Shaft Bearing) GE240XT_X</i>	AISI 440C
<i>Rod End Pin</i>	SS 347
<i>Connecting rod (Crank)</i>	SS 321
<i>Connecting rod (Rod End)</i>	AISI 4320

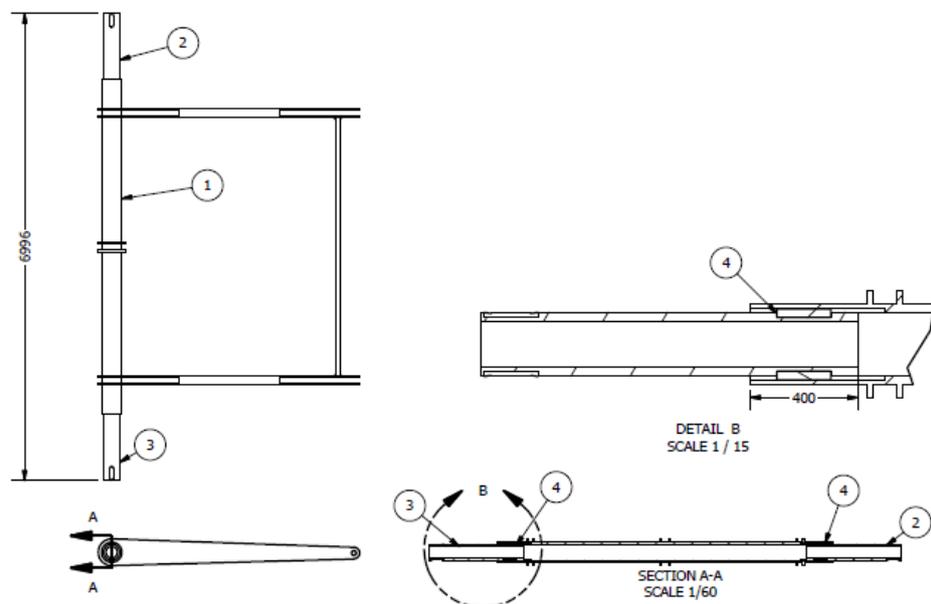
#### 4.5 Menggabungkan Semua Komponen (*Assembly*)

Setelah rancangan semua komponen dari sistem penahan *blade damper* selesai maka langkah selanjutnya adalah menggabungkan semua komponen menjadi satu dengan *diverter damper*. Pada gambar 4.71 adalah posisi dari *middle shaft*, *side shaft*, dan *key 1* dengan dimensi ditunjukkan pada gambar 4.72.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Middle Shaft	
2	1	Side Shaft	
3	1	Side Shaft	
4	4	JIS B 1301 - 56x32x200	Parallel Key

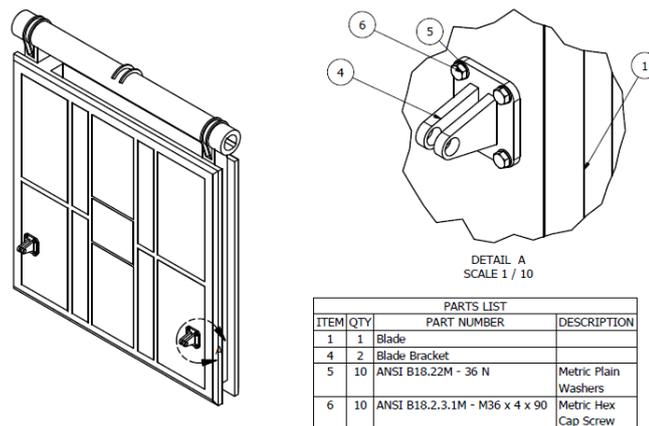
Gambar 4.71 Posisi *middle shaft*, *side shaft*, dan *key 1*



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Middle Shaft	
2	1	Side Shaft	
3	1	Side Shaft	
4	4	JIS B 1301 - 56x32x200	Parallel Key

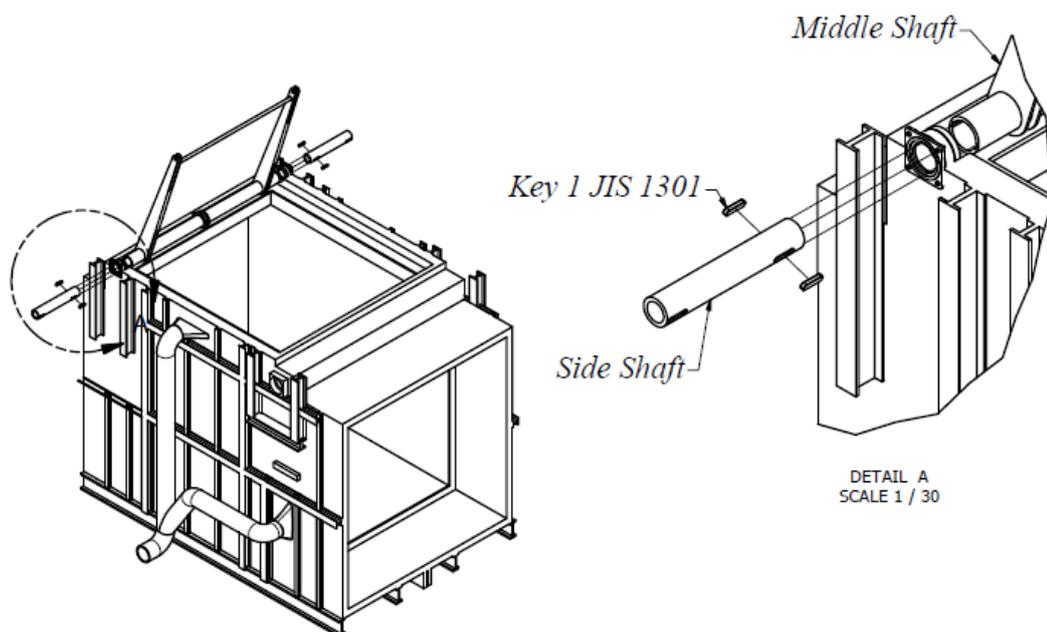
Gambar 4.72 Jarak pemasangan *middle shaft*, *side shaft*, dan *key 1*

Pada Gambar 4.73 adalah posisi dari *blade bracket* setelah digabungkan dengan *blade damper*.

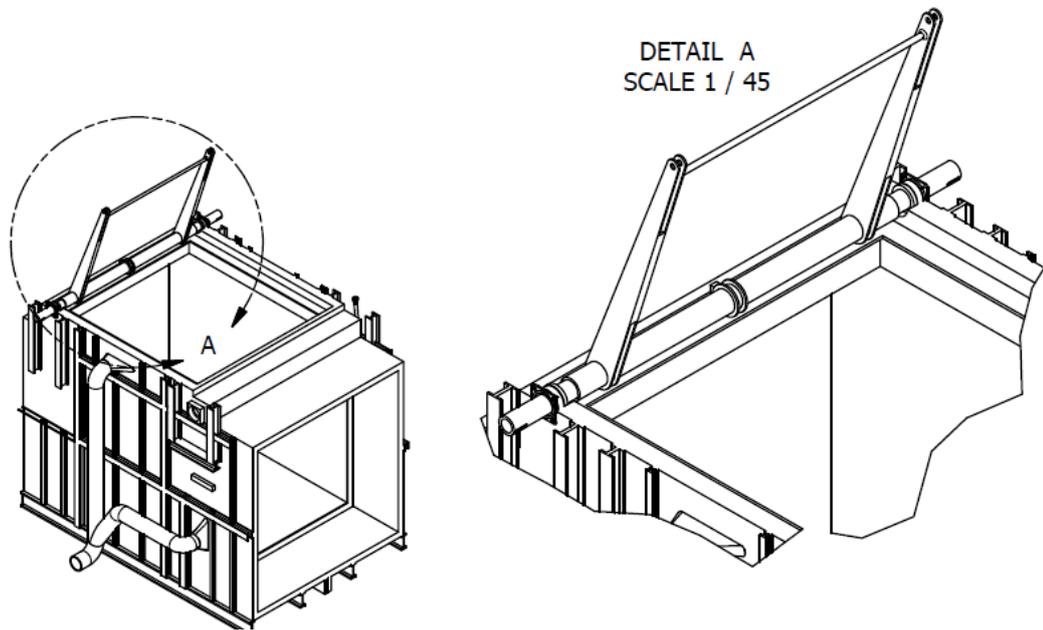


Gambar 4.73 Assembly *blade bracket*

Pada gambar 4.74 adalah proses pemasangan dari *middle shaft*, *side shaft*, dan *key 1*. Untuk gambar 4.75 adalah hasil dari penggabungan *middle shaft*, *shaft R*, dan *key 1*.

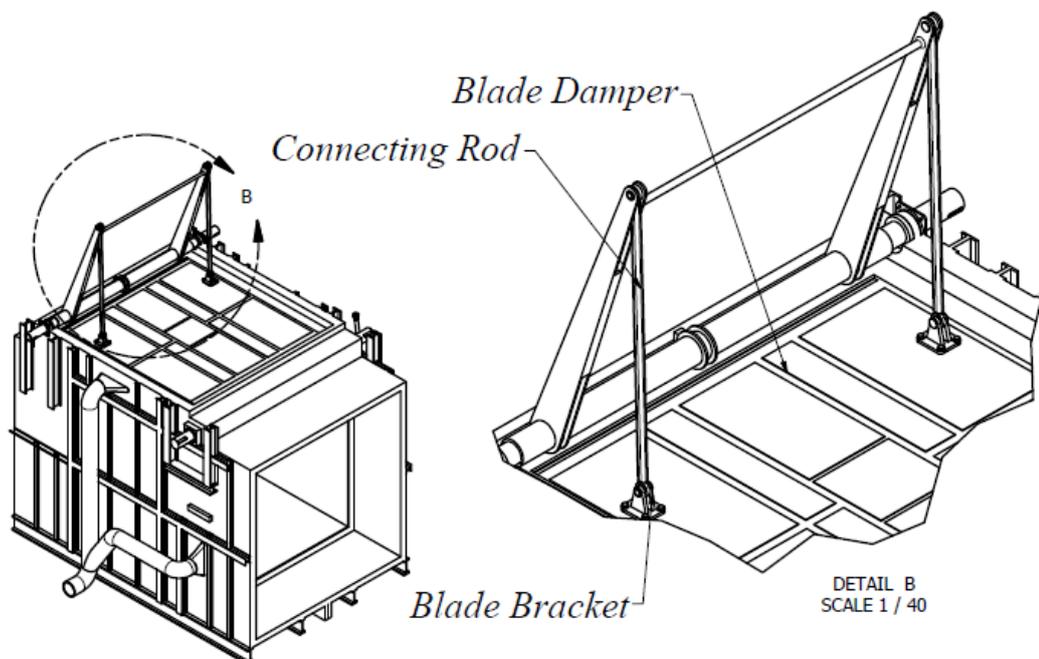


Gambar 4.74 Assembly *middle shaft*, *side shaft*, dan *key 1*



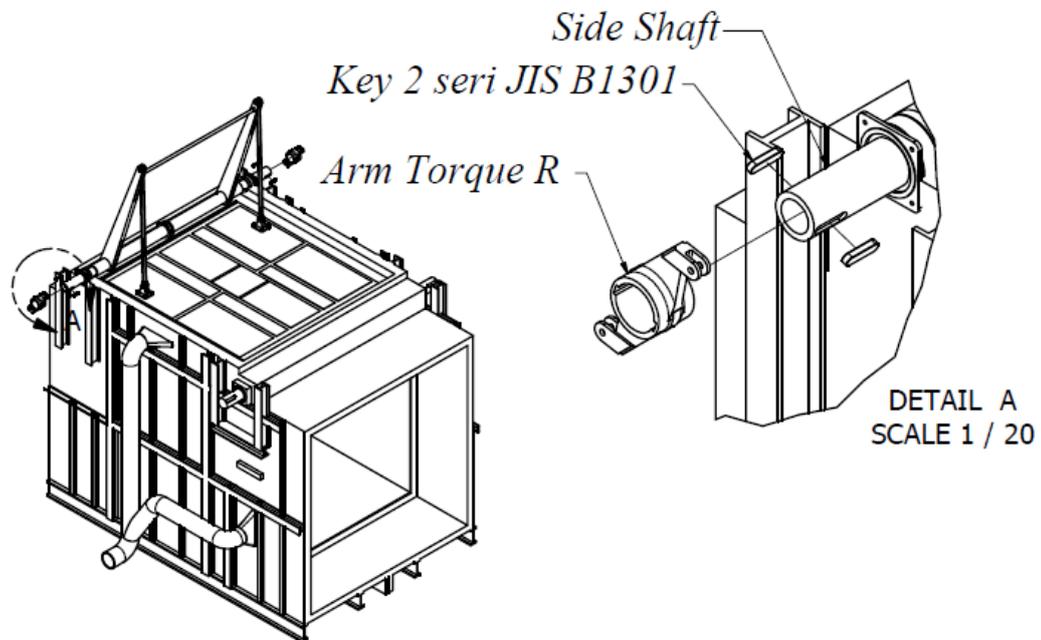
Gambar 4.75 Hasil *Assembly middle shaft, side shaft, dan key 1*

Pada gambar 4.76 adalah hasil *assembly* dari penggabungan *connecting rod* dengan *middle shaft and blade bracket*.

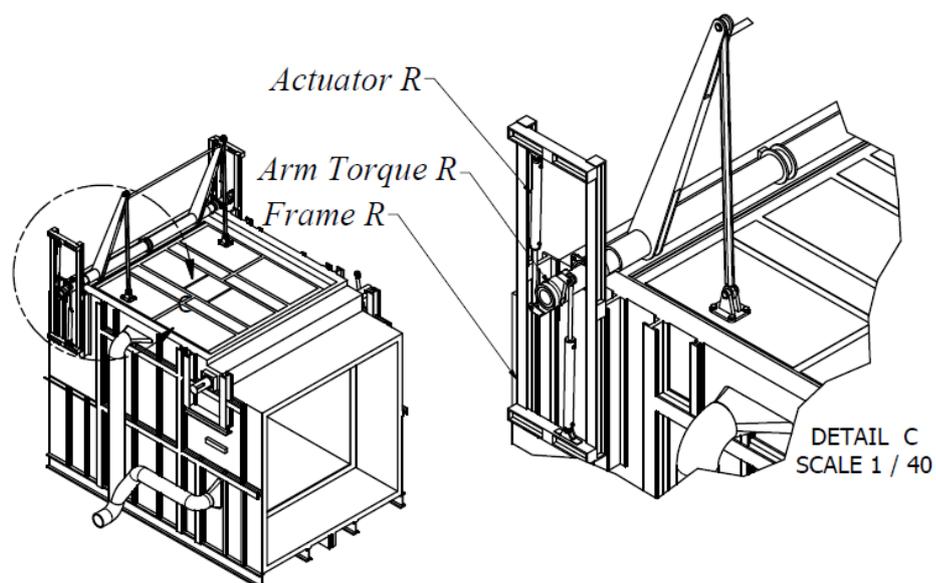


Gambar 4.76 *Assembly Connecting rod*

Pada gambar 4.77 adalah proses pemasangan dari key 2 dan *arm torque*. Hasil akhir dari *assembly frame R*, *actuator R*, *key 2 R*, dan *arm torque R* ditunjukkan pada gambar 4.78.

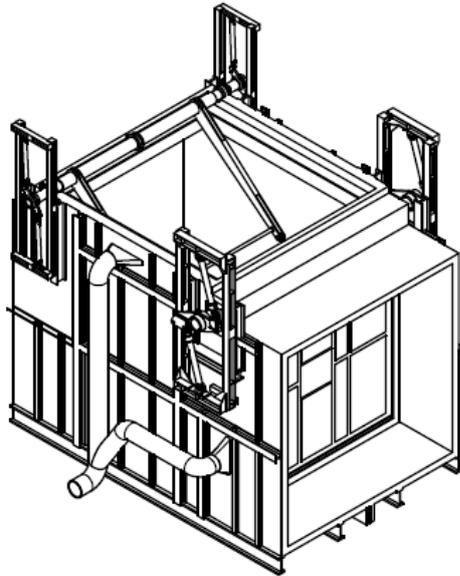


Gambar 4.77 Pemasangan *key 2 R* dan *arm torque*

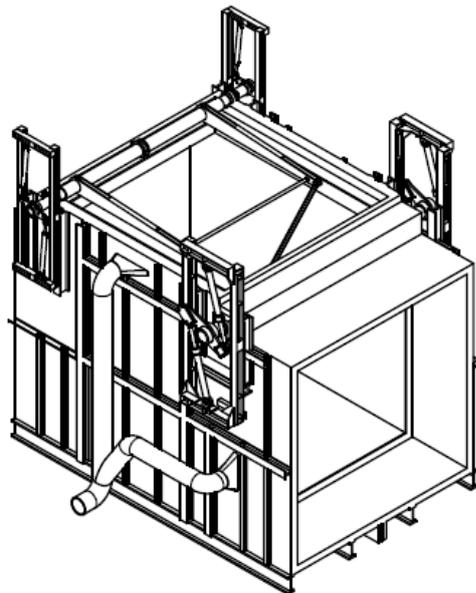


Gambar 4.78 *Assembly frame R*, *actuator R*, *key 2 R*, dan *arm torque R*

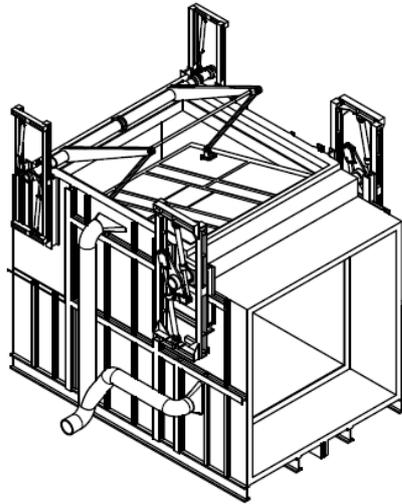
Pada gambar 4.79 sampai gambar 4.82 menunjukkan cara kerja dari sistem penahan *blade damper*. Ketikan posisi *blade damper closed* maka *middle shaft* dan *connecting rod* hampir satu garis lurus. Pada gambar 4.80 sampai gambar 4.83 menunjukkan langkah kerja ketika *blade damper* dari posisi *closed* menjadi *full open*.



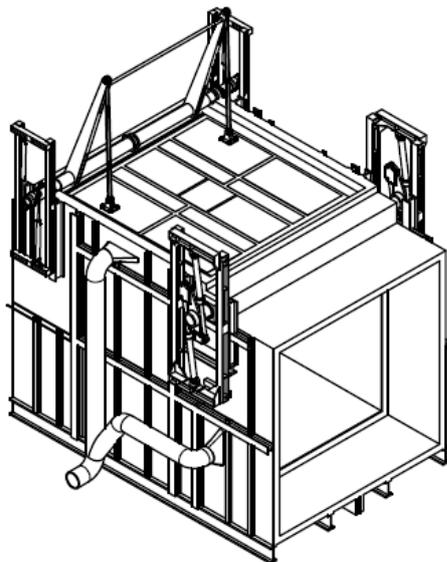
Gambar 4.79 Posisi *blade damper closed*



Gambar 4.80 Posisi *blade damper 0.5 open*



Gambar 4.81 Posisi *blade damper* 0.75 open

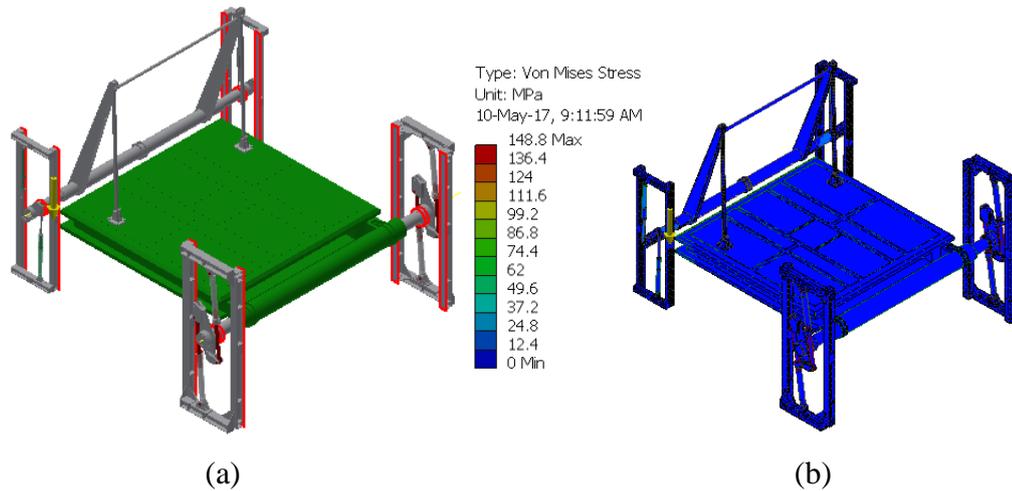


Gambar 4.82 Posisi *blade damper* full open

#### **4.6 Analisa Komponen Sistem Penahan *Blade Damper***

Proses simulasi/analisa adalah proses terakhir dari perancangan dan analisa sistem penahan *blade damper*. Pada sub bab ini akan dijelaskan hasil simulasi dari masing-masing komponen sistem penahan *blade damper* dan komponen mekanis *diverter damper* kondisi 2. Gambar 4.84a dan 4.48b menunjukkan hasil simulasi dari *diverter damper* setelah dilakukan perancangan ulang. Warna merah pada

gambar 4.48a merupakan tumpuan (*fixed*) pada proses simulasi, tanda panah berwarna kuning merupakan arah gaya gravitasi sebesar  $9.81 \text{ m/s}^2$ . Gambar 4.48b adalah hasil simulasi pada *diverter damper* kondisi 2.

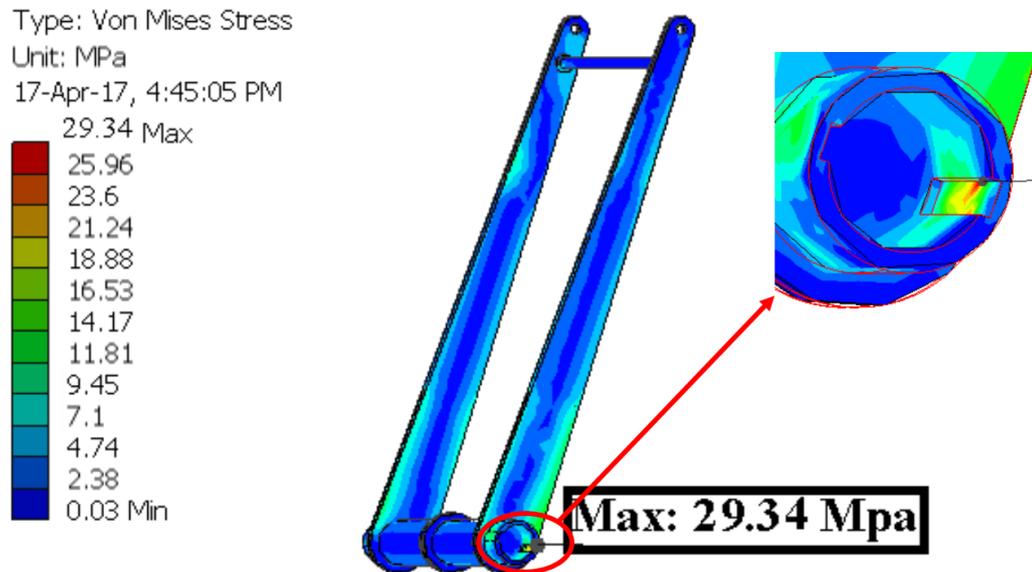


Gambar 4.83 Hasil simulasi tegangan *diverter damper* setelah dilakukan perancangan ulang, (a). Posisi *fixed* pada simulasi, (b). Hasil simulasi

Pada gambar 4.83 tidak terdapat *diverter damper casing*, hal ini bertujuan untuk mengurangi beban komputer pada saat *meshing* dan simulasi.

#### 4.6.1 Middle Shaft

Gambar 4.84 menunjukkan hasil analisa tegangan pada *middle shaft* yang ada pada sistem penahan *blade damper*. Tegangan maksimum terjadi akibat momen puntir sehingga menyebabkan tegangan tarik pada bagian kedudukan *key* 1. Tabel 4.26 adalah hasil dari simulai *middle shaft*.



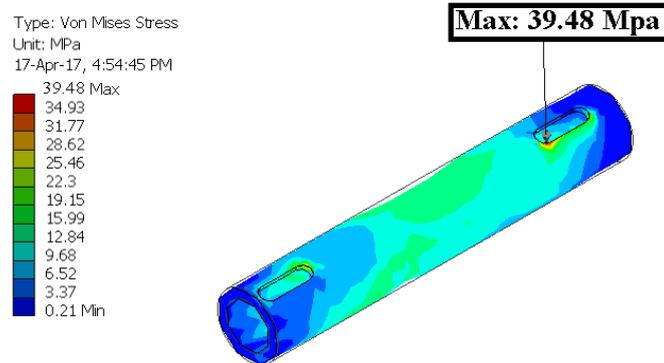
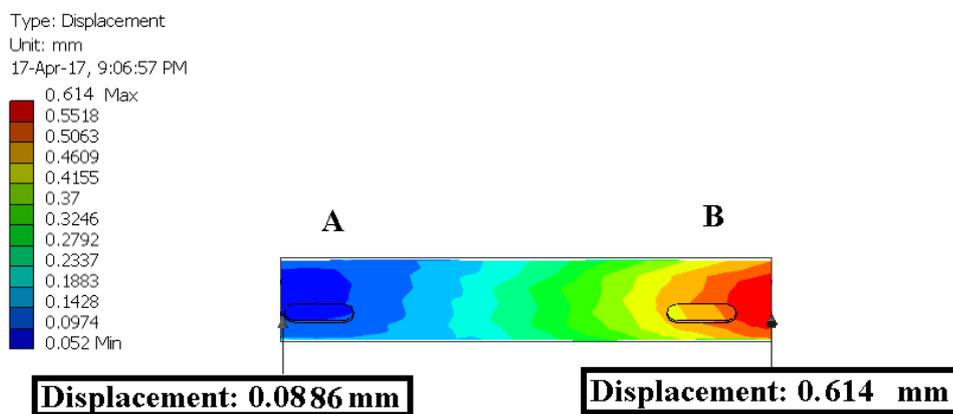
Gambar 4.84 Hasil simulasi pada *middle shaft*

Tabel 4.26 Hasil Simulasi *middle shaft* (SS 321)

Tegangan (MPa)	29.39
Regangan	0.000128
Faktor Keamanan	8.21

#### 4.6.2 Side Shaft

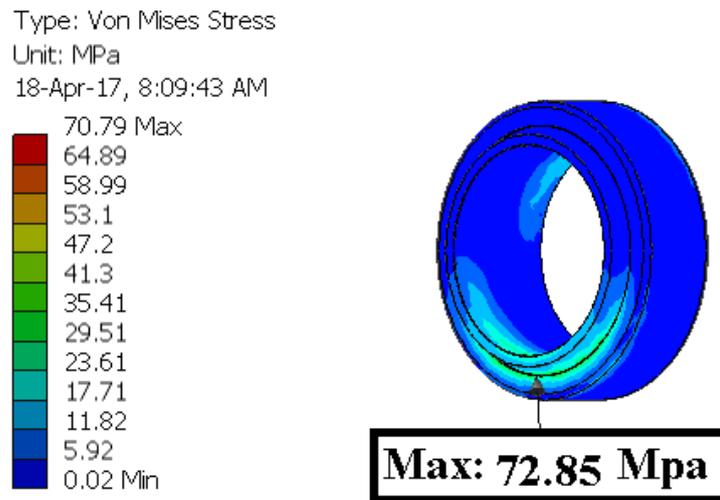
Tegangan pada poros seperti pada gambar 4.85 terjadi pada bagian pinggir akibat tegangan yang tidak rata karena adanya perbedaan sudut puntir/*displacement* seperti ditunjukkan pada gambar 4.86. *Side shaft* dengan simbol A dihubungkan dengan *arm torque* dan simbol B dengan *middle shaft*. Pada tabel 4.27 menunjukkan hasil dari analisa *side shaft*.

Gambar 4.85 Hasil analisa tegangan pada *side shaft*Gambar 4.86 Perbedaan *displacement* pada *side shaft*Tabel 4.27 Hasil Simulasi *Side Shaft* (SS 347)

Tegangan (MPa)	39.48
Regangan	0.0001699
Faktor Keamanan	6.1

#### 4.6.3 Shaft Bearing

Gambar 4.87 adalah hasil dari simulasi tegangan pada *shaft bearing*. Dari hasil simulasi diperoleh tegangan maksimum terjadi pada bagian bawah dudukan *bearing*, dimana *bearing* hanya menerima beban arah aksial. Pada tabel 4.28 menunjukkan hasil simulasi pada *shaft bearing*.



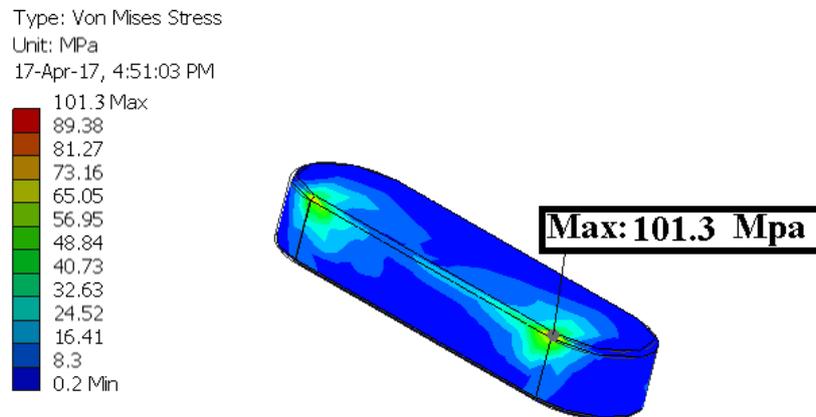
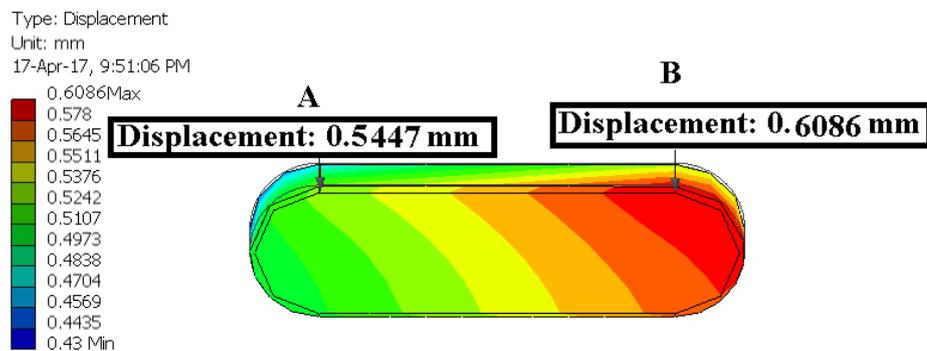
Gambar 4.87 Hasil simulasi pada *shaft bearing*

Tabel 4.28 Hasil Simulasi *Shaft Bearing* (AISI 440C)

Tegangan (MPa)	72.85
Regangan	0.0003171
Faktor Keamanan	5.76

#### 4.6.4 Key 1 R

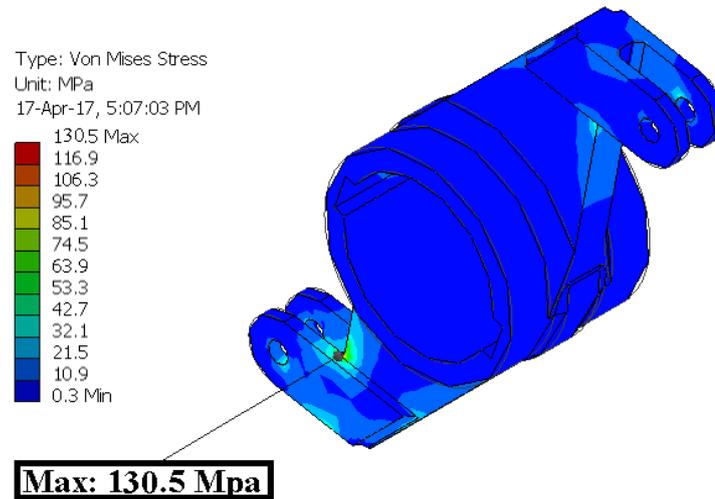
Pada gambar 4.88 menunjukkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada *key 1 R* diperoleh bahwa terjadi tegangan yang tidak rata akibat adanya sudut puntir pada *side shaft* sehingga menyebabkan beban pada *key 1 R* berbeda tiap sisinya seperti ditunjukkan pada gambar 4.89. Tabel 4.29 menunjukkan hasil dari simulasi *key 1 R*.

Gambar 4.88 Hasil simulasi pada *key 1 R*Gambar 4.89 *Displacement* pada *key 1 R*Tabel 4.29 Hasil Simulasi *Key 1 R* (SS 347)

Tegangan (MPa)	101.3
Regangan	0.0004515
Faktor Keamanan	3.41

#### 4.6.5 *Arm Torque R*

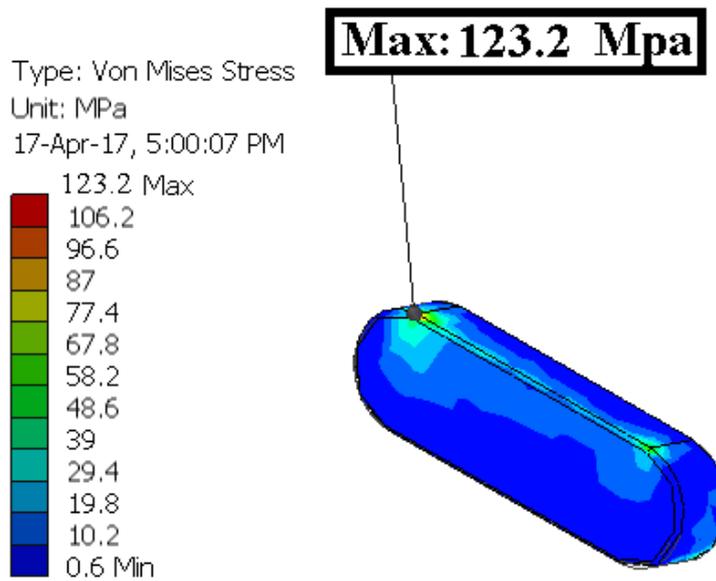
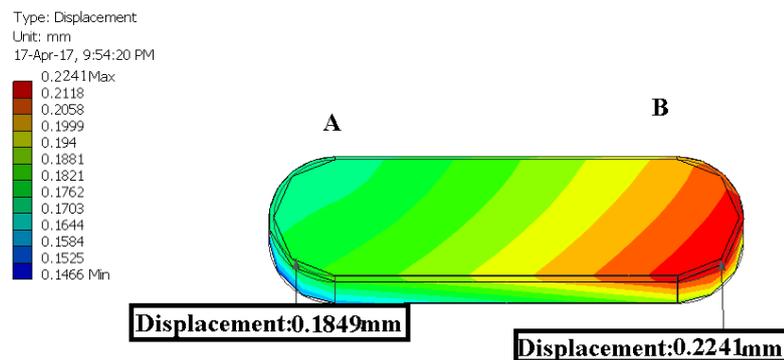
Gambar 4.90 adalah tegangan yang terjadi pada *arm torque R*, terjadi konsentrasi tegangan ditunjukkan dengan anak panah akibat perubahan geometri. Pada tabel 4.30 menunjukkan hasil dari simulasi *arm torque R*.

Gambar 4.90 Hasil simulasi pada *arm torque R*Tabel 4.30 Hasil Simulasi *Arm Torque R* (SS 321)

Tegangan (MPa)	127.5
Regangan	0.0005852
Faktor Keamanan	1.85

#### 4.6.6 Key 2 R

Gambar 4.91 adalah hasil simulasi pada *key 2 R* dengan tegangan maksimum terjadi pada salah satu pinggir pasak akibat perbedaan nilai *displacement* seperti ditunjukkan pada gambar 4.92. Hasil tegangan, regangan, dan faktor keamanan ditunjukkan pada tabel 4.31.

Gambar 4.91 Tegangan pada *key 2 R*Gambar 4.92 *Displacement* pada *key 2 R*Tabel 4.31 Hasil Simulasi *Key 2 R* (SS 347)

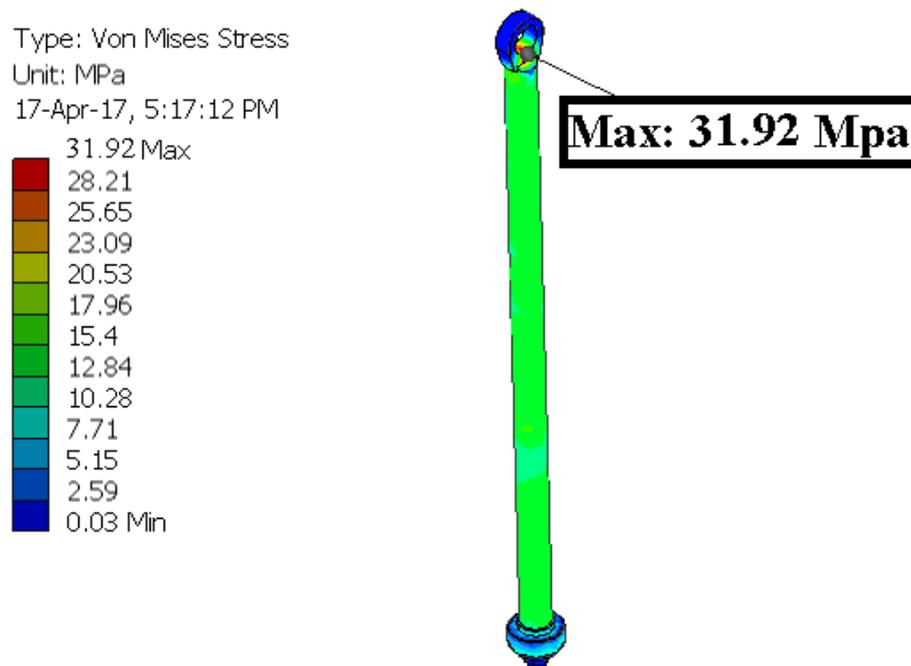
Tegangan (MPa)	123.2
Regangan	0.0005634
Faktor Keamanan	2.8

#### 4.6.7 *Actuator R*

*Actuator R* pada sistem penahan *blade damper* memiliki 4 komponen utama yaitu *plunger*, *cylinder*, *actuator pin*, dan *actuator bearing*.

### 1. *Plunger R*

Gambar 4.93 adalah hasil simulasi pada *plunger R* dengan tegangan maksimum ditunjukkan oleh anak panah, dimana bagian tersebut menerima beban dari *actuator bearing*. Pada tabel 4.32 adalah hasil simulasi dari *plunger R*.



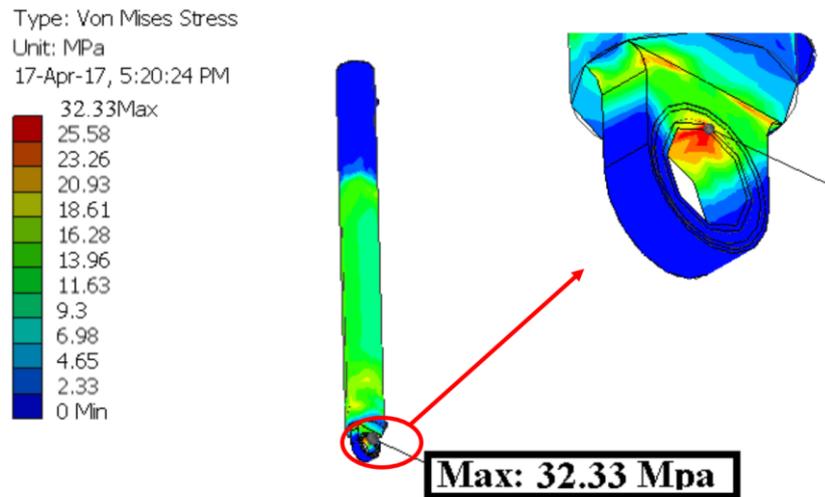
Gambar 4.93 Hasil simulasi *plunger R* pada *actuator R*

Tabel 4.32 Hasil Simulasi *Actuator R (Ductile Iron)*

Tegangan (MPa)	31.92
Regangan	0.0001648
Faktor Keamanan	16.2

### 2. *Cylinder R*

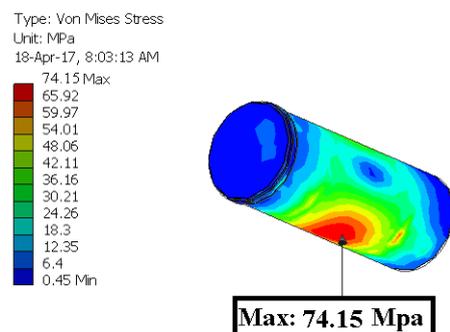
Pada gambar 4.94 adalah hasil simulasi *cylinder R* pada *actuator R* dengan tegangan maksimum terjadi pada kedudukan *actuator bearing* dan tabel 4.33 merupakan hasil lengkap simulasi yang telah dilakukan.

Gambar 4.94 Hasil simulasi *cylinder R* pada *actuator R*Tabel 4.33 Hasil Simulasi *Cylinder R* (AISI 1025)

Tegangan (MPa)	32.33
Regangan	0.0001189
Faktor Keamanan	12.9

### 3. *Actuator Pin R*

Gambar 4.95 adalah hasil simulasi pada *actuator pin R* dengan tegangan maksimum terjadi akibat tegangan tarik pada permukaan pin disebabkan beban dari *actuator bearing* dari sisi atas.

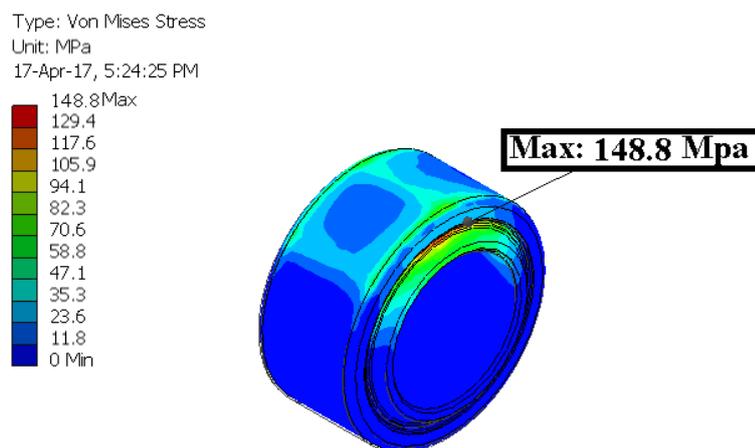
Gambar 4.95 Hasil simulasi pada *actuator pin R*

Tabel 4.34 Hasil Simulasi *Actuator Pin R* (SS 321)

Tegangan (MPa)	74.15
Regangan	0.0003816
Faktor Keamanan	3.25

#### 4. *Actuator Bearing R*

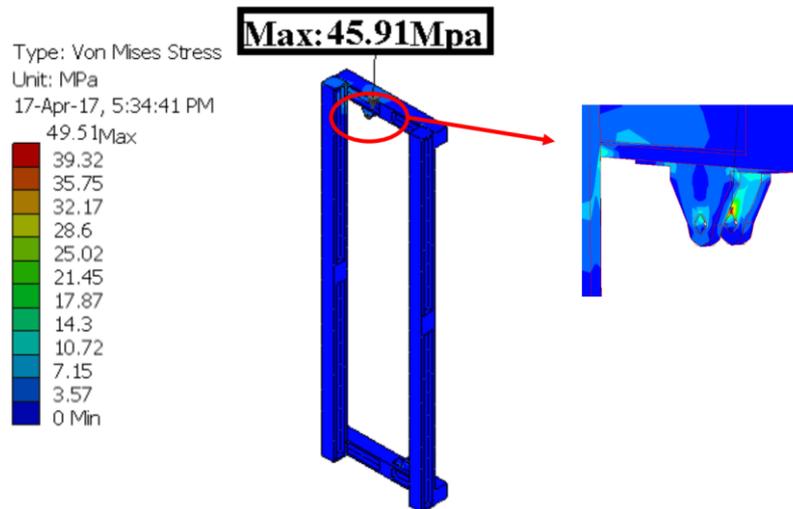
Gambar 4.96 menunjukkan hasil simulasi pada *actuator bearing R* dengan tegangan maksimum terjadi pada sisi samping karena perubahan geometri sehingga menyebabkan konsentrasi tegangan. Pada tabel 4.35 adalah hasil dari analisa *actuator bearing*.

Gambar 4.96 Hasil simulasi pada *actuator bearing R*Tabel 4.35 Hasil Simulasi *Actuator Bearing R* (52100 Chrome Steel)

Tegangan (MPa)	148.8
Regangan	0.0006806
Faktor Keamanan	13.67

#### 4.6.8 *Frame R*

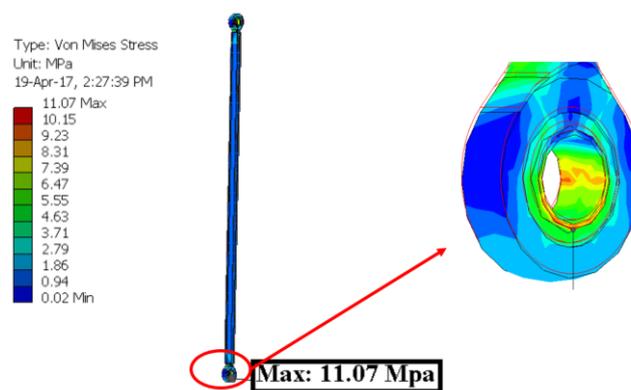
Hasil simulasi pada komponen sistem penahan *blade damper* salah satunya *frame R* ditunjukkan pada gambar 4.97 dengan tegangan maksimum terjadi pada kedudukan *actuator pin R*. Tabel 4.36 adalah hasil dari simulasi *frame R*.

Gambar 4.97 Hasil simulasi pada *frame R*Tabel 4.36 Hasil Simulasi *Frame (Mild Steel)*

Tegangan (MPa)	45.91
Regangan	0.0001983
Faktor Keamanan	4.79

#### 4.6.9 Connecting Rod

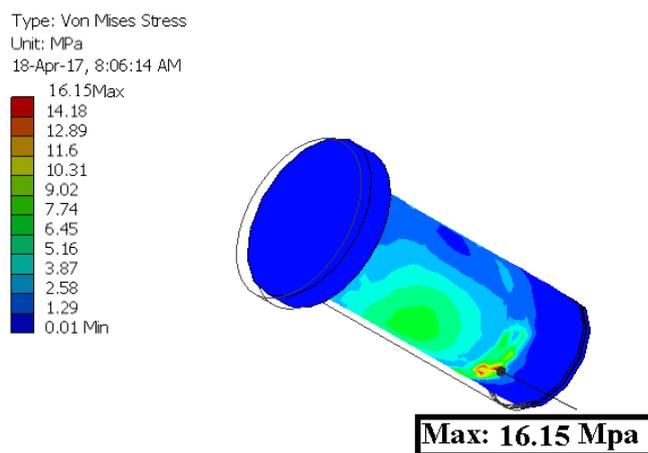
Gambar 4.98 adalah hasil simulasi *connecting rod* dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian *rod end* yang terhubung dengan *pin*. Pada tabel 4.37 adalah hasil tegangan, regangan, dan faktor keamanan pada *connecting rod*.

Gambar 4.98 Hasil simulasi pada *connecting rod*

Tabel 4.37 Hasil Simulasi *Connecting rod* (*Crank AISI 4320, Rod End Pin SS 321*)

Tegangan (MPa)	11.07
Regangan	0.00005193
Faktor Keamanan	38.4

Pada gambar 4.99 adalah hasil analisa pada komponen *connecting rod* yaitu *rod end pin* untuk menghubungkan *blade damper* dan *middle shaft* dengan *connecting rod*. Hasil analisa pada *rod end pin* diperoleh tegangan maksimum terjadi pada bagian yang berhubungan dengan *blade bracket*.



Gambar 4.99 Hasil simulasi *rod end pin*

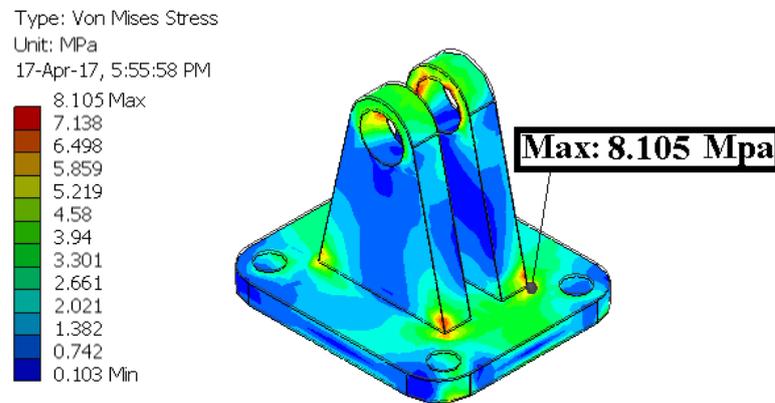
Tabel 4.38 Hasil Simulasi *Rod End Pin* (SS 347)

Tegangan (MPa)	16.15
Regangan	0.0009784
Faktor Keamanan	21.36

#### 4.6.10 *Blade Bracket*

Gambar 4.100 merupakan hasil simulasi pada *blade bracket*, dari gambar 4.100 menunjukkan konsentrasi tegangan akibat perubahan geometri dimana pada

bagian tersebut terjadi tegangan maksimum. Tabel 4.39 adalah hasil dari simulasi pada *blade bracket*.



Gambar 4.100 Tegangan pada *blade bracket*

Tabel 4.39 Hasil Simulasi *Blade Bracket* (SS 321)

Tegangan (MPa)	8.105
Regangan	0.0000376
Faktor Keamanan	29.73

#### 4.6.11 Menghitung Tegangan pada Baut *Blade Bracket*

Menghitung tegangan pada baut *blade bracket* dilakukan secara manual, hal ini dilakukan karena *software* AIP tidak menyediakan bentuk ulir secara 3D sehingga tidak bisa untuk disimulasi. Beban pada sistem penahan *blade damper* diasumsikan 2500 Kg dengan jumlah baut 8 buah seri ISO M36X4. Dm (Diameter Nominal/Mayor), Dr (Diameter Minor), At (Luas Area Tegangan), n (Jumlah Baut),  $\sigma$  (Tegangan Normal).

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } F &= 2500 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 24,525 \text{ N} \\ At &= 816.72 \text{ mm}^2 \text{ (Tabel 4.16)} \\ n &= 8 \end{aligned}$$

Ditanya:  $\sigma$  pada masing-masing baut?

Dijawab:

$\sigma$  pada masing-masing baut

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{n * At} \\ &= \frac{24528 \text{ N}}{8 * 816.72 \text{ mm}^2} \\ &= 3.75 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Baut menggunakan material *mild steel* dengan tegangan luluh 241 MPa. Dapat disimpulkan bahwa tegangan yang terjadi pada baut ketika *blade damper* membuka secara penuh masih di bawah tegangan luluhnya.

#### 4.7 Hasil dan Pembahasan Analisa Sistem Penahan *Blade Damper*

Teganga maksimum yang terjadi pada komponen sistem penahan *blade damper* sebesar 148 MPa terjadi pada bagian *actuator bearing* dengan material *52100 chrome steel* memiliki tegangan luluh sebesar 2034 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada *actuator bearing* yang disebabkan oleh konsentrasi tegangan akibat perubahan geometri dan luas kontak yang lebih kecil dibandingkan komponen yang lain. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 7.2% terhadap tegangan luluhnya, sehingga desain sistem penahan *blade damper* masih aman.

Tabel 4. 40 Hasil analisa pada komponen sistem penahan *blade damper*

<i>Component</i>	<i>Materials</i>	<i>Yield Strength (MPa)</i>	<i>Stress (MPa)</i>	<i>Strain</i>	<i>Safety Factor</i>
<i>Middle Shaft</i>	SS 321	241	29.39	0.000128	8.21
<i>Side Shaft</i>	SS 347	345	39.48	0.0001699	6.1
<i>Shaft Bearing</i>	AISI 440C	420	72.85	0.0003171	5.76
<i>Key 1 R</i>	SS 347	345	101.3	0.0004515	3.41
<i>Arm Torque</i>	SS 321	241	127.5	0.0005852	1.82
<i>Key 2 R</i>	SS 347	345	123.2	0.0005634	2.8
<i>Actuator Plunger R</i>	<i>Ductile Iron</i>	517	31.92	0.0001648	16.2
<i>Actuator Cylinder R</i>	AISI 1025	370	32.33	0.0001189	12.9
<i>Actuator Pin R</i>	SS 321	241	74.15	0.0003816	3.25
<i>Actuator Bearing R</i>	<i>52100 Chrome Steel</i>	2034	148.8	0.0006806	13.67
<i>Frame R</i>	<i>Mild Steel</i>	220	45.91	0.0001983	4.79
<i>Connecting rod</i>	SS 321	241	11.07	5.193E-05	38.4
<i>Rod End Pin</i>	SS 347	345	16.15	0.0009784	21.36
<i>Blade Bracket</i>	SS 321	241	8.105	0.0000376	29.73

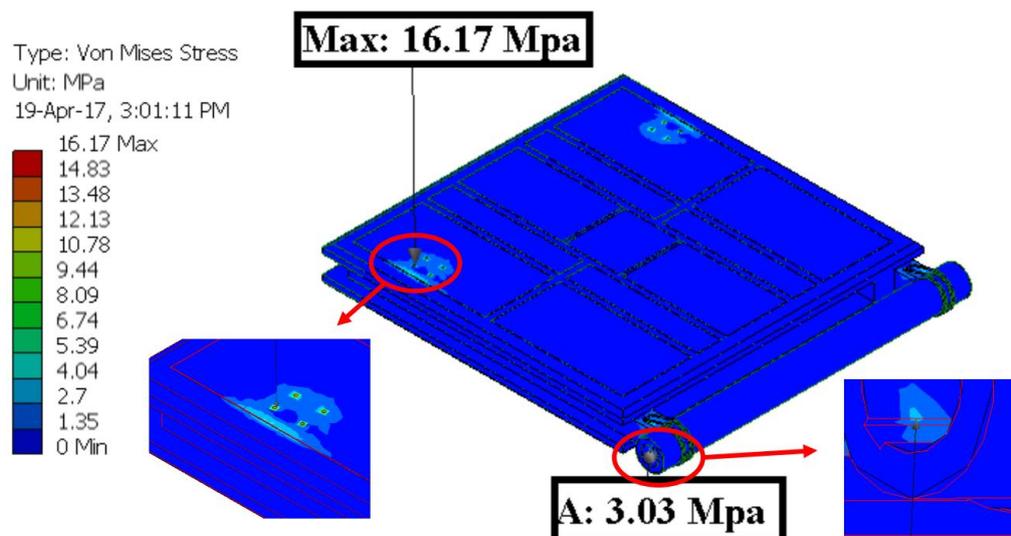
#### 4.8 Analisa Komponen Sistem Mekanis *Diverter Damper* Setelah Proses Perancangan Ulang

Pada sub bab ini akan dijelaskan hasil analisa pada komponen sistem mekanis *diverter damper* setelah dipasang/ditambahkan sistem penahan *blade damper*. Tujuan dari pembahasan ini adalah untuk mengetahui pengaruh tegangan, regangan, dan faktor keamanan pada komponen mekanis *diverter damper* sebelum dan sesudah dilakukan perancangan ulang.

#### 4.8.1 Blade Damper

##### 1. Blade

Pada gambar 4.101 menunjukkan hasil analisa tegangan pada *blade* dengan tegangan maksimum terjadi pada kedudukan baut akibat beban tarik. Tabel 4.41 menunjukkan hasil simulasi dari *blade*.



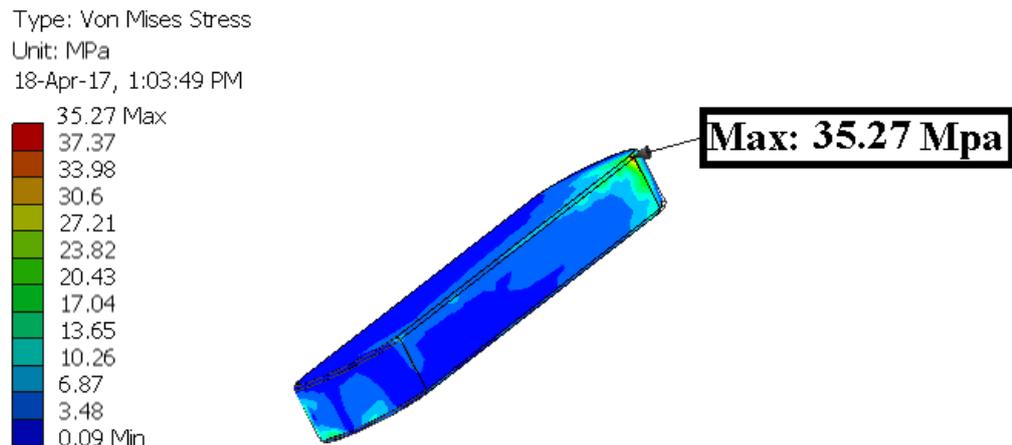
Gambar 4.101 Hasil simulasi *blade*

Tabel 4.41 Hasil Simulasi *Blade* (SS 321)

Tegangan (MPa)	16.17
Regangan	0.00007
Faktor Keamanan	15

##### 2. Key 1

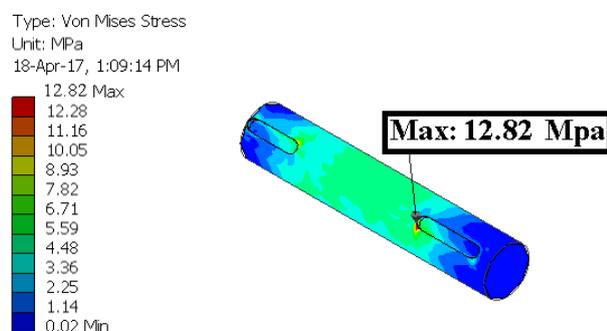
Gambar 4.102 menunjukkan hasil analisa pada *key 1* dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian pinggir karena beban yang diterima *key 1* tidak rata akibat adanya sudut puntir pada *shaft*. Pada tabel 4.42 adalah hasil lengkap dari simulasi *key 1*.

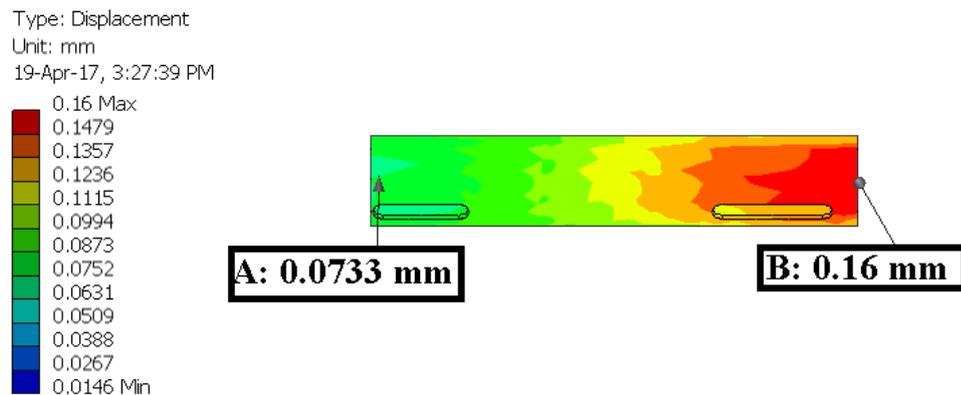
Gambar 4.102 Hasil analisa *key I*Tabel 4.42 Hasil Simulasi *Key I* (SS 347)

Tegangan (MPa)	35.27
Regangan	0.00001617
Faktor Keamanan	9.78

### 3. Shaft

Gambar 4.103 merupakan hasil analisa tegangan yang terjadi pada *shaft* dimana tegangan maksimum terdapat pada kedudukan *key I* yang terhubung dengan *blade*. Pada gambar 4.104 menunjukkan *displacement* akibat momen puntir yang terjadi pada *shaft*. Tabel 4.43 menunjukkan hasil simulasi tegangan, regangan, dan faktor keaman dari *shaft*.

Gambar 4.103 hasil analisa pada *shaft*



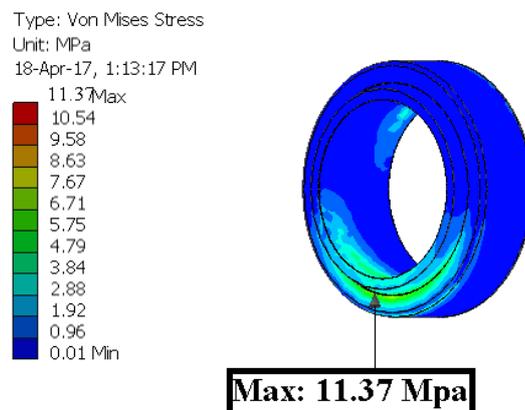
Gambar 4.104 Hasil simulasi *displacement* pada *shaft*

Tabel 4.43 Hasil Simulasi *Shaft* (SS 347)

Tegangan (MPa)	12.82
Regangan	0.0000615
Faktor Keamanan	26.9

#### 4.8.2 *Blade Damper Bearing*

Gambar 4.105 adalah hasil analisa pada *diverter damper bearing* dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian bawah akibat perubahan geometri dan beban dari *blade damper*. Pada tabel 4.44 adalah hasil analisa pada *blade damper bearing*.



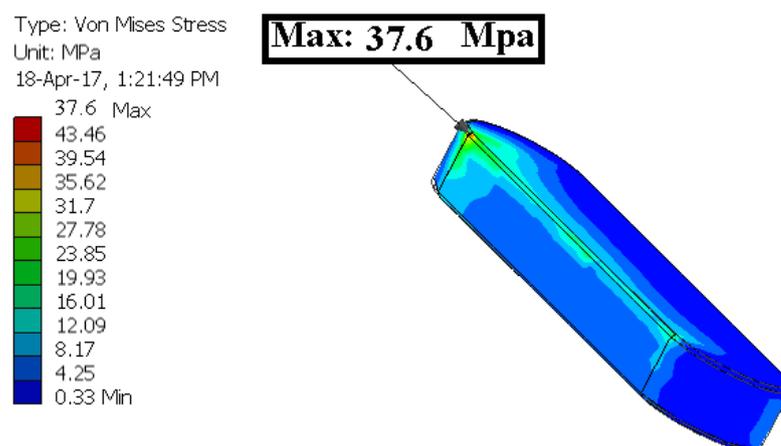
Gambar 4.105 hasil analisa pada *blade damper bearing*

Tabel 4.44 Hasil Simulasi *Blade Damper Bearing* (AISI 440C)

Tegangan (MPa)	11.37
Regangan	0.00004922
Faktor Keamanan	36.9

#### 4.8.3 Key 2

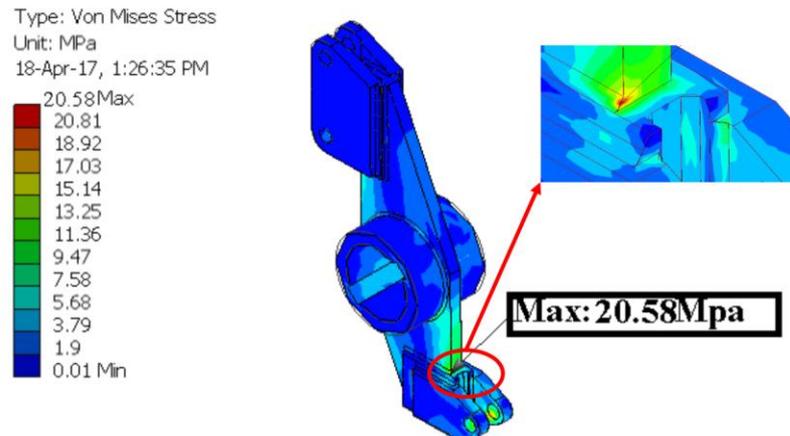
Pada gambar 4.06 menunjukkan hasil simulasi pada *key 2* dengan tegangan maksimum terjadi pada bagian samping akibat sudut puntir yang terjadi pada *shaft* sehingga menyebabkan beban pada *key 2* tidak merata seperti ditunjukkan pada gambar 4.104. Tabel 4.45 menunjukkan hasil simulasi pada *key 2*.

Gambar 4.106 Hasil simulasi pada *key 2*Tabel 4.45 Hasil Simulasi *Key 2* (SS 347)

Tegangan (MPa)	37.6
Regangan	0.000171
Faktor Keamanan	9.18

#### 4.8.4 Arm Torque

Pada gambar 4.107 menunjukkan hasil simulasi pada *arm torque*, dimana nilai maksimum terjadi akibat konsentrasi tegangan pada bagian yang ditunjuk oleh anak panah. Tabel 4.46 menunjukkan hasil simulasi pada *arm torque*.

Gambar 4.107 Hasil analisa pada *arm torque*Tabel 4.46 Hasil Simulasi *Arm Torque* (SS 321)

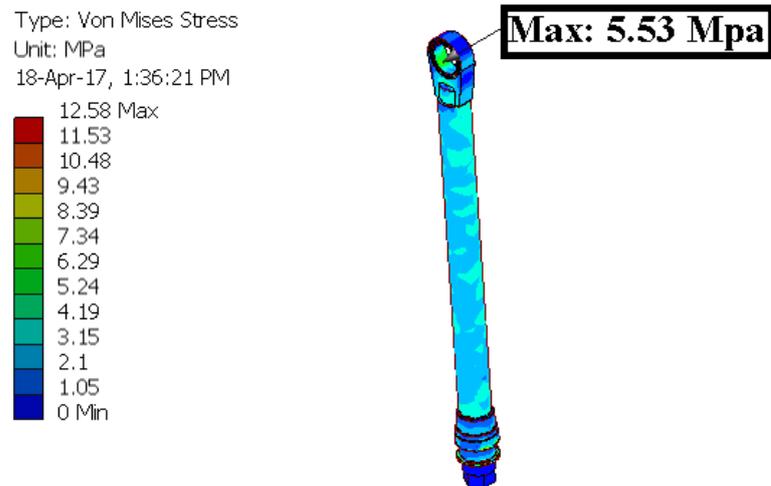
Tegangan (MPa)	20.58
Regangan	0.00009462
Faktor Keamanan	11.71

#### 4.8.5 Actuator

Analisa yang dilakukan pada *actuator* meliputi *plunger*, *cylinder*, *actuator pni*, dan *actuator bearing*.

##### 1. *Plunger*

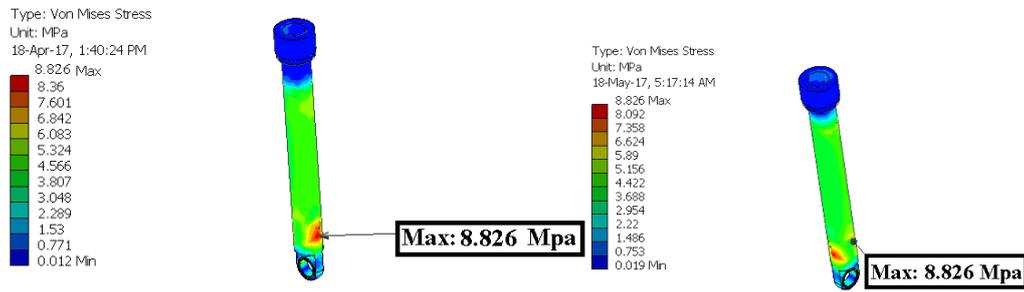
Pada gambar 4.108 menunjukkan hasil analisa pada *plunger* dimana tegangan maksimum terjadi pada kedudukan *bearing* yang menerima beban dari *arm torque*. Pada tabel 4.47 menunjukkan hasil simulasi pada *plunger*.

Gambar 4.108 Hasil analisa *plunger*Tabel 4.47 Hasil Simulasi *Plunger (Ductile Iron)*

Tegangan (MPa)	5.53
Regangan	0.00002873
Faktor Keamanan	93.5

## 2. *Cylinder*

Pada gambar 4.109 menunjukkan hasil analisa pada *cylinder* dimana tegangan maksimum terjadi pada bagian bawah yang disebabkan posisi *actuator* tidak tegak lurus dengan *frame*. Kemiringan pada *actuator* menyebabkan adanya momen sehingga terjadi tegangan tarik pada permukaan *cylinder* pada bagian yang ditunjukkan oleh anak panah. Tabel 4.48 menunjukkan hasil simulasi pada *cylinder*.



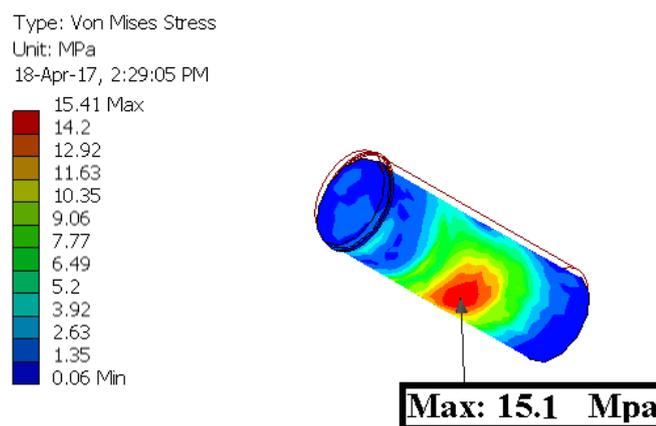
Gambar 4.109 Hasil analisa pada *cylinder*

Tabel 4.48 Hasil Simulasi *Cylinder* (AISI 1025)

Tegangan (MPa)	8.826
Regangan	0.00003823
Faktor Keamanan	41.9

### 3. *Actuator Pin*

Gambar 4.110 menunjukkan hasil analisa *pin* pada *actuator* dengan tegangan maksimum pada bagian bawah akibat tegangan tarik yang disebabkan oleh beban *cylinder* dari sisi yang berlawanan. Tabel 4.49 merupakan hasil simulasi *actuator pin*.



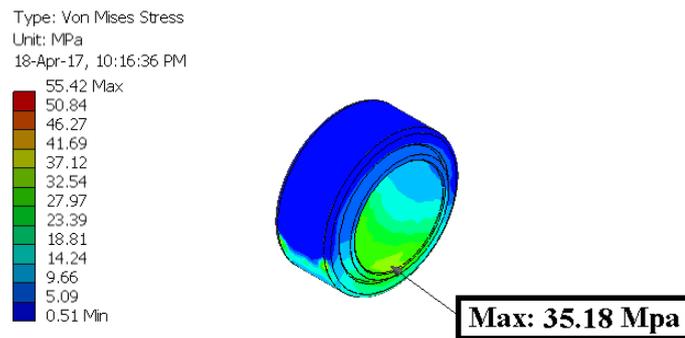
Gambar 4.110 Hasil analisa *actuator pin*

Tabel 4.49 Hasil Simulasi *Actuator Pin* (SS 321)

Tegangan (MPa)	15.1
Regangan	0.00006509
Faktor Keamanan	15.96

#### 4. *Actuator Bearing*

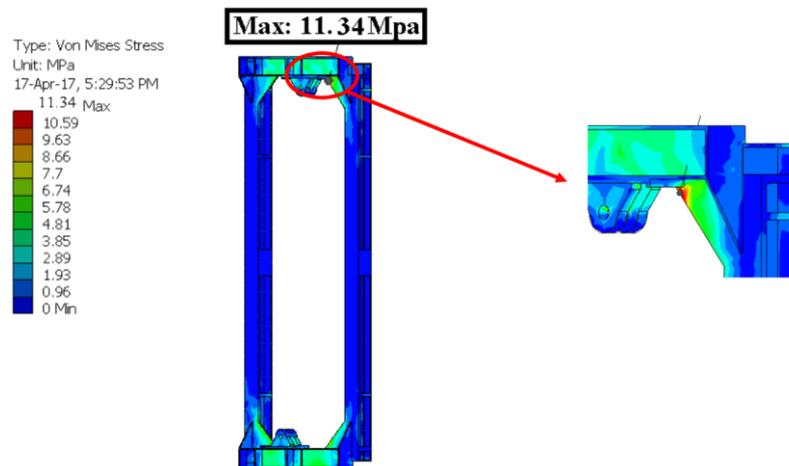
Gambar 4.111 adalah hasil analisa *bearing* pada *actuator* dengan tegangan maksimum ditunjukkan dengan anak panah, tegangan maksimum terjadi pada bagian bawah *bearing* karena menerima beban yang lebih besar. Tabel 4.50 menunjukkan hasil simulasi dari *actuator bearing*.

Gambar 4.111 Hasil analisa pada *actuator bearing*Tabel 4.50 Hasil Simulasi *Actuator Bearing* (SS 440C)

Tegangan (MPa)	35.18
Regangan	0.000147
Faktor Keamanan	11.94

#### 4.8.6 *Frame*

Gambar 4.112 menunjukkan hasil analisa tegangan yang terjadi pada *frame*. Tegangan maksimum terjadi pada bagian samping hal ini disebabkan konsentrasi tegangan pada bagian tersebut. Tabel 4.51 adalah tabel hasil analisa *frame*.

Gambar 4.112 Hasil analisa *frame*Tabel 4.51 Hasil Simulasi *Frame (Mild Steel)*

Tegangan (MPa)	11.34
Regangan	0.00004978
Faktor Keamanan	19.4

#### 4.9 Hasil Analisa dan Pembahasan

Tegangan yang terjadi pada komponen sistem mekanis mekanis *diverter damper* mengalami penurunan ketika ditambahkan sistem penahan blade damper. Penurunan tegangan disebabkan karena momen puntir pada poros blade damper berkurang. Seperti ditunjukkan pada tabel 4.53 merupakan tabel perbandingan tegangan, regangan, faktor keamanan yang terjadi sebelum dan sesudah perancangan ulang.

Pada tabel 4.52 adalah hasil analisa pada masing-masing komponen mekanis *diverter damper* setelah dilakukan perancangan ulang (kondisi 2). Tabel 4.53 menunjukkan perbandingan tegangan, regangan, faktor keamanan pada kondisi sebelum dan sesudah dilakukan perancangan ulang.

Tabel 4.52 Hasil analisa pada sistem mekanis *diverter damper* kondisi 2

<i>Component</i>	<i>Materials</i>	<i>Yield Strength</i> (MPa)	<i>Stress</i> (MPa)	<i>Strain</i>	<i>Safety Factor</i>
<i>Blade</i>	SS 321	241	3.03	0.00007	79.5
<i>Key 1</i>	SS 347	345	35.27	1.617E-05	9.78
<i>Shaft</i>	SS 347	345	12.82	0.0000615	26.9
<i>Blade Damper Bearing</i>	AISI 440C	420	11.37	4.922E-05	36.9
<i>Key 2</i>	SS 347	345	37.6	0.000171	9.18
<i>Arm Torque</i>	SS 321	241	20.58	9.462E-05	11.71
<i>Actuator Plunger</i>	<i>Ductile Iron</i>	517	5.53	2.873E-05	93.5
<i>Actuator Cylinder</i>	AISI 1025	370	8.826	3.823E-05	41.9
<i>Actuator Pin</i>	SS 321	241	15.1	6.509E-05	15.96
<i>Actuator Bearing</i>	AISI 440C	420	35.18	0.000147	11.94
<i>Frame</i>	<i>Mild Steel</i>	220	11.34	4.978E-05	19.4

Pada tabel 4.53 menunjukkan penurunan tegangan yang terjadi pada komponen mekanis *diverter damper* cukup signifikan, salah satunya pada komponen *arm torque*. Penurunan tegangan *arm torque* mencapai 10 kali lipat. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan sistem penahan *blade damper* dapat mengurangi tegangan yang terjadi pada pada komponen mekanis *diverter damper*.

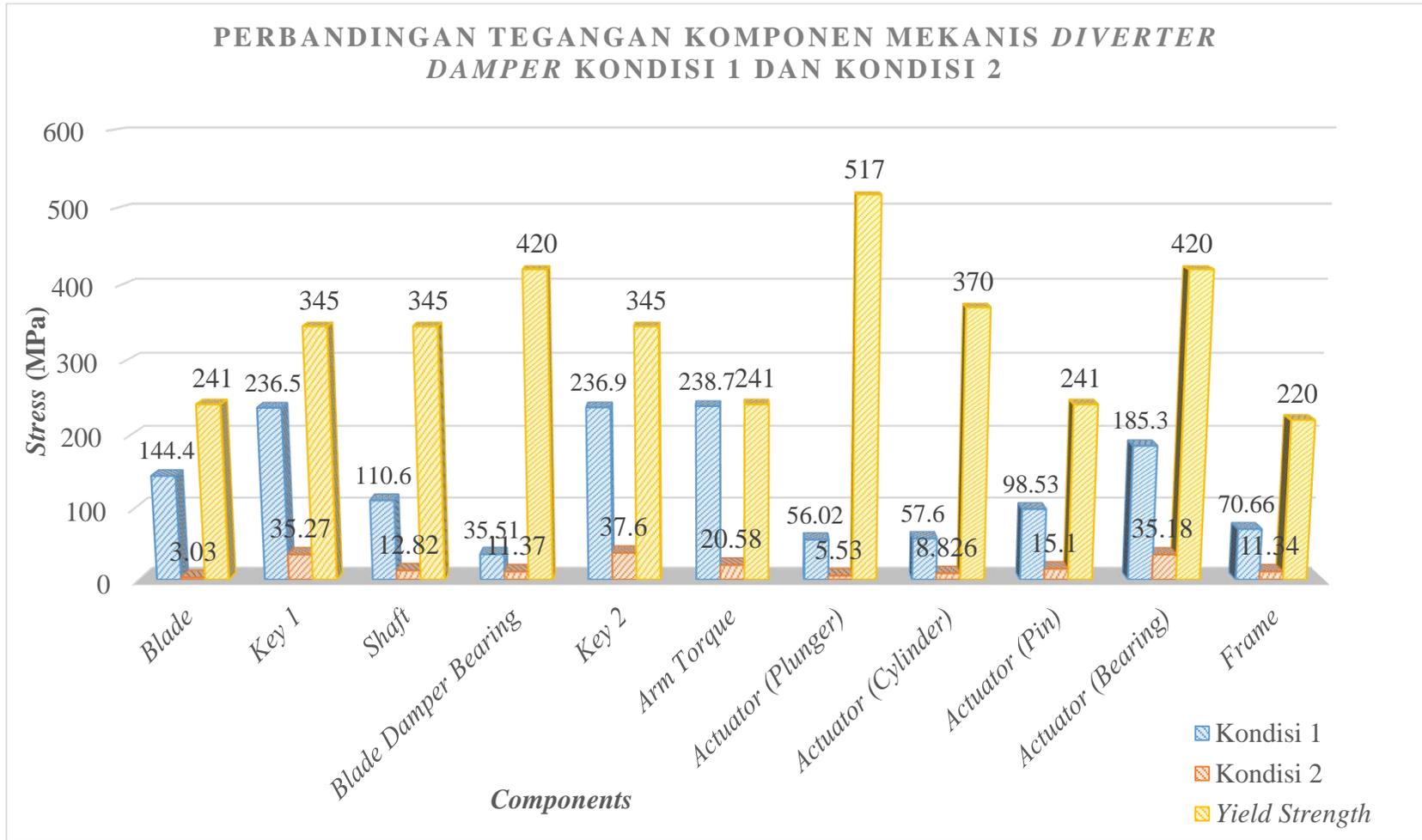
Tabel 4.53 Perbandingan Tegangan, Regangan, dan Faktor Keamanan

Nama Komponen	Material	Tegangan Luluh (MPa)	Tegangan (MPa)		Regangan		Faktor Keamanan	
			Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 1	Kondisi 2
<i>Blade</i>	SS321	241	144.4	3.03	0.0007342	0.00007	1.67	79.5
<i>Key 1</i>	SS347	345	236.5	35.27	0.001108	0.00001617	1.46	9.78
<i>Shaft</i>	SS347	345	110.6	12.82	0.000511	0.0000615	3.12	26.9
<i>Blade Damper Bearing</i>	AISI 440C	420	35.51	11.37	0.0001548	0.00004922	11.83	36.9
<i>Key 2</i>	SS347	345	236.9	37.6	0.0001071	0.000171	1.46	9.18
<i>Arm Torque</i>	SS321	241	238.7	20.58	0.001138	0.00009462	1.01	11.71
<i>Actuator (Plunger)</i>	<i>Ductile Iron</i>	517	56.02	5.53	0.0003061	0.00002873	9.23	93.5
<i>Actuator (Cylinder)</i>	AISI 1025	370	57.6	8.826	0.000248	0.00003823	6.43	41.9
<i>Actuator (Pin)</i>	SS321	241	98.53	15.1	0.0004375	0.00006509	2.45	15.96
<i>Actuator (Bearing)</i>	AISI 440C	420	185.3	35.18	0.0007882	0.000147	2.27	11.94
<i>Frame</i>	<i>Mild Steel</i>	220	70.66	11.34	0.0003067	0.00004978	3.11	19.4

Keterangan:

Kondisi 1: Kondisi *diverter damper* tanpa sistem penahan *blade damper* (Kondisi saat ini)

Kondisi 2: Kondisi *diverter damper* dengan sistem penahan *blade dampe* (Kondisi setelah setelah dilakukan perancangan ulang)



Gambar 4.113 Grafik perbandingan tegangan kondisi 1 dan kondisi 2