

**PENENTUAN TORSI MINIMUM PENGGERAK ELEKTROMEKANIK  
KATUP PA-01/02/03 AA001/003 SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS**

*Pranto Busono, Amril, Royadi*

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN-Serpong

Email : pranto@batan.go.id

**ABSTRAK**

**PENENTUAN TORSI MINIMUM PENGGERAK ELEKTROMEKANIK KATUP PA-01/02/03 AA003 PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS.** Katup memegang peranan penting dalam pengoperasian reaktor nuklir. Sebagai pengatur aliran fluida, katup harus selalu dirawat. Pada perawatan katup yang menggunakan penggerak elektromekanik selain pengujian buka-tutup, juga pengaturan torsinya. Tujuan penulisan makalah yaitu untuk menghitung torsi pada katup sehingga dapat ditentukan torsi minimum yang diperlukan sebagai penggerak elektromekanik. Lingkup dibatasi pada perhitungan torsi katup sistem pendingin sekunder PA-01/02/03 AA003. Metode yang digunakan adalah dengan menghitung torsi, untuk mencari data aliran, mencari data spesifikasi katup, mencari data dimensi pipa, menghitung penurunan tekanan dan menghitung torsi. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa harga minimum torsi yang bekerja pada katup PA-01/02/03 AA003 sebesar ( $T_T$ ) = 3982,986 Nm = 3,983 kNm. Disimpulkan bahwa torsi ini dapat digunakan untuk pengaturan perawatan katup PA-01/02/03 AA003 RSG-GAS.

*Kata kunci : Sistem pendingin sekunder, katup, torsi minimum*

**ABSTRACT**

**DETERMINATION OF MINIMUM TORQUE OF ELECTROMECHANICAL DRIVER OF THE PA-01/02/03 AA003 VALVE OF THE RSG-GAS SECONDARY COOLING SYSTEM.** Valve has an important role in the operation of nuclear reactor. As a fluid controller valve should be always maintenance. Beside the maintenance of valve using an electromechanical driver, the testing of opening and closing, as well as the torque setting should be pay attention. The purpose of writing this paper is to calculate of the torque of the valve so that it can be determined the minimum torque required as an electromechanical drive. The scope is limited on the calculation of the torque on the valve of PA-01/02/03 AA003 of the secondary coolant system. The method used for calculation is by calculating the torque of valve in order to find the flow data, specification valves data, pipe dimensions data, calculate pressure drop and calculate torque. Calculation result is shown that minimum value of torque working on the valve PA-01/02/03 AA003 is ( $T_T$ ) is 3982.986 Nm or 3,983 kNm. It is can be concluded that torque can be used to control of maintenance setting of the PA-01/02/03 AA003 valve of the secondary cooling system of the RSG-GAS.

*Keywords : secondary cooling system, valve, minimum torque*

## PENDAHULUAN

Fungsi katup/*valve* secara umum direaktor RSG-GAS untuk mengatur aliran zat alir/*fluida*, baik pada Sistem Pendingin Primer maupun Sistem Pendingin Sekunder. Mayoritas katup yang terpasang menggunakan produk Tuflin (Germany) dengan jenis *conical* dan *butterfly*. Semua katup Tuflin yang di dalam Gedung Reaktor menggunakan material *stainless steel*, sedang yang di Gedung Bantu menggunakan material baja tuang.

Katup *butterfly* berputar maksimum hanya 90° dari posisi buka/*OPEN* ke posisi tutup/*SHUT* atau sebaliknya. Penggerak mekanik pada katup Tuflin berupa tuas/*handle* dan roda putar/*handwheel*, sedangkan penggerak elektromekanik menggunakan produk AUMA (Jerman). Jenis penggerak mekanik pada katup Tuflin :

- a. Katup tuflin jenis *Conical*, terpasang di cabang pipa induk. *Tuflin conical* dilengkapi dengan penggerak mekanik, berupa tuas/*handle*. Lidah katup (*plug two way*) berbentuk konis dengan material *stainless steel*, mempunyai lubang alir berbentuk segiempat. Badan katup (*body valve*) mempunyai lubang dalam (*plug sleeve*), dilapisi material *PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene)*. Penutup (*cover plug*) dilengkapi dengan 3 buah baut pengatur (*adjustingscrew*). Katup akan membuka jika posisi lubang searah pipa dan menutup jika posisi lubang melintang pipa. Khusus katup dengan ukuran DN125÷400 dilengkapi dengan roda gigi cacing (*worm gearbox*) dan roda putar (*handwheel*).
- b. Katup Tuflin jenis *Butterfly*, terpasang di pipa induk, DN500, dilengkapi dengan penggerak mekanik berupa roda putar / *handwheel*. Lidah katupnya berbentuk cakram dari material baja *stainless steel* dan baja carbon, lubang badan katup dilapisi *O-ring* dari bahan *PTFE*. Katup akan membuka jika posisi

cakram searah pipa dan akan menutup jika posisi cakram melintang pipa.

### Penggerak elektromekanik AUMA

*Actuator* AUMA jenis SG digunakan untuk menggerakkan katup jenis *conical*, sedang *actuator* AUMA jenis SA3 digunakan untuk menggerakkan katup jenis *butterfly*. Setiap motor penggerak elektromekanik AUMA dilengkapi rem elektrik. Pola kerja rem elektrik jika motor AUMA *off* maka rem akan menahan putaran rotor dan jika motor AUMA *on*, rem akan membebaskan putaran rotor. Katup pada sistem pendingin primer dan pendingin sekunder reaktor RSG-GAS menggunakan aktuator AUMA jenis SG05, SG06, SG07, SG08, SG10, SG12, SG14 dan SA3 sebagai penggerak katup Tuflin.

Sistem Pendingin Sekunder, pada pipa tekan dan pipa aliran balik dilengkapi dengan katup isolasi PA-01 AA014, PA-02 AA014, dan PA-01 AA016, PA-02 AA016 yang secara otomatis akan menutup apabila terdapat lepasan aktivitas di dalam air pendingin sekunder. Katup PA-03 AA012/AA013 didesain saling mengunci (*interlock*) sehingga pompa PA-03 AP-01 berfungsi sebagai pompa cadangan bagi salah satu pompa yang lain. Katup isolasi isap PA-01/02/03 AA003 dibuat *interlock* sehingga hanya dua katup yang bisa dibuka pada saat yang bersamaan. Katup isolasi isap PA-01/02/03 AA003 menggunakan jenis katup *butterfly* dengan penggerak elektromekanik jenis SA3. Katup simpangan pengatur aliran (*trimming bypass valves*) tersedia pada masing-masing pipa tekan pompa, terletak di *basement* Gedung Bantu.

Salah satu implementasi dari Program Perawatan RSG-GAS Nomor: 001.001/ RN 00 02 / RSG 3, tertanggal, 21 Desember 2015 adalah perawatan katup. Perawatan katup di Sistem Pendingin Primer maupun Sistem Pendingin Sekunder dilakukan secara rutin setiap bulan. Pada perawatan

katup dengan penggerak mekanik dilakukan pengujian buka-tutup katup. Sedangkan perawatan katup yang menggunakan penggerak elektromekanik selain pengujian buka-tutup, juga dilakukan pengaturan torsinya. Pengaturan torsi dilakukan berdasarkan jumlah laju alir, diameter pipa, penurunan tekanan dan jenis katup.



**Gambar 1.** Katup sistem pendingin sekunder PA-01 AA003



**Gambar 2.** Jenis katup *butterfly* yang digunakan di RSG-GAS



**Multi-turn Actuator SA 3 - SA 100  
Auma Norm**

**Gambar 3.** Actuator SA 3 yang digunakan di RSG-GAS

Makalah ini bertujuan untuk menentukan besarnya torsi yang bekerja pada katup dengan perhitungan sehingga dapat ditentukan besarnya torsi minimum yang diperlukan pada penggerak elektromekanik. Lingkup penulisan dibatasi pada perhitungan torsi minimum yang diperlukan penggerak katup sistem pendingin sekunder PA-01/02/03 AA003. Alasan pemilihan obyek tersebut berdasarkan dua alasan utama yaitu pertama katup PA-01/02/03 AA001/003 berhubungan langsung dengan pompa sekunder, dimana katup AA001 diinlet pompa dan katup AA003 pada outlet pompa. Alasan kedua katup PA-01/02/03 AA003 merupakan katup isolasi isap yang dibuat *interlock two out of three*. Metode penulisan yaitu melakukan perhitungan torsi yang bekerja pada katup, dengan langkah sebagai berikut: mencari data aliransistem pendingin sekunder, mencari data spesifikasi katup, mencari data dimensi pipa, menghitung penurunan tekanan dan menghitung torsi minimum.

## TEORI

### a. Aliran fluida

Persamaan aliran fluida tidak mampat (*incompressible*), khususnya untuk air, menggunakan persamaan aliran yang sudah

terstandar dan diimplementasikan pada katup, yaitu:ANSI/ISA Standard S75.01 dan IEC Standards 534-2-1/2.(ANSI: American National Standards Institute; ISA: Instrument Society of America; IEC: International Electrotechnical Commission). Koefisien laju alir adalah kemampuan katup untuk mengalirkan fluida cairan pada diameter tertentu dengan laju alir sebesar 1 m<sup>3</sup>/h pada suhu antara 5 – 30°C dengan penurunan tekanan sebesar 1 bar. Korelasi antara koefisien laju alir dengan penurunan tekanan pada berbagai diameter, mengindikasikan batasan maksimal katup dengan diameter tertentu sehingga mampu mengalirkan fluida dengan penurunan tekanan (*pressure drop*) hingga batastertentu.

**b. Koefisien Aliran (Cv) pada Beberapa Jenis Katup<sup>[1]</sup>**

Koefisien aliran katup tergantung pada beberapa hal, antara lainjenis produk katup; variasi bukaan katupuntuk berbagai

diameter *ball valve*; variasi bukaan katup untuk berbagai diameter *butterfly valve*. Tabel 1 menunjukkan harga koefisien aliran yang melewati katup berdasarkan variasi bukaan katup untuk berbagai diameter jenis katup *butterfly*. Persamaan koefisien laju alir fluida air, dapat dinyatakan dalam bentuk metrik, sebagai berikut :

$$Kv = \frac{\pi.C.D^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \tag{1}$$

dimana:

- K<sub>V</sub> : koefisien laju alir
- C : koefisien keluaran
- D : diameter katup, m
- ρ : berat jenis air, 1000 kg/m<sup>3</sup>

Hubungan : K<sub>V</sub> dengan C<sub>V</sub>, adalah:1 K<sub>V</sub> = 0,865 C<sub>V</sub>

K<sub>V</sub> : koefisien laju alir dalam, satuan: bar.m<sup>3</sup>/h

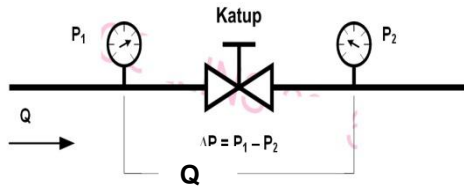
C<sub>V</sub> : koefisien laju alir dalam, satuan: psi.gpm

**Tabel 1.** Koefisien aliran (Cv) dari *Butterfly valve* dengan variasi bukaan katup<sup>[1]</sup>

Ukuran Katup		Cv [gpm] [psi]								
NPS [in]	DN [mm]	Posisi Bukaan <i>Disc</i>								
		90° Buka Penuh	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
1	25	61	56	36	21	11	5.6	2.7	0.97	0.07
1½	40	147	129	87	50	26	12.8	5.9	1.7	0.25
2	50	244	172	123	73	45	27	16	7	0.89
2½	65	439	310	201	115	71	43	25	11	1.4
3	80	691	488	290	165	102	62	35	16	2.0
4	100	1282	906	515	294	182	110	63	28	3.6
5	125	2070	1416	805	459	284	172	98	44	6
6	150	2786	1873	1065	607	376	227	130	59	7
8	200	5191	3402	1935	1147	714	427	244	106	13
10	250	8238	5385	3062	1815	1130	675	387	168	21
12	300	12102	7820	4448	2636	1642	981	562	245	31
14	350	15210	9829	5590	3313	2064	1234	706	307	40
16	400	19940	12885	7328	4343	2706	1617	925	403	52
18	450	26150	16898	9610	5695	3549	2121	1213	528	68
20	500	32690	21124	12014	7120	4436	2651	1517	660	85

**c. Perubahan Tekanan ( $\Delta P$ )**

Besarnya perubahan tekanan yang terjadi pada aliran yang melewati katup dapat digambarkan seperti pada gambar 1 berikut :



**Gambar 4.** Penurunan tekanan (*pressure drop*)

Persamaan perubahan tekanan ( $\Delta P$ ) dapat dinyatakan dalam bentuk metrik, sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{\rho}{2} \left( \frac{4 Q}{\pi C D^2} \right)^2 \tag{2}$$

dimana:

$\Delta P$  : perubahan tekanan, Pa atau  $N/m^2$

$\rho$  : berat jenis air,  $1000 \text{ kg}/m^3$

$Q$  : laju alir,  $m^3/jam$

**d. Perhitungan Torsi Pada Katup<sup>[2]</sup>**

Jumlah total torsi ( $T_T$ ) yang diperlukan untuk menggerakkan *disc* katup *butterfly* merupakan jumlah dari beberapa torsi yang bekerja pada katup tersebut. Besarnya torsi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$T_T = T_{su} + T_d + T_{bf} + T_{ss} + T_e + T_h \tag{3}$$

Dimana :

$T_{su}$  = Torsi *seating and unseating*

$T_d$  = Torsidinamikakibat aliran fluida

$T_{bf}$  = Torsi gesek *bearing*

$T_{ss}$  = Torsi gesekan tara *stem* dengan *seal*

$T_e$  = Torsi *eccentricity* akibat *centerline disc* terhadap *stem*

$T_h$  = Torsi hidrostatik

**Torsi Seating and Unseating ( $T_{su}$ )**

Besarnya torsi *seating/unseating* yang diperlukan ( $T_{su}$ ) untuk katup *butterfly* telah ditentukan berdasarkan pengujian yang sebenarnya. Nilai terbesar terjadi pada  $20^\circ$  putaran pertama saat terjadi kontak antara *disc* dengan *seat*, setelahnya torsi akan cenderung turun menuju nol. Besarnya  $T_{su}$  merupakan fungsi dari beda tekanan pada katup, koefisien gesek material katup, hasil pengerjaan akhir permukaan *disc*, kekasaran permukaan *disc*, jumlah *interference* antara diameter dalam (ID) *seat* dan diameter luar (OD) *disc*.

$$T_{su} = 0,32 \mu \cdot D^2 \cdot b \cdot P_s \tag{4}$$

Dimana:

$T_{su}$  : Torsi *seat-unseat*, Nm

$\mu$  : koefisien gesek *seat* = 0,6

$D$  : Diameter katup, m

$b$  : lebarkatup, m

$P_s$  : Gaya tekan pada katup, N

**Torsi Gesek Bearing ( $T_{bf}$ )**

Torsi gesekan *bearing* ( $T_{bf}$ ) terjadi karena perbedaan tekanan di *disc* katup yang kemudian ditransmisikan ke *stem*. Besarnya torsi gesek pada *bearing* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T_{bf} = 0.21 D^2 \cdot d/2 \cdot \square P \tag{5}$$

Dimana:

$T_{bf}$  : Torsi gesek *bearing*, Nm

$D$  : Diameter katup, m

$d$  : Diameter *stem*, m

$\square P$  : Perbedaan tekanan pada katup, Pa atau  $N/m^2$

**Torsi Dinamik ( $T_d$ )**

Torsi dinamik ( $T_d$ ) terjadi ketika posisi *disc* terletak antara posisi tertutup ( $0^\circ$ ) dan posisi terbuka lebar ( $90^\circ$ ). Dengan *disc* diposisi sebagian terbuka, kecepatan fluida yang melewati tepi *disc* lebih kecil dari kecepatan melewati *trailing* dalam. Variasi

kecepatan ini akan menimbulkan distribusi gaya yang bekerja di permukaan *disc* dan *trailing* dalam tidak seimbang. Total gaya yang bekerjategak lurus permukaan bagian tengah *disc* lebih besar dari total gaya yang bekerja tegak lurus bagian *trailing* dalam. Distribusi gaya yang tidak merata tersebut akan mengakibatkan munculnya torsi *saat disc* berubah ke posisi tertutup. Torsi dinamik  $T_d$  terbesar terjadi ketika *disc* pada posisinya antara  $75^\circ$  sampai  $85^\circ$  dari

perputarannya. Untuk menentukan torsi dinamik, digunakan persamaan berikut:

$$T_d = C_{dt} \times D^3 \times \Delta P \quad (6)$$

Dimana :

$T_d$  : Torsi dinamik, Nm

$C_{dt}$  : Koefisien torsi dinamik

$D$  : Diameter katup, m

$\Delta P$  : Perbedaan tekanan pada katup, Pa atau  $N/m^2$

Tabel 2. Koefisien torsi dinamik ( $C_{dt}$ ) dengan variasi sudut bukaan katup<sup>[3]</sup>

Sudut buka	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$C_{dt}$	0	0,007	0,014	0,022	0,033	0,050	0,087	0,143	0,215	0

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Data teknik actuator tipe SA3<sup>[4]</sup>

auma®		Technical Data OPEN-CLOSE Duty							SA 3 - SA 100				
Model	Output Speed at 50Hz rpm	Torque Range <sup>1)</sup> S2-15min		Running Torque <sup>2)</sup> S2-15min Nm	Valve Attachment		Stem Dia. O/P drive Type A Max. mm	Permissible Thrust for Type A Max. kN	Hand-wheel Dia. Std. mm	Handwheel Ratio		Weight (without spec unit) <sup>4)</sup> approx.	
		Min.Nm	Max.Nm		Standard DIN:3210	Option ISO:5210				Std.	With TBG*	Std. kg	With TBG* kg
SA 3	11	20	30	11	G 0	F 10	26	25	250	1:1	2:1	33	39
	16												
	22												
	32												
	45												
	63												
	90												
	125 <sup>3)</sup>												
180 <sup>3)</sup>													
SA 3.5	16	20	35	11.5	G 0	F 10	26	25	250	1:1	2:1	33	39

### b. Data teknik katup PA-01/02/03 AA003<sup>[5]</sup>

Jenis katup	Butterfly
Diameter katup (D)	559 mm
Tebal katup (b)	154 mm
Diameter stem (d)	54 mm
Maksimum tekanan	10 bar
Maksimum temperatur	60 °C

### c. Penentuan laju alir

Katup PA-01/02/03 AA003 adalah katup yang berada pada Sistem

Pendingin Sekunder sehingga besarnya laju alir yang melewati katup tersebut dapat menggunakan data yang ada di sistem pendingin sekunder. Berdasar LAK RSG-GAS No.Ident. RSG.KK.01.01.63.11, Revisi:10.1, Halaman: VI-8 dari VI-41<sup>[6]</sup> dinyatakan besarnya laju alir ( $Q$ ) = 3.900 m<sup>3</sup>/jam, dihasilkan oleh 2 pompa (melewati 2 jalur pipa) sehingga laju alir yang melewati setiap katup:  $Q = 3.900/2 = 1950$  m<sup>3</sup>/jam.

**d. Menentukan besarnya Cv**

Ukuran pipa pada sistem pendingin sekunder sesuai LAK RSG-GAS No. Ident. RSG.KK.01.01.63.11, Revisi :10.1, Halaman : VI-8 dari VI-41<sup>[6]</sup> yaitu PA-01 BR-01, PA-02 BR-01 (DN 500) dan disc bukaan 70° dari tabel 1. Diperoleh :

$$Cv = 12014 \text{ gpm.psi}$$

Sehingga diperoleh besarnya koefisien laju alir (K<sub>v</sub>) yang terjadi pada katup PA-01/02/03 AA003 adalah :

$$1 K_v = 0,865 C_v \text{ sehingga nilai } K_v = 12014/0,865 = 13889,02 \text{ bar.m}^3/\text{h}$$

Besarnya koefisien keluaran (C) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) :

$$K_v = \frac{\pi \cdot C \cdot D^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \quad (1)$$

Dimana :

- C = koefisien keluaran
- K<sub>v</sub> = 13889,02 bar. m<sup>3</sup>/h = 0,139 Pa.m<sup>3</sup>/h
- D = 0,559 m
- ρ = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Hasil perhitungan dengan persamaan (1) diperoleh koefisien keluaran C = 12,654

**Tabel 1.** Koefisien aliran (Cv) dari Butterfly valve dengan variasi bukaan katup

Ukuran Katup		Cv [gpm] [psi]								
NPS [in]	DN [mm]	Posisi Bukaan Disc								
		90° Buka Penuh	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
1	25	61	56	36	21	11	5.6	2.7	0.97	0.07
1½	40	147	129	87	50	26	12.8	5.9	1.7	0.25
2	50	244	172	123	73	45	27	16	7	0.89
2½	65	439	310	201	115	71	43	25	11	1.4
3	80	691	488	290	165	102	62	35	16	2.0
4	100	1282	906	515	294	182	110	63	28	3.6
5	125	2070	1416	805	459	284	172	98	44	6
6	150	2786	1873	1065	607	376	227	130	59	7
8	200	5191	3402	1935	1147	714	427	244	106	13
10	250	8238	5385	3062	1815	1130	675	387	168	21
12	300	12102	7820	4448	2636	1642	981	562	245	31
14	350	15210	9829	5590	3313	2064	1234	706	307	40
16	400	19940	12885	7328	4343	2706	1617	925	403	52
18	450	26150	16898	9610	5695	3549	2121	1213	528	68
20	500	32690	21124	12014	7120	4436	2651	1517	660	85

**e. Perhitungan Penurunan Tekanan**

Persamaan perubahan tekanan (ΔP) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = \frac{\rho}{2} \left( \frac{4Q}{\pi C D^2} \right)^2 \quad (2)$$

dimana :

ΔP = perubahan tekanan, Pa atau N/m<sup>2</sup>

ρ = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Q = 1950m<sup>3</sup>/jam

D = 0,559 m

$$C = 12,654$$

Dengan memasukan harga-harga tersebut ke persamaan (2) maka akan diperoleh besarnya penurunan tekanan yang terjadi di katup :

$$\Delta P = \frac{1000}{2} \left( \frac{4 \times 1950}{\pi \times 12,654 \times 0,559^2} \right)^2$$

$$\Delta P = 2,5273 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**f. Perhitungan torsi**

**Torsi Seating and Unseating (Tsu)**

Besarnya torsi maksimum akibat gesekan antara *disc* dengan *seat* terjadi saat katup dari posisi tertutup sampai membuka pada perputaran maksimum 20°. Besar torsi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) :

$$T_{su} = 0.32 \pi \cdot \mu \cdot D^2 \cdot b \cdot P_s \quad (4)$$

Dimana :

Tsu = Torsi *seat-unseat*, Nm

$\pi$  = 3.14

$\mu$  = 0,6

D = 0,559 m

b = 0,154 m

$P_s = 4 \Delta P / \pi D^2 = (4 \times 2,5273 \times 10^4) : (\pi \times 0,559^2) = 102977 \text{ N} = 102,977 \text{ KN}$

Dengan memasukan harga-harga tersebut ke persamaan (4) diperoleh harga torsi *seating and unseating* (Tsu) = 2989,067 Nm.

**Torsi Gesek Bearing (Tbf)**

Besarnya torsi yang terjadi pada bearing katup dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) :

$$T_{bf} = 0.21 D^2 (d/2) \square P \quad (5)$$

dimana :

Tbf = Torsi gesek *bearing*, Nm

D = 0,559 m

d = 0,054 m

$\square P = 2,5273 \times 10^4 \text{ Pa}$

Dengan memasukan harga-harga tersebut ke persamaan (5) diperoleh harga torsi gesek *bearing* (Tbf) = 44,778 Nm.

**Torsi Dinamik (Td)**

Besarnya torsi dinamik maksimum yang pada katup terjadi pada saat posisi katup membuka sebesar 80°. Besarnya torsi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6):

$$T_d = C_{dt} \times D^3 \times \square P \quad (6)$$

dimana :

Td = Torsi dinamik, Nm

Cdt = 0,215 (tabel 2. untuk sudut buka 80°)

D = 0,559 m

$\square P = 2,5273 \times 10^4 \text{ Pa}$

Dengan memasukan harga-harga tersebut ke persamaan (6) diperoleh harga torsi dinamik pada katup (Td) = 949,141 Nm.

Jumlah torsi yang diperlukan pada katup butterfly secara keseluruhan merupakan fungsi dari Tsu, Td and Tbf. Sedangkan pengaruh dari torsi lainnya umumnya tidak signifikan dibandingkan ketiga torsi tersebut. Dengan menggunakan persamaan (3) maka jumlah torsi yang bekerja pada katup PA01/02 AA003 sebesar :

$$T_T = T_{su} + T_d + T_{bf} + T_{ss} + T_e + T_h \quad (3)$$

Dimana:

Tsu = 2989,067 Nm.

Td = 949,141 Nm.

Tbf = 44,778 Nm.

Tss = Te = Th = 0 Nm.

Dengan memasukan harga-harga tersebut ke persamaan (3) diperoleh jumlah torsi yang bekerja pada katup (TT) = 3982,986 Nm = 3,983 kNm. Torsi tersebut masih di dalam batas yang diijinkan untuk aktuator AUMA tipe SA3 (*Permissible thrust for type A* = 25 kNm).

**KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan besarnya torsi yang bekerja pada katup maka setelah katup dilakukan pengaturan posisi *open/close* maka pada perawatan katup perlu dilakukan pengaturan torsi pada aktuatornya dengan torsi sebesar 3982,986 Nm.



**DAFTAR PUSTAKA**

1. Diktat kursus kendali dan operasi katup dalam Sistem RSG-GAS, 2016
2. Code No. LIT-347Vb2, Valve and Actuator Manual, Valve Basics and Sizing Information Section, Engineering Data Book, Johnson Controls, Inc,1996.
3. Tufline High Performance Butterfly Valves, [www.cranchempharma.com](http://www.cranchempharma.com) diakses 3 Oktober 2015.
4. Auma India Multi-turn Electric Actuators
5. Dokumen M-172, *Quality Life Documents (QLD)* RSG-GAS
6. LAK RSG-GAS *No. Ident. RSG.KK.01.01.63.11*, Revisi :10.1 tahun 2011.