

PERHITUNGAN *NOISE* HIDRODINAMIKA DALAM KATUP KONTROL PADA SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI MENGGUNAKAN SMART PLANT

Demon Handoyo, Djoko H. Nugroho
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir-BATAN

ABSTRAK

PERHITUNGAN *NOISE* HIDRODINAMIKA DALAM KATUP KONTROL PADA SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI MENGGUNAKAN SMART PLANT. Telah dilakukan perhitungan karakteristik katup kontrol pada Sistem Instrumentasi dan Kendali dengan menggunakan software *Smart plant*. Perhitungan ini dilakukan agar katup kontrol yang akan dipasang sebagai bagian dari sistem instrumentasi dan kendali memberikan kinerja sesuai dengan desain. Karakteristik-karakteristik yang telah dihitung adalah *Reynolds number factor* yang berkaitan dengan rezim aliran dalam katup, *Critical pressure factor*, *Valve cavitation index* dan *Hydrodynamic noise*. Dalam makalah ini pembahasan akan dibatasi pada hal berkaitan dengan proses pembangkitan *Hydrodynamic noise* dengan model yang digunakan adalah sistem instrumentasi dan kendali yang ada di desain pabrik *yellow cake* pada kegiatan PIPKPP tahun 2012. Hasil perhitungan noise pada katup yang ada pada desain tersebut berkisar antara 9.58 ~ 70.1 dBA.

Kata kunci: *katup kontrol*, sistem instrumentasi, *hydrodynamic noise*.

ABSTRACT

A CALCULATION OF HYDRODYNAMIC NOISE OF CONTROL VALVE ON INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEM USING SMART PLANT. It has been calculated characteristics of the control valve Instrumentation and Control Systems using Smart Plant software. This calculation is done in order to control the valve that will be installed as part of the instrumentation and control systems to provide the performance according to the design. The characteristics that have been calculated are Reynolds number factors which are related to the flow regime in the valve, Critical pressure factor, Valve Hydrodynamic cavitation and noise index. In this paper the discussion will be limited to matters relating to Hydrodynamic noise generation process using model of the instrumentation and control system in the plant design in yellow cake PIPKPP activities in 2012. The results of the calculation of the noise on the valves design are in the range between 9.58 ~ 70.1 dBA.

Keywords: *control valve*, instrumentation system, *hydrodynamic noise*.

PENDAHULUAN

Sejak awal tahun 2012 dilakukan kegiatan *Basic Design* instrumentasi dan kendali pada pabrik *yellow cake* dari Uranium hasil samping pabrik asam Fosfat. Pabrik *yellow cake* ini beroperasi dengan cara memisahkan uranium alam yang terkandung dalam material / bahan produksi asam fosfat. Perekayasaan instrumentasi dan kendali diimplementasikan untuk mengendalikan parameter-parameter proses pada pabrik tersebut agar mencapai output yang sama dengan *demand* pada semua tahap proses. Dimana proses-proses yang ada pada pabrik tersebut meliputi : proses pendinginan, pemisahan dari senyawa-senyawa padat, proses klarifikasi dan proses filtrasi.

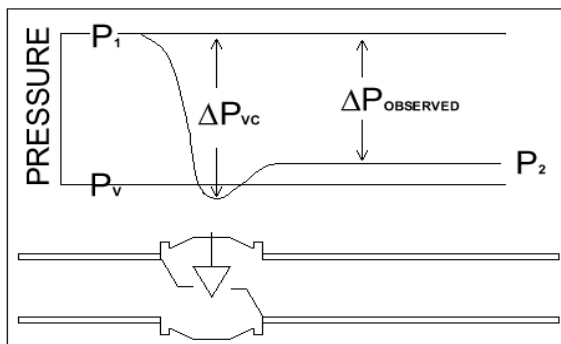
Teknik instrumentasi merupakan pengetahuan dalam penerapan alat ukur dan sistem pengendalian pada suatu sistem dengan

menggunakan harga numerik variabel besaran proses dan dengan tujuan agar parameter berada dalam batas daerah tertentu atau mencapai tujuan kinerja yang diinginkan. Operasi di industri proses sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses, misalnya aliran di dalam pipa, tekanan (*pressure*) di dalam sebuah *vessel*, temperatur di unit *heat exchanger*, tinggi permukaan (*level*) zat cair di sebuah tangki, *hydrogen ion concentration (pH)*, *moisture content*, *conductivity*, *density or specific gravity*, *combustible content of flue gas*, *oxygen content of flue gas*, *chromatographic stream composition*, *nitrogen oxides emissions*, *calorimetry (BTU content)* dan sebagainya.

Desain sistem instrumentasi dan kendali pada pabrik ini dimulai dari pemahaman tentang desain proses, P&ID (*Piping Instrumentation and Diagram*) dan PFD (*Process Flow Diagram*). Berdasarkan informasi tersebut dirancang jumlah dan jenis parameter yang harus diamati (*monitoring*) dan jumlah serta jenis parameter yang harus dikendalikan (*control*). Observasi tentang batasan desain yang tidak boleh dilewati harus dilakukan untuk merancang sistem interlock dan sistem proteksi. Agar sistem perangkat keras dapat melaksanakan fungsi seperti yang diharapkan maka perlu dilakukan rekayasa dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) pendukung. Pada kegiatan perhitungan karakteristik katup kontrol (khususnya, hydrodynamic noise) ini digunakan *software smart plant* yang dimiliki oleh PRPN-BATAN.

DASAR TEORI

Katup kontrol sebagai salah satu bagian dari sistem instrumentasi digunakan untuk mengatur aliran suatu fluida. Penggunaan katup kontrol banyak dijumpai pada berbagai aplikasi industri. Kerja katup kontrol adalah mengatur aliran dengan cara menaikkan atau menurunkan *pressure drop* fluida yang melalui katup tersebut. Adanya perubahan *pressure drop* ini akan menyebabkan timbulnya *noise*. Perubahan tekanan dalam katup dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar1. Perubahan tekanan dalam katup ^[1]

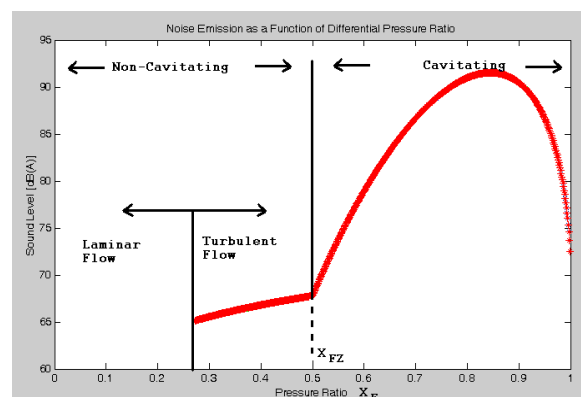
Sumber noise katup kontrol

Noise pada katup kontrol muncul akibat getaran mekanik yang berasal dari kontak aliran fluida dengan komponen dalam katup dan oleh aliran fluida itu sendiri dalam katup^[1]. *Noise* mekanik yang muncul pada katup tersebut terjadi sebagai akibat fluktuasi perubahan tekanan fluida secara random. *Noise* mekanik yang terjadi di dalam katup, biasanya akan menimbulkan getaran. Suara yang dihasilkan oleh getaran tersebut biasanya ± 1500 Hz^[1].

Meskipun kerusakan bahan katup mungkin terjadi terkait dengan getaran ini, tetapi biasanya fokus perhatian tertuju pada suara yang dipancarkan olehnya. Kebisingan sebagai akibat getaran tersebut, pada umumnya tidak dapat diprediksi dan hanya dapat dihilangkan dengan memperbaiki desain *network* aliran fluida serta pemilihan katupnya. *Noise* yang disebabkan aliran hidrodinamik dapat diklasifikasikan dalam 2 klasifikasi, yakni:

1. **Non-Cavitating**, noise jenis ini terjadi akibat fluktuasi kecepatan turbulents (*turbulent velocity fluctuations*) dan tidak cukup memberikan masalah yang signifikan pada sistem.
2. **Cavitating**, noise jenis ini terjadi pada aliran fluida dengan gelembung uap di dalamnya dan cukup signifikan untuk menyebabkan kerusakan pada logam katup akibat stress mekanik.

Bentuk perubahan *noise* terhadap perubahan tekanan dan perubahan rezim/ bentuk aliran dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bentuk perubahan noise terhadap perubahan tekanan ^[2&4]

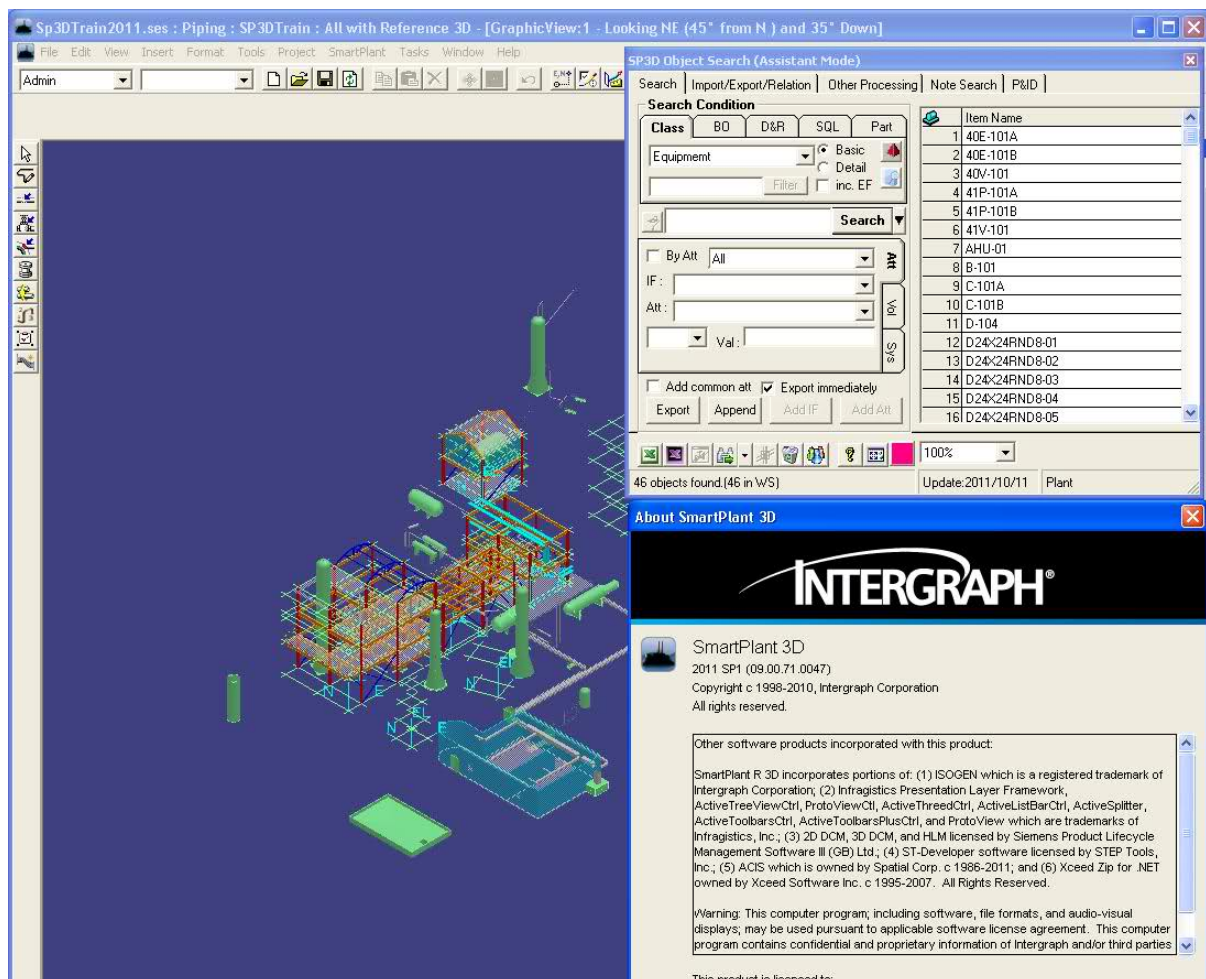
Batasan tingkat *noise*

Tingkat kebisingan akibat *noise* yang sangat tinggi, selain akan menyebabkan kerusakan bahan dari katup, juga mengganggu masyarakat (khususnya pekerja). Oleh karena itu diatur oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), bahwa tingkat kebisingan tidak boleh lebih dari 85 dBA dan tidak boleh terpapar kebisingan sampai 115 dBA atau lebih. Rekomendasi dari *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) and *the American Conference of Governmental* (ACG) juga menyatakan bahwa batas aman tingkat kebisingan adalah 85 dBA^[2].

Perangkat Lunak Smart Plant

Smart Plant adalah perangkat lunak keluaran Intergraph yang dapat digunakan sebagai perangkat

lunak bantu untuk mendesain suatu sistem proses/produksi. Perangkat lunak, seperti Gambar 3, ini dapat digunakan untuk menganalisis suatu desain, konstruksi dan *maintenance* suatu sistem pabrik. Perangkat lunak smart plant merupakan perangkat lunak yang terintegrasi, sehingga dapat digunakan menganalisis desain, konstruksi dan *maintenance* suatu sistem proses/produksi untuk berbagai disiplin ilmu seperti: *piping*/ mekanik, instrumentasi, kelistrikan dan proses. Dengan digunakannya software ini, proses yang berkaitan dengan desain, konstruksi dan *maintenance* suatu sistem proses/produksi dapat dianalisis dalam waktu yang relative lebih cepat dibandingkan dengan cara sebelumnya, yakni secara manual.



Gambar 3. Perangkat lunak Smart Plant

METODOLOGI

Perhitungan *noise* hidrodinamika katup kontrol dalam makalah ini, dimulai dengan observasi terhadap hal-hal yang berkaitan dengan katup kontrol tersebut. Observasi dilakukan untuk mendapatkan ketersediaannya di pasar, karakteristik fisik sesuai dengan desain sistem pabrik yang telah dibuat, model matematis yang berkaitan dengan unjuk kerja katup (seperti: kavitasi, *noise* hidrodinamika) setelah dioperasikan.

Prediksi terjadinya kavitasi

Tidak seperti aliran aerodinamik, aliran hidrodinamik tidak mengalami perubahan fase. Seperti yang terlihat pada gambar 2, bahwa untuk menentukan jenis aliran dan apakah di dalam katup terjadi kavitasi dapat dilihat dari *ratio* tekanan. Besar *ratio* tekanan adalah sebagai berikut ^[1 & 3] :

$$DP_f = \frac{\Delta P}{P_1 - P_v} = 1/\sigma \dots\dots\dots(1)$$

dimana

ΔP = Beda tekanan antara upstream dan downstream (P1-P2)

P_v = Tekanan uap fluida pada bagian inlet

σ = *Cavitation index*

Prediksi intensitas *noise* dalam katup

Untuk memprediksi intensitas *noise* dalam katup dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan persamaan matematis (metode yang dikeluarkan oleh *Valtex*, *Emerson* dll) dan atau dengan menggunakan Perangkat lunak (salah satunya adalah: *software smart plant*).

Untuk perhitungan dengan Metode *Valtex*, rumusnya sebagai berikut ^{[3],[4],[5]} :

$$SPL = DP_S + C_S + R_S + K_S + D_S \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

SPL = *Sound Pressure Level* (dBA)

DP_S = Faktor *pressure drop*

C_S = Faktor *flow capacity*

R_S = *Ratio Factor*

K_S = Faktor atenuasi pipa

D_S = Faktor jarak.

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), dapat dihitung besarnya *noise* yang akan ditimbulkan di dalam katup kontrol yang dimaksud. Sedangkan untuk menghitung atau mencari harga DP_S, C_S, R_S, K_S, D_S dan DP_f selain dapat dilakukan dengan memasukkan parameter ataupun variabel yang berkaitan rumusnya, dapat pula digunakan tabel dan grafik data yang dikeluarkan oleh *Valtex*. Adapun tabel dan grafik data yang dimaksudkan itu dapat dilihat pada: tabel 1 dan tabel 2, serta Gambar 4 sampai dengan Gambar 7.

Perhitungan dengan *software smart plant*, dilakukan dengan melakukan *running* terhadap *software* tersebut untuk menghitung karakteristik katup kontrol. Dengan *software* ini, proses perhitungan dilakukan dengan cara memasukan input berupa besaran-besaran operasi katup pada *software* tersebut. Setelah input dimasukan, selanjutnya untuk mendapatkan hasil perhitungan, dilakukan eksekusi hitung pada *software* tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

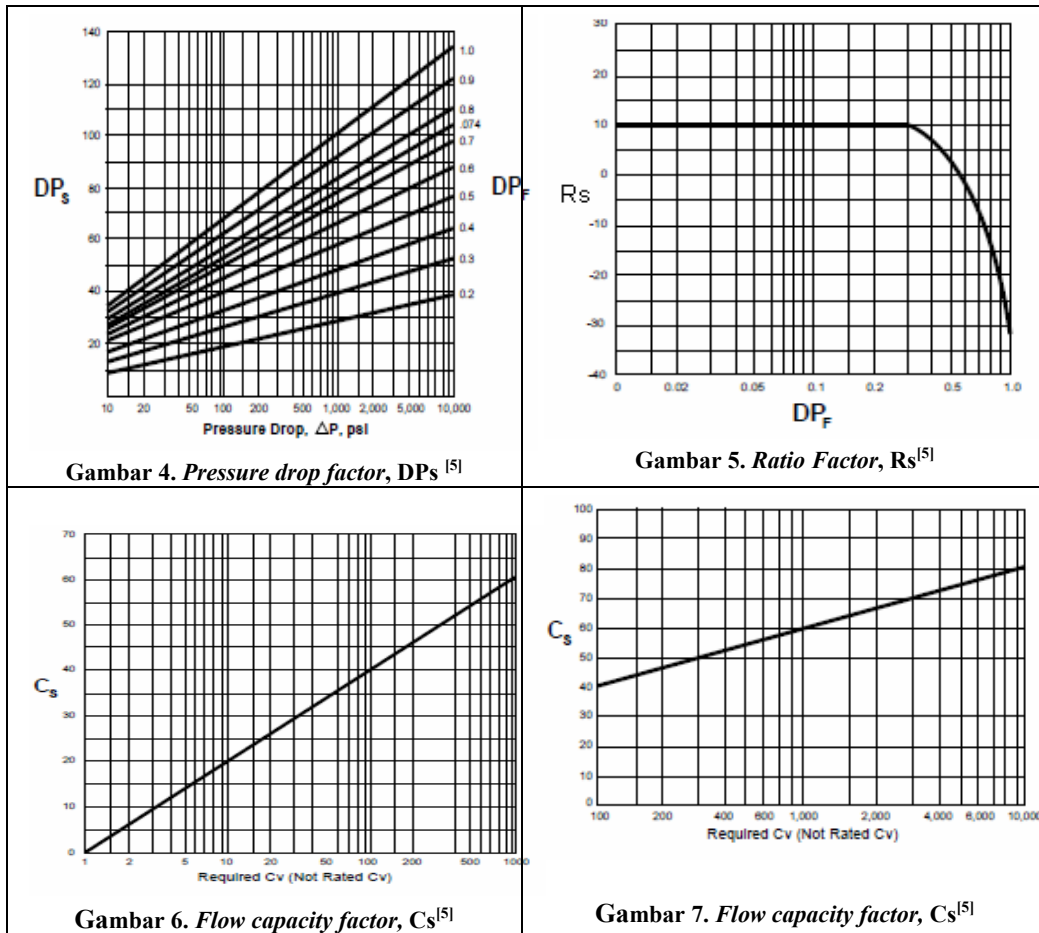
Untuk memberikan gambaran bagaimana perhitungan dengan cara hitung langsung (secara manual) dan perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak, maka dalam makalah ini dilakukan juga perhitungan dengan menggunakan metode *valtex* dan dengan menggunakan perangkat lunak *smart plant*. Hasil perhitungan *noise* hidrodinamik dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) serta *software smart plant* untuk katup-katup yang ada atau digunakan dalam desain pabrik yellow cake adalah sebagai berikut:

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (1) dan (2)

Dalam makalah ini, karena perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) hanya sebagai ilustrasi salah satu metode perhitungan, maka hanya dilakukan pada beberapa katup saja, yakni: katup VP-04 yang memberikan nilai minimum dan

VP-83 yang memberikan nilai maximum. Hasil perhitungan *noise* hidrodinamika pada ke dua katup

tersebut adalah seperti ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4.



Tabel 1. Distance factor, D_s [5]

Distance of personnel from noise source in feet	D_s
3	0
6	-5
12	-10
24	-15
48	-20
96	-25

Tabel 2. Pipe attenuation factor, K_s [5]

	Pipe Schedule						Pipe Schedule							
	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	STD.	XS	XXS	
0.5				0		-5		0.5			-11	0	-5	-15
0.75				0		-6		0.75			-11	0	-5	-15
1.0				0		-6		1.0			-12	0	-6	-15
1.5				0		-6		1.5			-12	0	-6	-14
2				0		-6		2			-12	0	-6	-14
3				0		-7		3			-13	0	-7	-16
4				0		-7		4	-9		-13	0	-7	-14
6				0		-8		6	-10		-14	0	-8	-14
8		4	3	0	-3	-9	-8	8	-12	-13	-18	0	-9	-16
10		5	3	0	-5	-9	-9	10	-13	-14	-19	0	-7	-16
12		6	2	-1	-6	-10	-11	12	-14	-15	-20	0	-6	-16
14	6	3	0	-2	-6	-11	-12	14	-15	-16	-22	0	-4	-14
16	6	3	0	-4	-8	-12	-13	16	-16	-18	-24	0	-4	-14
18	5	3	-2	-6	-9	-13	-15	18	-18	-19	-25	0	-4	-14
20	5	0	-4	-6	-10	-14	-16	20	-19	-21	-26	0	-4	-14
24	5	0	-6	-8	-12	-15	-19	24	-21	-23	-27	0	-4	-14
30	3	-4	-7	-8	-15	-15		30			-27	0	-4	-14
36	3	-4	-7	-9	-15	-15		36			-27	0	-4	-14
42		-4	-7	-9	-15	-15		42			-27	0	-4	-14

Tabel 3. Hasil perhitungan *noise* hidrodinamika dengan Pers. (1) dan (2)

Nama Katup: VP-04			Nama Katup: VP-83		
P1	0.5	bar.g	P1	1.0	bar.g
P2	0.4	bar.g	P2	0.8	bar.g
Cv	0.00421		Cv	489	
Pv	0.1	bar.g	Pv	0.2	bar.g
ΔP	0.1	bar.g	ΔP	0.2	bar.g
DPf	0.25		DPf	0.25	
DPs	9.6	dBA	DPs	10	dBA
Rs	6	dBA	Rs	10	dBA
Cs	0	dBA	Cs	53	dBA
Ds	0	dBA	Ds	0	dBA
Ks	-5	dBA	Ks	0	dBA
SPL	10.60	dBA	SPL	73.00	dBA

Tabel 4. Hasil perhitungan *noise* hidrodinamika menggunakan smart plant

Nama Instrumen	Material Alir (fluida)	Kecepatan Alir (kg/h)	P1 (bar-g)	P2 (bar-g)	Pv (bar-g)	Diameter (in)	SCH	Cv	SPL (dBA)	Rezim Aliran
VP-01	Phosponic Acid	65656	2	0.8	0.2	4	xxs	80.6	N/A	Transisional
VP-04	H2O2	1	0.5	0.4	0.1	0.5	80	0.0042	9.58	Transisional
VP-09	TOPO	150	1	0.8	0.2	2	40	0.479	35.6	Transisional
VP-10	DEPHA	3500	1	0.8	0.2	3.5	40	10.8	44.1	Turbulen
VP-11	TOPO	1000	1	0.8	0.2	3.5	40	3.13	38.7	Transisional
VP-12	Kerosene	15000	1	0.8	0.2	2	40	46.4	55.4	Turbulen
VP-13	Kerosene	4000	1	0.8	0.2	3.5	40	12.4	44.7	Turbulen
VP-14	Phosponic Acid	2500	1	0.8	0.2	1.5	40	5.91	47.3	Turbulen
VP-16	Phosponic Acid	45000	1	0.8	0.2	4	xxs	111	40	Turbulen
VP-19	Cooling Water	45000	1	0.95	0.2	4	xxs	330	32.7	Turbulen
VP-22	H2O	20	1	0.95	0.2	1.5	80	0.153	15.1	Transisional
VP-25	Phosponic Acid	2000	1	0.8	0.2	1.5	xxs	5.18	33.5	Turbulen
VP-28	Gunk	100	1	0.8	0.2	2.5	40	0.267	29.4	Transisional
VP-29	Phosponic Acid	1200	1	0.8	0.2	2.5	40	3.11	40.1	Turbulen
VP-31	Phosponic Acid	1200	1	0.8	0.2	2.5	40	3.11	40.1	Turbulen
VP-33	Phosponic Acid	1200	1	0.8	0.2	2.5	40	3.11	40.1	Turbulen
VP-34	Gunk	100	1	0.8	0.2	2.5	40	0.267	29.4	Transisional
VP-35	Phosponic Acid	1200	1	0.8	0.2	2.5	40	3.11	40.1	Turbulen
VP-36	H2O	500	1	0.95	0.2	2.5	40	3.66	28.7	Turbulen
VP-37	Phosponic Acid	12000	1	0.8	0.2	2.5	40	31.1	50.1	Turbulen
VP-38	H2O	500	1	0.95	0.2	2.5	40	3.66	28.7	Turbulen
VP-39	Phosponic Acid	12000	1	0.8	0.2	2.5	40	31.1	50.1	Turbulen
VP-40	H2O	500	1	0.95	0.2	2.5	40	3.66	28.7	Turbulen

Tabel 4. Hasil perhitungan noise hidrodinamika menggunakan smart plant

VP-41	Phosphoric Acid	12000	1	0.8	0.2	2.5	40	31.1	50.1	Turbulen
VP-42	H ₂ O	500	1	0.95	0.2	2.5	40	3.66	28.7	Turbulen
VP-43	Phosphoric Acid	12000	1	0.8	0.2	2.5	40	31.1	50.1	Turbulen
VP-47	Gunk	100	1	0.8	0.2	1	40	10.4	50.8	Turbulen
VP-49	Phosphoric Acid	20000	1	0.8	0.2	3.5	40	51.8	50.9	Turbulen
VP-50	Phosphoric Acid	15000	1	0.8	0.2	2.5	40	38.9	51	Turbulen
VP-51	Gunk	0.5	1	0.8	0.2	0.5	40	0.0016	15.3	Transisional
VP-53	Phosphoric Acid	15000	1	0.8	0.2	2	40	12.7	49.8	Turbulen
VP-54	H ₂ O ₂	0.5	0.5	0.4	0.1	0.5	40	0.0022	10.6	Transisional
VP-55	H ₂ O	70	1	0.95	0.2	1	40	0.529	25.9	Transisional
VP-67	Phosphoric Acid	60000	1	0.8	0.2	5	40	155	53.9	Turbulen
VP-68	Phosphoric Acid	15000	1	0.8	0.2	3.5	40	38.9	49.6	Turbulen
VP-70	Phosphoric Acid	100	1	0.8	0.2	0.5	40	0.244	37.1	Transisional
VP-71	Phosphoric Acid	19000	1	0.8	0.2	2	40	49.2	55.7	Turbulen
VP-77	Phosphoric Acid	15000	1	0.8	0.2	2.5	40	38.9	51	Turbulen
VP-79	Phosphoric Acid	19000	1	0.8	0.2	2	40	11.8	49.5	Turbulen
VP-80	Gunk	3000	1	0.8	0.2	4	40	7.77	42	Turbulen
VP-82	(NH ₃) ₄ CO ₃	3000	1	0.8	0.2	4	40	11	43.5	Turbulen
VP-83	Kerosene	5000	1	0.8	0.2	0.5	40	489	70.1	Turbulen

Dari tabel 3 dan tabel 4 hasil perhitungan tersebut di atas dapat dilihat bahwa *noise* hidrodinamika terendah terjadi pada katup VP-04 yakni sebesar 9.58 dBA dan yang tertinggi adalah pada katup VP-83 yakni sebesar 70.1 dBA. Dari table tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan *noise* yang ditimbulkan bisa jadi karena:

1. Jenis fluida yang mengalir di dalamnya pada VP-04 fluidanya adalah H₂O₂ sedangkan pada VP-83 adalah karosene. Hal ini tentunya mempengaruhi sifat fisiknya.
2. Debit aliran, pada VP-04 debitnya berkisar antara 1~3 kg/h, sedangkan pada VP-83 debitnya berkisar antara 5000~5300 kg/h. Perbedaan tekanan pada *upstream* dan *downstreamnya*.
3. Adanya unsur kira-kira (tidak exact) pada saat pembacaan grafik jika perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dan (2).

KESIMPULAN

Hasil perhitungan *noise* hidrodinamika pada katup kontrol yang ada pada desain basic pabrik *yellow cake* dengan menggunakan metode *Valtex* dan *software smart plant* menunjukkan hasil yang tidak terlampau jauh selisihnya. Selain itu hasil perhitungan dengan menggunakan kedua cara memberikan hasil di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) dan *the American Conference of Governmental* (ACG), yakni: 115 dBA. Dengan demikian desain *basic* pabrik *yellow cake* untuk katup kontrol, ditinjau dari segi *noise* hidrodinamikanya memberikan hasil yang sangat bagus.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mariano J. Savelski. "Control valves noise testing and modeling", Rowan University. Glassboro, NJ 08028, USA., 2004
2. Noise/Hearing Conservation, <http://www.osha.gov>. diunduh: 23 Agustus 2012.
3. CEI/IEC 534-8-4, 1st Edition, 1994, "Prediction of Noise Generated by Hydrodynamic Flow".
4. Mariano J. Savelski, "A multidisciplinary learning experience: control valves noise testing and modeling"., Rowan University. Glassboro, NJ 08028, US. 2004
5. Valtex, Sizing & Selection, "Noise Prediction", 9-1991.