

PERHITUNGAN PENGARUH PERUBAHAN *PRESSURE DROP* PADA KATUP KONTROL TERHADAP DERAU HIDRODINAMIKA DENGAN MENGUNAKAN *SMART PLANT*

Demon Handoyo, Djoko H. Nugroho Pusat
Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Gd 71, Lt 2 Serpong

ABSTRAK

PERHITUNGAN PENGARUH PERUBAHAN BUKAAN KATUP KONTROL TERHADAP DERAU HIDRODINAMIKA DENGAN MENGGUNAKAN SMART PLANT. Perubahan tekanan (*pressure drop*) pada katup kontrol (*control valve*) menimbulkan derau (*noise*) hidrodinamik yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem yang menggunakannya. Makalah ini menguraikan penggunaan *Smart Plant* untuk menghitung derau hidrodinamika pada katup kontrol dengan *pressure drop* fluida yang divariasikan pada desain proses pabrik yellow cake. Perhitungan dilakukan pada 3 jenis katup kontrol: globe, butterfly dan ball. Proses pembangkitan derau juga disajikan dalam makalah ini. Hasil perhitungan derau hidrodinamika selanjutnya dapat digunakan untuk acuan pemilihan katup kontrol yang akan digunakan sebagai bagian dari perancangan sistem instrumentasi dan kontrol pada pabrik yellow cake yang dilakukan di PRPN-BATAN. Perhitungan dengan *Smart Plant* menunjukkan bahwa untuk variasi *pressure drop* yang ditetapkan, maka katup terbaik yang dipergunakan adalah katup globe dengan derau hidrodinamika sebesar 40.7 – 50.3 dBA.

Kata kunci : derau hidrodinamika, katup kontrol

ABSTRACT

CALCULATION OF THE EFFECT OF CHANGE IN CONTROL VALVE PRESSURE DROP TO HYDRODYNAMIC NOISE USING SMART PLANT. Pressure drop on control rod valves causes hydrodynamic noise that can cause damage to the system that used it. This paper describes the use of *Smart Plant* to calculate the hydrodynamic noise on control valve with variation in fluid pressure drop. The calculation was performed on three types of control valve: globe, ball and butterfly. Noise generation is also discussed in this paper. The result of the hydrodynamic noise calculation can then be used as a reference in selecting control valve, which is used in part of design of instrumentation and control system of yellow cake factory that was made in PRPN-BATAN. The calculation using *Smart Plant* shows that, for pressure drop variation determined, the best valve used is globe valve with the hydrodynamic noise of 40.7 - 50.3 dBA.

Key words: hydrodynamic noise, control valve.

1. PENDAHULUAN

Perekayasa instrumentasi dan kendali diimplementasikan untuk mengendalikan parameter-parameter proses pada suatu pabrik agar mencapai output yang sama dengan *demand* pada semua tahap proses. 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. Desain sistem instrumentasi dan kendali pada suatu pabrik (yang dalam hal

ini diwakili oleh pabrik yellow cake) yang dilakukan di PRPN-BATAN, dimulai dari pemahaman tentang desain proses, P&ID (*Piping and Instrumentation 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*).

Operasi di industri proses sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Salah satu proses yang harus diukur dan dikendalikan adalah laju aliran material (gas, fluida, *slurry*) produksi. Pengendalian laju aliran material produksi ini dapat dilakukan dengan menggunakan katup. Katup yang digunakan dalam proses pengontrolan laju aliran material ini dapat dipilih jenisnya berdasarkan karakteristik pengontrolan yang akan dilakukan. Adanya penggunaan katup, menjadi salah satu timbulnya derau pada sistem industri tersebut. Derau akan menimbulkan kebisingan yang mungkin tidak menimbulkan masalah, tetapi ada kemungkinan dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem. Untuk mengetahui karakteristik pembentukan derau pada katup kontrol yang mungkin dipakai di dalam sistem industri tersebut, maka pada kegiatan perhitungan pengaruh perubahan *pressure drop* dalam katup kontrol terhadap derau hidrodinamika ini akan dilakukan pada 3 jenis katup yakni: *ball*, *globe* dan *butterfly* dan dengan berbagai variasi *pressure drop* yakni: 0.25, 0.5, 0.75 dan 1 bar. Untuk mempermudah proses perhitungan pengaruh perubahan *pressure drop* terhadap derau hidrodinamika dalam katup kontrol ini, digunakan *software smart plant* yang dimiliki oleh PRPN-BATAN.

2. DASAR TEORI

2.1 Katup kontrol

Katup adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengontrol laju aliran, arah aliran, dan tekanan dari suatu material produksi. Dalam DIN 24300, mengikuti rekomendasi CETOP (*Comite Europeen des Transmissions Oleohydrauliques et Pneumatiques*) dan ISO/R 1219 – 1970 katup dibagi dalam 4 kelompok menurut fungsinya:

1. katup pengarah (*directional valve/way valve*)
2. katup non balik (*non-return valve*)
3. katup kontrol (*control valve*)
4. katup penutup (*shutt-off valve*)

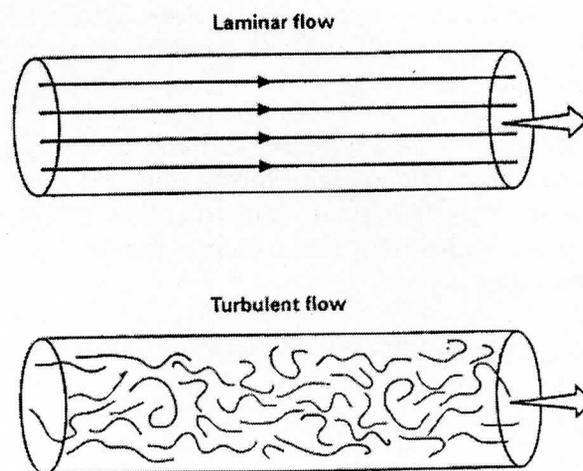
Katup kontrol adalah alat yang digunakan untuk memodifikasi aliran fluida atau laju tekanan pada sebuah sistem proses dengan menggunakan daya untuk operasinya. Katup ini digunakan oleh industri dalam banyak aplikasi. Katup kontrol adalah elemen kontrol akhir yang paling umum digunakan untuk mengatur aliran bahan dalam sebuah proses. Pada suatu *loop* proses, hanya variabel tekanan yang dikontrol, sedangkan variabel tersebut akan berubah-ubah karena perubahan aliran pada sistem atau karena lapisan pipa dan permukaan dinding peralatan. Variasi variabel ini tidak diinginkan dan harus dikompensasi dengan menggunakan katup kontrol. Proses pengontrolan variabel tekanan tersebut oleh katup kontrol akan menimbulkan *pressure drop*.

Sesuai dengan proses bukaan dan penutupan katup kontrol, jenis katup kontrol yang ada dalam sistem instrumentasi adalah:

1. *Sliding Stem*, dikenal karena gerakan (buka-tutup) *stem* secara *linear*. Contoh: *control valve* jenis *globe*.
2. *Rotary*, dikenal karena gerakan (buka-tutup) *stem* memuntir 90°. Contoh: *control valve* jenis *ball* dan *butterfly*.

2.2 Karakteristik Aliran Fluida

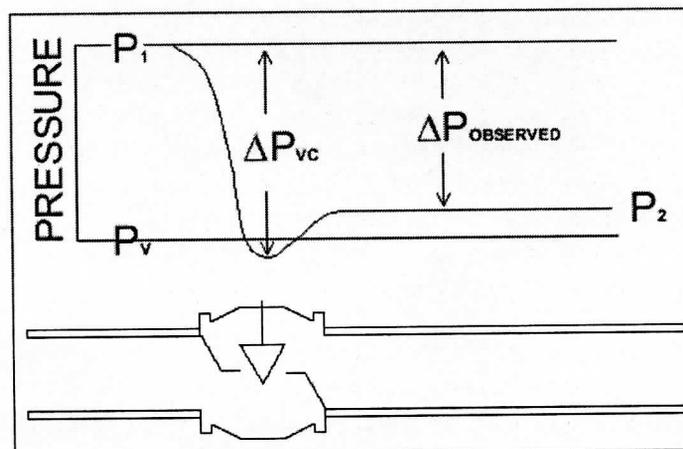
Berdasarkan bentuk/ pola alirannya, aliran fluida dapat digolongkan dalam 2 jenis, yakni: laminar dan turbulen. Aliran disebut laminar adalah fluida bergerak sebagai sejumlah laminasi atau lapisan. Dimana setiap lapisan tersebut bergerak tidak saling memotong dan membaur dan hanya saling bergeseran pada variasi kecepatan dalam penampang aliran. Sedangkan aliran disebut turbulen adalah apabila fluida bergerak dengan arah alir yang tidak menentu, sehingga aliran tersebut akan saling memotong dan membaur dalam gerakan ulakan (*eddy motion*). Bentuk aliran fluida yang berbentuk laminar dan turbulen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk aliran laminar dan turbulen ^[1].

Pressure drop

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 2.



Gambar2. Perubahan tekanan dalam katup ^[1].

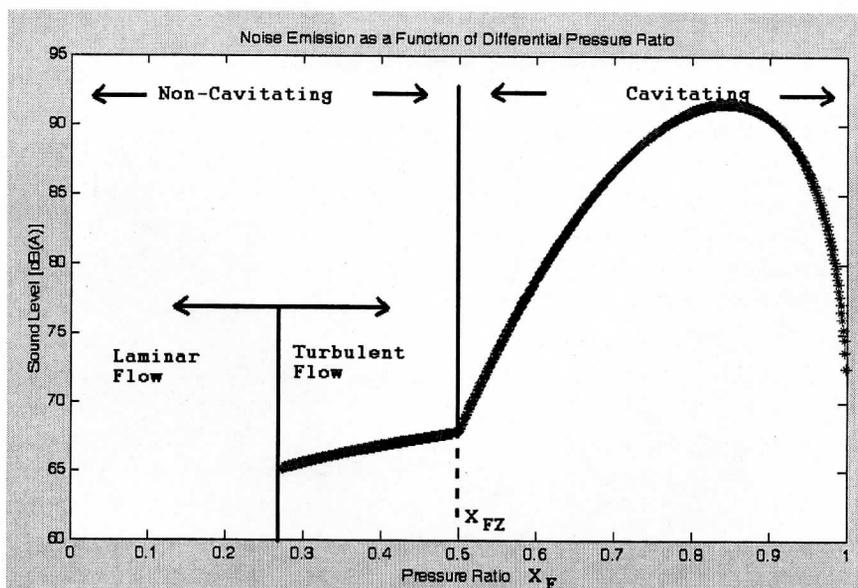
Derau hidrodinamika

Derau hidrodinamika adalah derau yang terjadi karena adanya aliran fluida di dalam sistem perpipaan, katup, *orifice* dan *elbow*. Derau pada katup kontrol terjadi akibat getaran mekanik yang berasal dari kontak aliran fluida dengan komponen dalam katup dan oleh aliran fluida itu sendiri dalam katup^[1]. Derau mekanik yang muncul pada katup tersebut terjadi sebagai akibat fluktuasi perubahan tekanan fluida secara random. Derau mekanik yang terjadi di dalam katup, biasanya akan menimbulkan getaran.

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. Derau yang disebabkan aliran hidrodinamik dapat diklasifikasikan dalam 2 klasifikasi, yakni:

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

Bentuk perubahan derau terhadap perubahan tekanan dan perubahan rezim/ bentuk aliran dapat dilihat pada gambar 3.

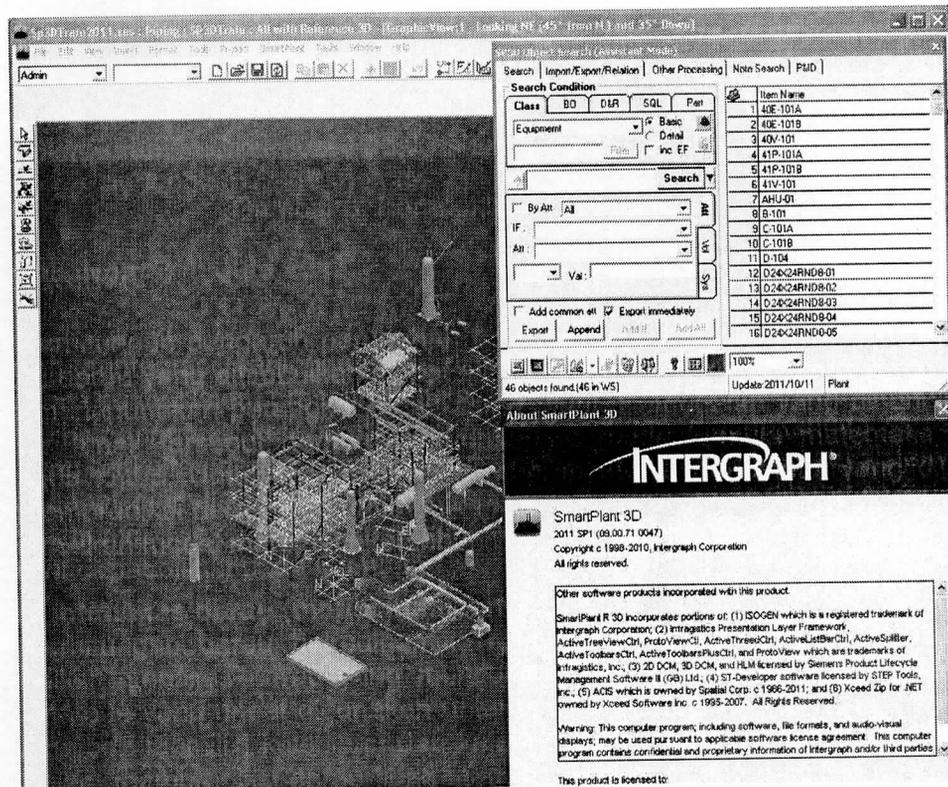


Gambar 3. Bentuk perubahan noise terhadap perubahan tekanan^[2].

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 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 relatif lebih cepat dibandingkan dengan cara sebelumnya, yakni secara manual. Bentuk salah satu tampilan perangkat lunak *smart plant* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perangkat lunak *smart plant*

3. TATA KERJA

Perhitungan pengaruh perubahan *pressure drop* dalam katup kontrol terhadap intensitas derau yang ditimbulkan akibat aliran fluida di dalam katup kontrol, dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *smart plant*. Pemodelan yang digunakan oleh perangkat lunak tersebut, tentunya berdasarkan model/formula matematis prediksi derau pada katup. Untuk memberikan gambaran model matematis yang digunakan dalam memprediksi derau yang ditimbulkan pada katup kontrol, maka dalam makalah ini diilustrasikan model matematis tersebut.

Prediksi intensitas derau (model matematis)

Perhitungan derau hidrodinamika, pada awalnya didasari pada bagaimana memprediksi intensitas derau yang muncul pada aliran fluida di dalam katup. Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas derau ini. Masing masing metode memiliki kelebihan dan kelemahannya. Sebagai contoh pada metode *Valtex* dalam memprediksi derau tidak memisahkan karakteristik aliran yang terjadi di dalam katup, sedangkan pada metode yang dikeluarkan oleh *Emerson* menggunakan

model pemisahan karakteristik aliran dalam katup. Dalam makalah ini, penggambaran cara prediksi derau akan menggunakan metode yang dikeluarkan oleh Emerson^[3].

- Non-Kavitasi, rumusan perhitungan intensitas derau ini digunakan untuk keadaan aliran fluida dalam katup tidak mengalami kavitasi.

$$SPL = SPL_{\Delta P} + \Delta SPL_{CV} + \Delta SPL_K + \Delta SPL_{KM} + \Delta SPL_G \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

- SPL : *Sound Pressure Level* (dBA) pada jarak 1 meter
- $SPL_{\Delta P}$: SPL berkaitan dengan *pressure drop*
- ΔSPL_{CV} : SPL berkaitan dengan faktor CV
- ΔSPL_K : SPL berkaitan dengan isolasi panas dan akustik
- ΔSPL_{KM} : SPL berkaitan dengan koefisien recovery
- ΔSPL_G : SPL berkaitan dengan gravitasi

- Kavitasi, rumusan perhitungan intensitas derau ini digunakan untuk keadaan aliran fluida dalam katup mengalami kavitasi.

$$SPL = SPL_{\Delta P} + \Delta SPL_{CV} + \Delta SPL_K + \Delta SPL_{AR} \dots\dots\dots(2)$$

dimana,

- SPL : *Sound Pressure Level* (dBA) pada jarak 1 meter
- $SPL_{\Delta P}$: SPL berkaitan dengan *pressure drop*
- ΔSPL_{CV} : SPL berkaitan dengan faktor CV
- ΔSPL_K : SPL berkaitan dengan isolasi panas dan akustik
- ΔSPL_{AR} : SPL fungsi $AR = \frac{P}{P_1 - P_2}$ dan *coefficient recovery*

Untuk menghitung harga SPL yang dirumuskan dalam persamaan (1) dan (2), dibutuhkan harga SPL yang berkaitan dengan perubahan *pressure drop*, faktor CV, isolasi panas dan akustik, *coefficient recovery*, dan gravitasi. Harga SPL yang dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut dapat diperoleh pada catalog 12 yang dikeluarkan oleh Emerson.

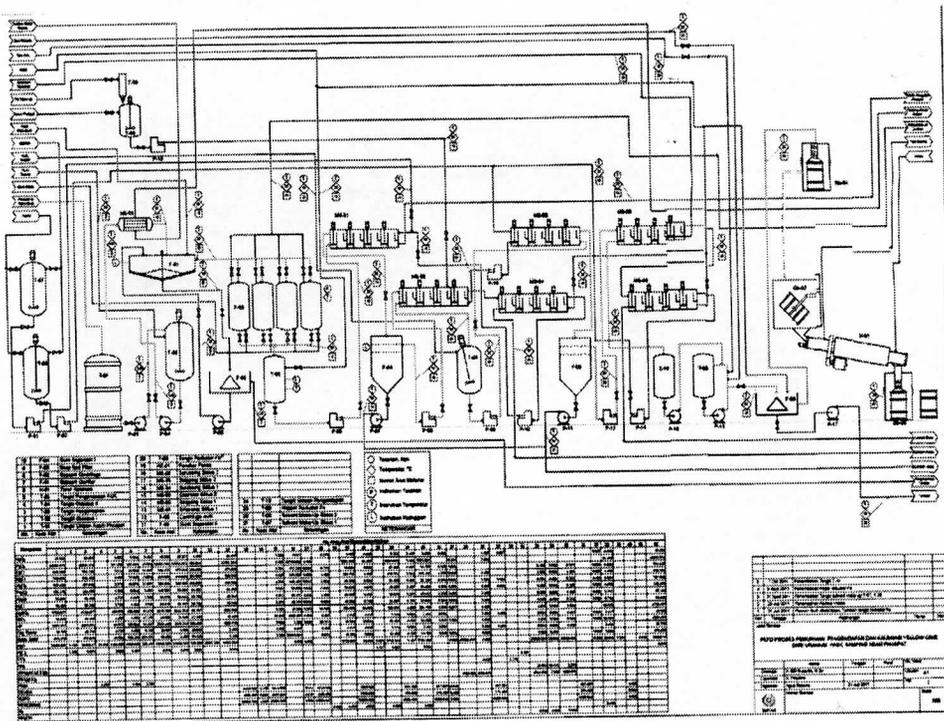
Prediksi derau dengan smart plant

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. Untuk perhitungan pengaruh perubahan *pressure drop* dalam katup kontrol terhadap intensitas derau yang ditimbulkan akibat aliran fluida di dalam katup kontrol, dilakukan pada 0.25, 0.5, 0.75, 1 bar, dan jenis katup kontrol yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah jenis *globe*, *ball* dan *butterfly*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan variasi perubahan derau hidrodinamika akibat perubahan *pressure drop*, tentunya data input harus ditentukan terlebih dahulu. Data input tersebut mengacu pada data karakteristik operasi yang diambil dari PFD^[5] (Gambar 4)

yang berasal dari divisi proses desain pabrik *yellow cake* . Adapun data karakteristik operasi (data input) yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. PFD pabrik *yellow cake*

Gambar 5. Data input karakteristik operasi sistem

Hasil perhitungan derau hidrodinamika dengan menggunakan *software smart plant* untuk katup-katup pada variasi perubahan *pressure drop* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Indeks Kavitasi Pada Tiap Valve

		GLOBE	BUTTERFLY	BALL
$\Delta P = 0.25$ bar	Cv (cp)	3.19	3.22	3.16
	Regime	Transitional	Transitional	Turbulent
	Noise (dBA)	40.7	40.7	40.7
$\Delta P = 0.5$ bar	Cv (cp)	2.26	2.26	2.23
	Regime	Transitional	Transitional	Incip-Turbulent
	Noise (dBA)	45.2	49.9	47.1
$\Delta P = 0.75$ bar	Cv (cp)	1.82	2.17	2.07
	Regime	Transitional	Cavitation	Cavitation
	Noise (dBA)	47.8	71.2	65.1
$\Delta P = 1.0$ bar	Cv (cp)	1.58	2.17	2.07
	Regime	Incip-Turb.	Cavitation	Cavitation
	Noise (dBA)	50.3	89.1	80.3

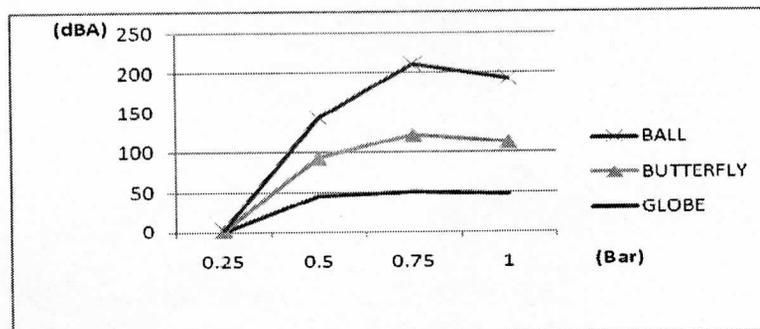
Tabel di atas berisikan hasil perhitungan untuk Cv, regime aliran dan derau hidrodinamika untuk tiap jenis katup, yakni : *Globe*, *Butterfly* dan *Ball*. Bagian kiri tabel merupakan kolom perubahan *pressure drop* yang telah ditentukan, kolom berikutnya

adalah jenis karakteristik yang dihitung, dan pada kolom selanjutnya adalah kolom hasil perhitungan Cv, regime aliran dan derau hidrodinamika untuk ketiga katup yang dibahas dalam makalah ini. Sesuai dengan judul makalah yang menekankan pada pengaruh perubahan *pressure drop* terhadap perubahan derau hidrodinamika pada pabrik *yellow cake* yang dilakukan di PRPN-BATAN, maka bahasan dibatasi pada hal tersebut.

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa:

- Katup *Globe*, besar derau hidrodinamika pada kondisi perubahan *pressure drop* antara 0.25 ~ 1 bar, adalah 40.7 ~ 50.3 dBA. Pada kondisi operasi tersebut, di dalam katup belum mengalami kavitasi sehingga besar derau hidrodinamika yang ditimbulkan *relative* rendah. Hanya saja pada saat *pressure drop* sebesar 1 bar, kondisi aliran berubah menjadi transisi antara turbulen ke kavitasi.
- Katup *Butterfly*, besar derau hidrodinamika pada kondisi perubahan *pressure drop* antara 0.25 ~ 1 bar, adalah 40.7 ~ 89.1 dBA. Pada kondisi operasi tersebut, di dalam katup telah mengalami kavitasi. Dimana pada katup ini kavitasi mulai terbentuk pada *pressure drop* sebesar 0.75 bar. Mengacu pada batas aman tingkat kebisingan yang telah ditentukan oleh lembaga lembaga, seperti: OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) dan *the American Conference of Governmental* (ACG) maka pada katup ini tingkat kebisingan telah melampaui batas aman, yakni sebesar 85 dBA^[4].
- Katup *Ball*, besar derau hidrodinamika pada kondisi perubahan *pressure drop* antara 0.25 ~ 1 bar, adalah 40.7 ~ 80.3 dBA. Pada saat *pressure drop* sebesar 0.5 bar, kondisi aliran berubah menjadi transisi antara turbulen ke kavitasi dan pada saat *pressure drop* sebesar 0.75 bar telah terjadi kavitasi.

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas berkaitan dengan perubahan derau hidrodinamika, maka selanjutnya data yang ada pada table 1, dibuat dalam bentuk grafik perubahan *pressure drop* terhadap derau hidrodinamika dari ketiga katup yang ditinjau. Bentuk grafik perubahan derau hidrodinamika akibat perubahan *pressure drop* untuk katup: *Globe*, *Butterfly* dan *Ball*, dapat dilihat pada Gambar 6. Dalam gambar tersebut, sumbu x adalah perubahan *pressure drop* dengan satuan (bar) dan sumbu y adalah besar derau hidrodinamika dengan satuan (dBA) yang ditimbulkan akibat perubahan *pressure drop*.



Gambar 6. Pengaruh perubahan *pressure drop* terhadap perubahan derau hidrodinamika pada tiap katup

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pengaruh perubahan *pressure drop* terhadap derau hidrodinamika pada katup *Globe*, *Butterfly* dan *Ball* dengan menggunakan perangkat lunak *smart plant* terlihat bahwa walaupun *pressure drop* dinaikkan sampai 1 bar, aliran dalam katup *Globe* tidak terjadi kavitasi dengan tingkat derau 40.7 ~ 50.3 dBA. Sedangkan pada katup *Butterfly* dan *Ball* telah terjadi kavitasi. Oleh karena itu, untuk menghindari terjadi kavitasi yang berdampak negatif terhadap sistem industri, khususnya pada desain pabrik *yellow cake* yang dilakukan di PRPN-BATAN, penggunaan katup *Globe* adalah sangat tepat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mariano J. Savelski, 2002, *Control Valves Noise Testing and Modeling*, Edisi, Rowan University. Glassboro, NJ 08028, USA.
- [2]. Yves Lecoffre, Antonie A, 1998, *A Method to Evaluate Cavitation Erosion In Valves*, Grenoble, France.
- [3]. Emerson process management, Dec. 2011, *Catalog 12: Hydrodynamic Noise*, E 1983, Fisher Controls International LLC.
- [4]. Noise/Hearing Conservation, 23 Agustus 2012, Sumber : <http://www.osha.gov>.
- [5]. Bambang Galung S, Prayitno, Hafni Lisa N , Maret 2012, *Basic Desain system Proses Pabrik Yellow Cake Dari Uranium Hasil Samping Asam FosFat*, PRPN-BATAN, Serpong.