

# Pengaruh Jumlah dan Posisi Pemasangan *Guide Vanes* Pada *Elbow Ducting* Terhadap Besarnya *Pressure Drop*

A.A.N.B Mulawarman<sup>1)\*</sup>, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma<sup>2)</sup>, Made Sucipta<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Karya Siswa S2 Program Pasca Sarjana Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Jl. Sudirman, Denpasar 80232,  
Email: mulawarman@yahoo.com

<sup>2,3)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran Bali 80362  
Email: wijayakusuma@me.unud.ac.id

## Abstrak

Duct system menghubungkan antara sistem refrigerasi dan ruangan yang akan dikondisikan. Udara ruangan dialirkan ke coil pendingin melalui return intake melewati return duct, air filter. Selanjutnya udara dihisap oleh blower, yang kemudian dialirkan ke evaporator. Melalui register box, udara yang telah dikondisikan dialirkan kembali ke ruangan. Selama mengalir di dalam duct, udara mengalami hambatan. Salah satu faktor penghambat adalah perubahan arah aliran yang disebabkan adanya belokan. Hambatan yang terjadi pada elbow disebabkan oleh gesekan (*friction loss*) dan separasi aliran (*separation loss*). Tujuan penelitian ini adalah mengkaji fenomena aliran dengan  $Re = 3.824 \times 10^4$  pada rectangular elbow serta mengetahui bagaimana pengaruh pemasangan pengarah (*guide vanes*) pada elbow saluran ducting. Berdasarkan data hasil penelitian, ternyata jumlah dan posisi pemasangan *guide vanes* berpengaruh terhadap *pressure drop*. Dari grafik terlihat bahwa pemasangan *guide vanes* mampu mengurangi penurunan tekanan aliran fluida saat melalui elbow. Pemasangan *guide vanes* dengan jumlah lima buah menghasilkan *pressure drop* terkecil yaitu 9,1%. Efisiensi yang terjadi akibat pemasangan *guide vanes* mencapai 27,6%. Dapat disimpulkan bahwa pemasangan *guide vanes* pada elbow dapat dijadikan suatu acuan dalam perancangan ducting sehingga dapat mengefisienkan pemakaian energi.

**Kata kunci:** *guide vanes*, ducting, *pressure drop*.

## Abstract

Duct system is connecting between the refrigeration system and room to be conditioned. Room air streamed into the cooling coil through the return duct intake, air filters. Furthermore, the air sucked by the blower, which flowed into the evaporator. Through the register box, air conditioned which has flowed back into the room. When flowing inside the duct, the air has obstacle. One inhibiting factor is the change in direction of flow due to bends. That occurs at elbow is caused by friction (*friction loss*) and flow separation (*separation loss*). The aims of this research is to examine the phenomenon of the flow with  $Re = 3824 \times 10^4$  on a rectangular elbow as well as knowing how to influence the *guide vanes* at the elbow ducting channels. Based on data from research results, the number of *guide vanes* and position affects the *pressure drop*. From the graph shows that the installation of *guide vanes* to reduce *pressure drop* when fluid flows through the elbow. Installation *guide vanes* with the number five result in the smallest *pressure drop* of 9.1%. Efficiency caused by the installation of *guide vanes* reached 27.6%. Can be concluded that the installation of *guide vanes* on the elbow can be used as a reference in the design of ducting so as reduce the energy consumption.

**Key word:** *guide vanes*, ducting, *pressure drop*

## 1. PENDAHULUAN

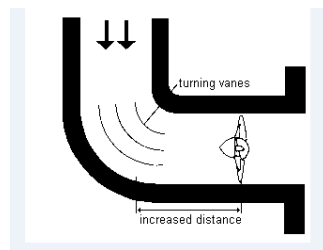
Distribusi udara ke ruangan yang akan dikondisikan menjadi faktor utama yang menentukan tingkat kenyamanan penghuni. Secara umum seseorang dikatakan nyaman secara termal apabila panas yang diproduksi tubuh sebanding dengan panas yang dibuang tubuh. Dalam proses pengkondisian udara terdapat dua proses yang terjadi yaitu pemanasan dan pendinginan. Dalam proses ini sangat ditentukan oleh kecepatan aliran udara dalam ruangan. Apabila perubahan kecepatan udara 15 ft/min maka akan memberikan efek perubahan kenyamanan 1° F. Secara umum untuk proses pemanasan diperlukan kecepatan udara 40 ft/min, sedangkan untuk pendinginan diperlukan kecepatan udara 40 – 80 ft/min.

Proses tata udara diklasifikasikan berdasarkan kecepatan udara menjadi dua. Pertama, *low velocity system*, yang mana memiliki kecepatan dibawah 2000 ft/min serta memiliki sistem *ducting* yang berbentuk rectangular. Kedua, *high velocity system*, yang mana memiliki kecepatan diatas 2000 ft/min dengan sistem *ducting* yang kecil. Penerapan *low velocity system* banyak pada sistem pendinginan domestik dan komersil misalnya pada AC Central di hotel dan juga proses pengawetan makanan untuk *cold storage* maupun *freezer* di supermarket. Untuk mencapai *refrigerating effect* maksimal dan konservasi energi pada pengkondisian udara, salah satu faktor yang menentukan adalah *duct system*.

*Duct system* menghubungkan antara sistem refrigerasi dan ruangan yang akan dikondisikan. Udara ruangan dialirkan ke coil pendingin melalui *return intake* melewati *return duct*, *air filter*. Selanjutnya udara dihisap oleh blower, yang kemudian dialirkan ke evaporator. Melalui *register box*, udara yang telah dikondisikan dialirkan kembali ke ruangan.

\* Penulis korespondensi, phone: 0361-241396 Fax: 0361-241390  
Email: mulawarman@yahoo.com

Selama mengalir di dalam *duct*, udara mengalami hambatan. Salah satu faktor penghambat adalah perubahan arah aliran yang disebabkan adanya belokan. Hambatan yang terjadi pada elbow disebabkan oleh gesekan (*friction loss*) dan separasi aliran (*separation loss*). Pada penelitian ini penghalang akan difungsikan sebagai sudu-sudu pengarah (*guide vanes*) aliran fluida yang akan melewati belokan (*elbow*). Gambar.1



Gambar 1. Turning vanes [4]

Pengarah ini berfungsi sebagai alat untuk mengurangi separasi aliran saat melewati *elbow* sehingga terbentuknya *vortex* dapat diminimalisasi. Dengan penambahan tersebut, diharapkan aliran akan mampu mengikuti kontur permukaan, sehingga potensi terseparasinya aliran dapat diminimalkan. Selain itu, penambahan *guide vane* diharapkan dapat mempersingkat suatu aliran menuju keadaan *uniform* akibat dari pengurangan daerah pergerakan partikel fluida pada *cross section* sebagai pemicu terjadinya *vortex*.

Distribusi kecepatan dan daerah resirkulasi meningkat dengan peningkatan *Re* pada elbow. daerah resirkulasi pada sisi *outer* dan kemudian pada sisi *inner*, hal ini merupakan fenomena separasi aliran dan lokasi resirkulasi tidak berubah dengan peningkatan *Re*. [1]

*Pressure drop* terjadi karena distribusi kecepatan dan tekanan sepanjang radial di daerah elbow tidak *uniform* serta adanya gesekan (*friction loss*). Oleh karena itu penelitian ini difokuskan untuk mengkaji fenomena aliran di dalam elbow 90° dengan penambahan *turning vanes* sampai lima buah dengan mengkombinasikan masing-masing posisi *guide vanes*.

## 2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental (*experimental research*). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

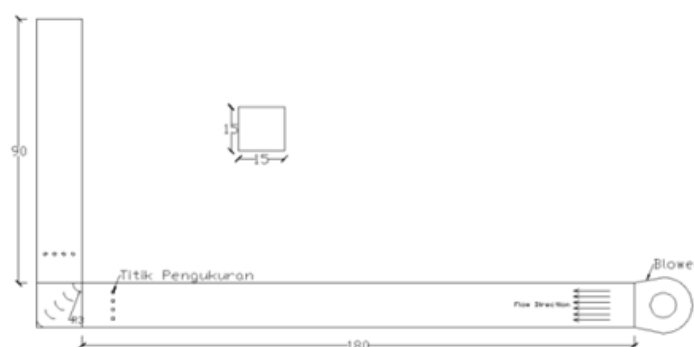
Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah jumlah pengarah (*guide vanes*) pada *elbow*. adapun variabel yang digunakan:

Tabel 1. Keterangan posisi *guide vanes*

No	Case (variabel bebas)	Keterangan
1	Tanpa <i>guide vanes</i>	Tanpa menggunakan <i>guide vanes</i>
2	Gv.1	<i>Guide vanes</i> diletakan pada posisi 1
3	Gv.2	<i>Guide vanes</i> diletakan pada posisi 2
...	...	...
32	Gv.12345	<i>Guide vanes</i> diletakan pada posisi 1, 2, 3, 4, dan 5

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sebelum penelitian, tetapi besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah *pressure drop* yang terjadi antara daerah masuk dan keluar *elbow*. Dalam penelitian ini Bilangan Reynold (*Re*) adalah konstan untuk setiap pengujian.  $Re = 3.824 \times 10^4$

### 2.1. Instalasi Penelitian



Gambar 2. Instalasi penelitian

## 2.2. Aparat Uji

Aparat uji yang digunakan berupa: komputer, perangkat alat akuisisi data yang dipergunakan untuk mengindra besarnya tekanan yang terjadi pada masing-masing titik pengukuran

## 2.3. Prosedur Pengambilan Data

Urutan pelaksanaan pengambilan data adalah sebagai berikut: alat disetting sesuai gambar. Kemudian :

1. Tempatkan pengarah pertama pada posisinya.
2. Blower dihidupkan, sehingga udara mengalir di dalam tunnel.
3. Tunggu beberapa saat sampai kondisi udara yang mengalir dalam tunnel stabil kemudian data tekanan pada posisi masing-masing titik pengukuran *elbow* diambil selama 100 detik.
4. Proses tersebut diatas diulang untuk jumlah dan posisi *guide vanes* berikutnya.

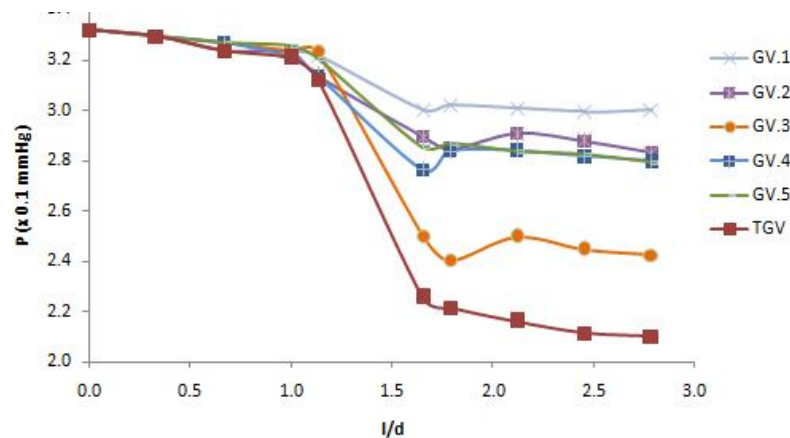
## 2.4. Metode Analisis Data

Data tekanan yang diperoleh selama 100 detik untuk masing-masing titik pengukuran dicari rata-ratanya. Dengan menggunakan persamaan *dynamic pressure loss* dihitung berapa besar *head losses* yang diakibatkan adanya *pressure drop* serta besarnya koefisien kerugian dinamik yang disebabkan adanya *elbow*. Sebagai pembandingan, dihitung pula *pressure drop* pada *elbow* tanpa pemasangan pengarah (*guide vanes*).

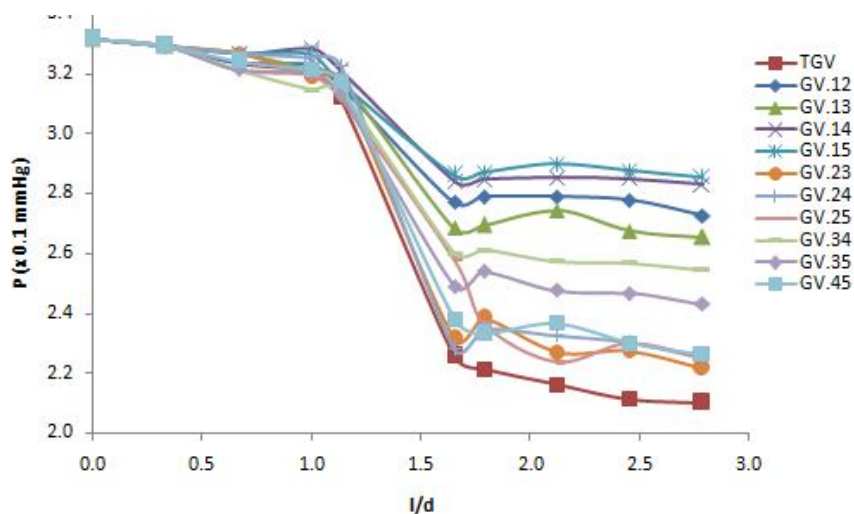
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Hasil Penelitian

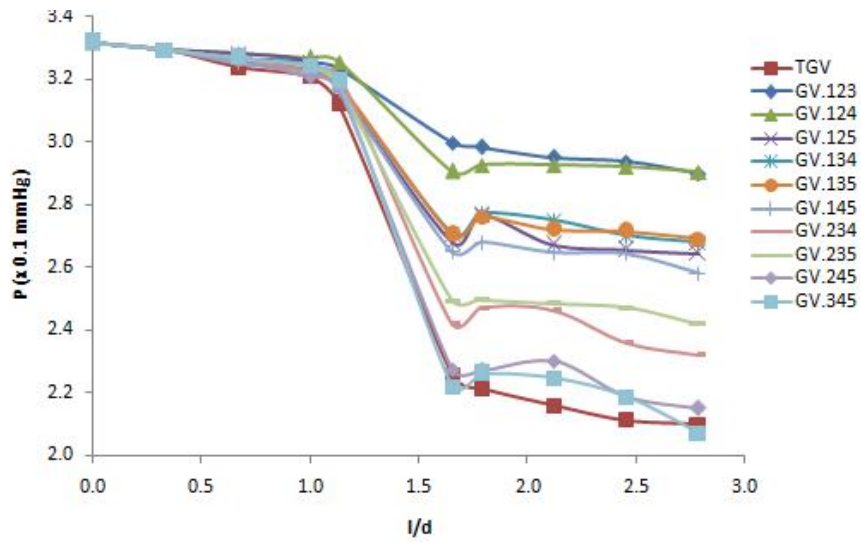
Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



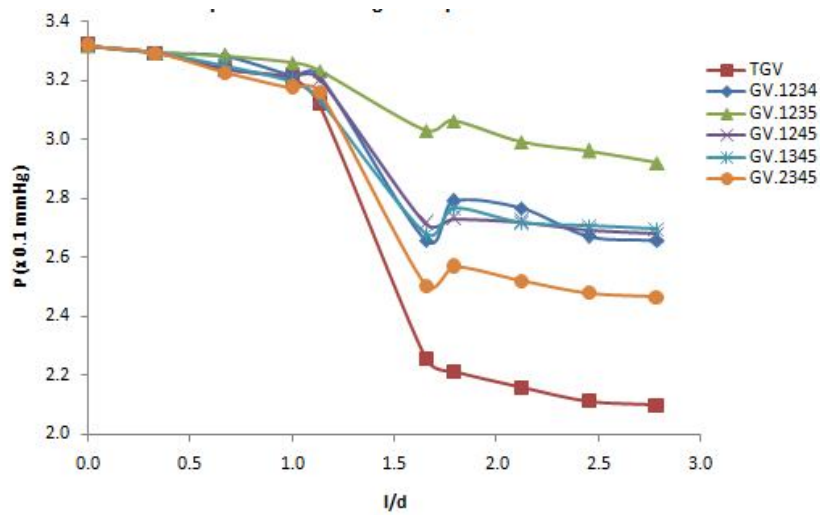
Gambar 3. Grafik hubungan.jarak dengan diameter hidrolisk thd tekanan pd elbow dgn satu guide vanes.



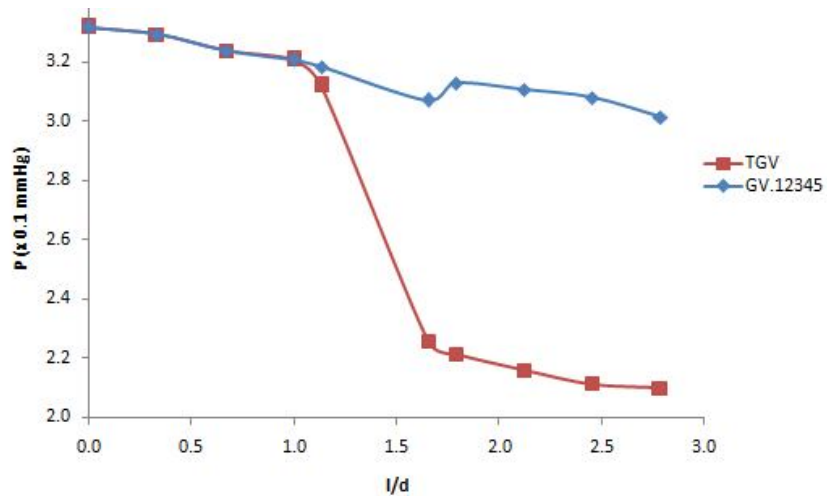
Gambar 4. Grafik hubungan.jarak dengan diameter hidrolisk thd tekanan pd elbow dgn dua guide vanes.



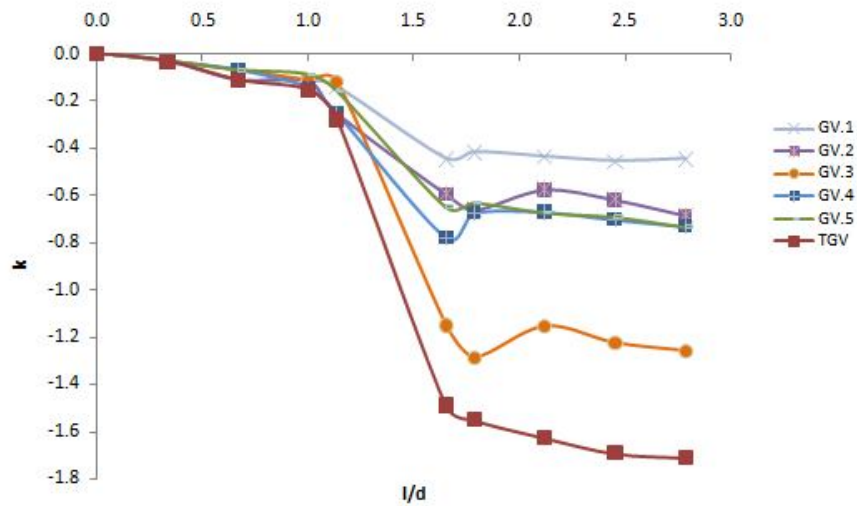
Gambar 5. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd tekanan pd elbow dgn tiga guide vanes.



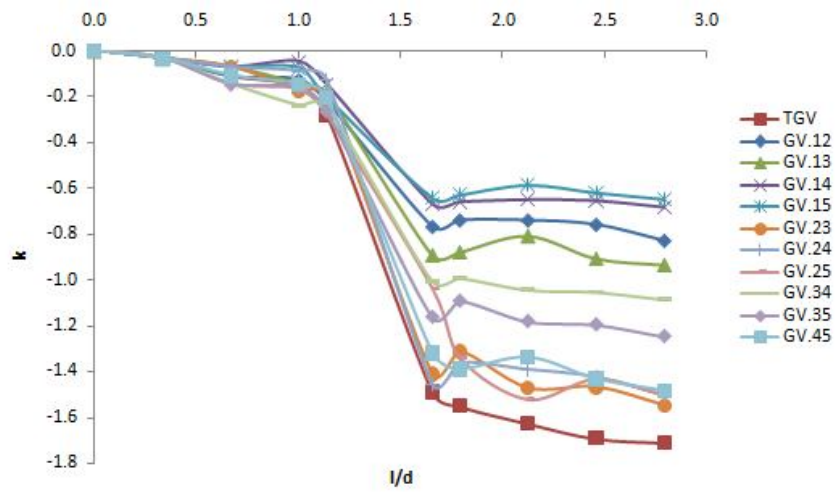
Gambar 6. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd tekanan pd elbow dgn empat guide vanes



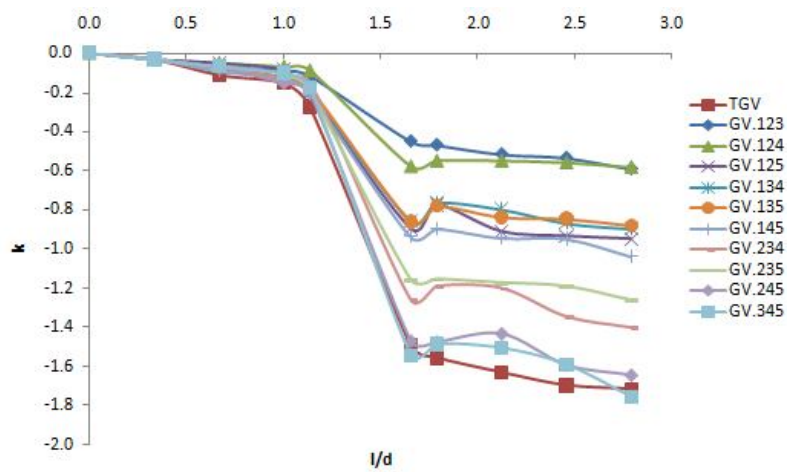
Gambar 7. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd tekanan pd elbow dgn lima guide vanes



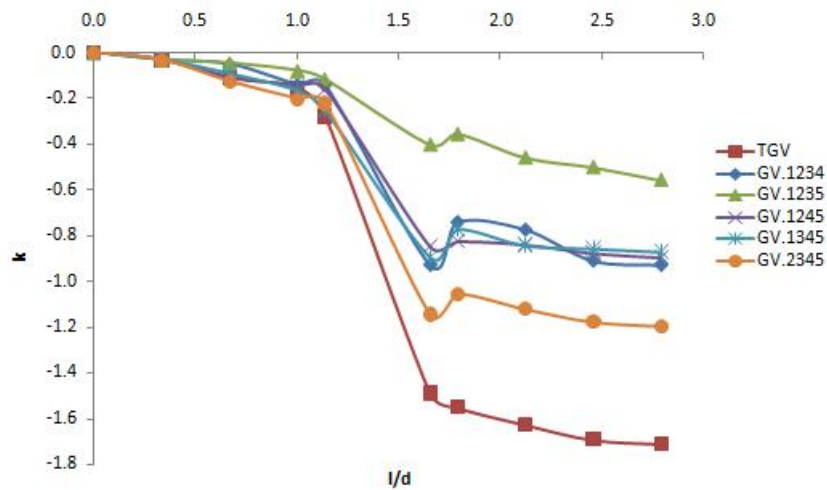
Gambar 8. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd koefisien kerugian dinamik dgn satu guide vanes.



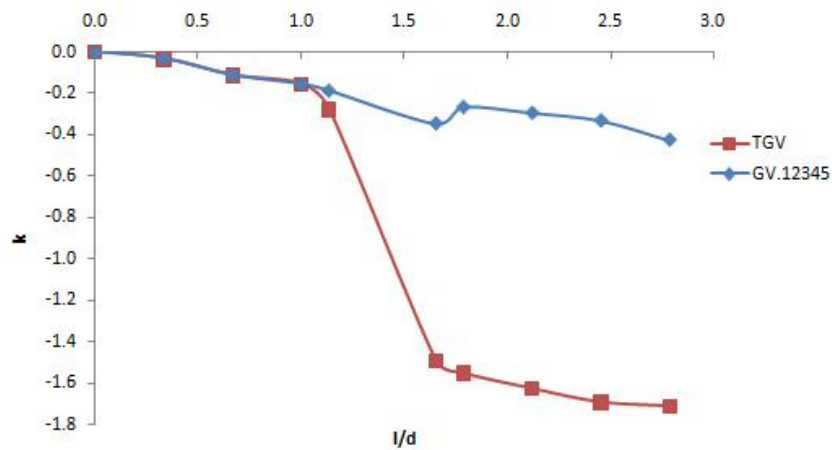
Gambar 9. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd koefisien kerugian dinamik dgn dua guide vanes.



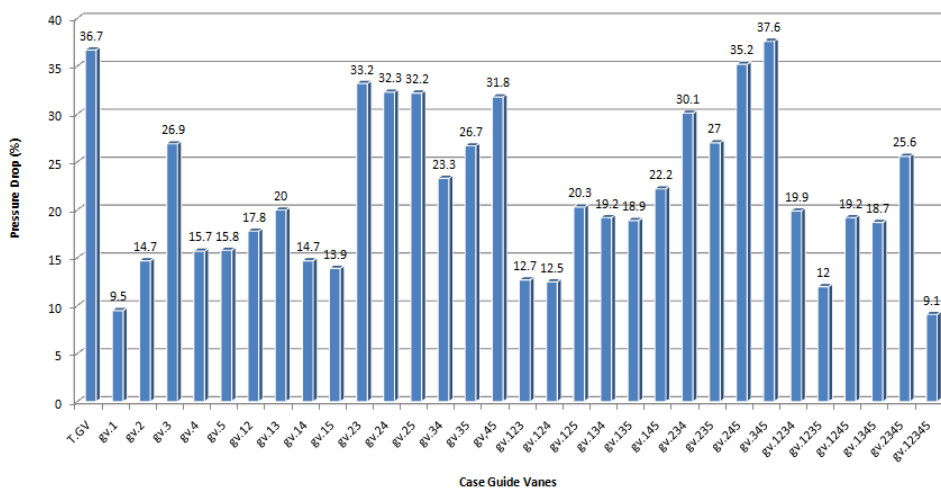
Gambar 10. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolik thd koefisien kerugian dinamik dgn tiga guide vanes.



Gambar 11. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolk thd koefisien kerugian dinamik dgn empat guide vanes.



Gambar 12. Grafik hub.jarak dgn diameter hidrolk thd koefisien kerugian dinamik dgn lima guide vanes.



Gambar13 Grafik hubungan case guide vanes terhadap pressure drop pada elbow.

### 3.2 Analisis

Gambar.3 (grafik tekanan elbow) memperlihatkan besarnya *local pressure* pada masing-masing titik pengukuran. Pada semua *case* terlihat trend yang sama bahwa perubahan tekanan lokal paling besar terjadi pada nilai  $l/d = 1.133$  dan  $l/d = 1.653$ , keduanya merupakan sisi masuk dan keluar elbow.  $l/d$  (adalah bilangan tak berdimensi perbandingan jarak dengan diameter hidrolk). Pada *case* tanpa *guide vanes* selanjutnya disebut

(gv1,gv2,dst), terjadi penurunan tekanan lokal yang sangat besar terutama pada daerah elbow. hal ini disebabkan oleh separasi aliran yang terjadi karena ketidakmampuan aliran melawan *adverse pressure gradient*, sehingga sebagian aliran akan terpisah dan berbalik arah dari aliran utamanya, hal ini menimbulkan terbentuknya *vortex* pada daerah belokan. *Vortex* ini akan mengurangi energi aliran akibatnya *pressure drop* akan meningkat. Pada kasus pemasangan satu *guide vanes* gradien tekanan terbesar terjadi pada *case guide vanes* (gv.3) dan gradien terkecil pada *case gv.1*, hal ini disebabkan *guide vanes* yang diletakkan pada *case gv.1* mampu mengarahkan aliran fluida yang seharusnya tergelincir saat tanpa *guide vanes* sehingga mampu mengurangi separasi aliran.

Pada *case* pemasangan dua dan tiga *guide vanes*, tekanan lokal pada titik-titik pengukuran cenderung lebih kecil dibandingkan dengan *case* satu *guide vanes*. Dalam hal ini pemasangan *guide vanes* justru menyebabkan penurunan tekanan yang lebih besar. Namun jika dibandingkan dengan *case* tanpa *guide vanes*, pemasangan dua dan tiga *guide vanes* memberikan hasil yang lebih baik. Pada *case* empat *guide vanes* menyerupai *case* satu *guide vane*. Sedangkan pemasangan lima *guide vanes* memberikan hasil yang terbaik yaitu tekanan lokal pada sisi keluar sebesar 0.3013 mmHg atau 40.174 Pa, Gambar.7 hal ini disebabkan semua aliran fluida yang melalui *elbow* secara seragam diarahkan oleh *guide vanes* dan aliran akan mampu mengikuti kontur permukaan. Sehingga potensi separasi aliran semakin kecil dan dapat mempersingkat suatu aliran menuju keadaan *uniform* dan medan *vorticity* pada *cross section* yang terbentuk juga akan semakin kecil.

Gambar. 8 ( Grafik Koefisien Kerugian Dinamik pada *Elbow*)

*Dynamic pressure loss* adalah kerugian tekanan yang disebabkan perubahan momentum. Analisis dan evaluasi kerugian tekanan pada belokan ditentukan secara eksperimental. Gambar.2 juga memperlihatkan besarnya koefisien kerugian dinamik pada masing-masing titik pengukuran. Nilai koefisien menunjukkan negatif karena adanya *loses* energi yang diakibatkan gesekan dan perubahan arah aliran fluida selama mengalir melalui saluran. Dari gambar. 12 terlihat bahwa perubahan nilai koefisien paling besar terjadi pada nilai  $l/d = 1.133$  dan  $l/d = 1.653$ , keduanya merupakan sisi masuk dan keluar *elbow*.

Pada semua *case guide vanes* terlihat trend yang sama, bahwa nilai koefisien kerugian dinamik masih lebih kecil dibandingkan dengan *case* tanpa *guide vanes*. Pada *case* satu *guide vanes* memberikan nilai koefisien kerugian dinamik -0,046 s/d -1,257 pada sisi keluar, pada *case* dua *guide vanes* memberikan nilai -0,648 s/d -1,548, pada *case* tiga *guide vanes* memberikan nilai -0,591 s/d -1,755, pada *case* empat *guide vanes* menghasilkan nilai koefisien -0,558 s/d -1,196 dan pada *case* lima *guide vanes* memberikan nilai koefisien kerugian dinamik -0,427. Semakin besar nilai negatif koefisien kerugian dinamik menunjukkan bahwa terjadi perubahan arah aliran atau perubahan kecepatan fluida yang semakin besar sehingga menimbulkan perubahan momentum yang semakin besar pula selama fluida mengalir dalam *elbow*. Perubahan momentum terbesar terjadi pada *case* tiga *guide vanes* akibat banyaknya energi kinetik aliran fluida yang terkonversi menjadi medan *vorticity*. Sedangkan pada *case* lima *guide vanes* memiliki nilai koefisien kerugian dinamik yang paling kecil, hal ini mengindikasikan bahwa pemasangan *guide vanes* membantu aliran fluida mengurangi perubahan momentum akibat adanya belokan/*elbow*.

Gambar.13 (persentase *pressure drop*) memperlihatkan besarnya persentase kerugian tekanan total pada masing-masing *case* pengujian *guide vanes*. Nilai ini menunjukkan efektifitas pemasangan *guide vanes* dengan berbagai jumlah dan posisi. Semakin kecil nilai persentase kerugian tekanan total, mengindikasikan pemasangan *guide vanes* semakin efektif, begitu pula sebaliknya. Dari gambar 2, untuk *case* tanpa *guide vanes* terjadi kerugian tekanan sebesar 36,7%. Sedangkan untuk *case* dengan pemasangan *guide vanes* memberikan nilai kerugian yang lebih kecil dibandingkan dengan *case* tanpa *guide vanes* kecuali untuk *case gv.345* sebesar 37,6%. Hal ini memberi petunjuk bahwa untuk *case gv.345*, pemasangan *guide vanes* adalah tidak efektif. Pemasangan *guide vanes* yang paling efektif terjadi pada *case gv.12345*, dimana terjadi kerugian tekanan sebesar 9,1%. Kalau dibandingkan dengan *case* tanpa *guide vanes*, pemasangan *guide vanes* pada *case 12345* mampu mengurangi kerugian tekanan total akibat adanya belokan/*elbow* sebesar 27,6%. Lihat posisi *guide vanes* pada tabel.1

#### 4. SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa pada pemasangan *guide vanes* pada *elbow* akan didapat hasil sebagai berikut:

- Pemasangan *guide vanes* mampu mengurangi penurunan tekanan aliran fluida saat melalui *elbow*.
- Pemasangan *guide vanes* dengan jumlah lima buah menghasilkan *pressure drop* terkecil yaitu 9,1%.
- Efisiensi yang terjadi akibat pemasangan *guide vanes* mencapai 27,6%

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arindam M, Somnath B, Rabin D, Debassis R, Snehmoy M.. *Experimental Investigation of Turbulent Fluid Flow Through a Rectangular Elbow*. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol 2 (6) 2010, 1500-1506, 2010
- [2] Fox R.W., and McDonald A.T.,. *Introduction of Fluid Mechanics*. Third Edition. John Willey& Son, Inc. New York. 1985
- [3] Kreith F.,. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas (Terjemahan)*. Cetakan Keempat. Penerbit Erlangga. Jakarta 1997
- [4] M.G Pullinger and J.E Sargison.,. *Using CFD to Improve The Design of a Circulating Water Channel*. 16<sup>th</sup> Australasian Fluid Mechanic Conference, Australia. 2007.
- [5] Quamrul M.,. *Exsperimental Investigation of The Location of Maximum Erosive Wear Damage in Elbow*. University of Michigan USA, 2010.

- [6] Ruth M, William Y, Phillip S.,. ***Numerical Prediction of Air Flow in a Sharp 90° Elbow***, Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process, Australia, 2009.
- [7] Sherman F.S.,. ***Viscous Flow. International Edition***, Mc Graw-Hill, Inc. New York. 1996.
- [8] ***Transmision of Air in Air Conditining Duct***, IIT Kharagpur University India.