

PENGARUH JARAK SUDU PENGARAH (*GUIDE VANES*) PADA *ELBOW DUCTING* TERHADAP *PRESSURE DROP*

Adi Winarta⁽¹⁾ dan Daud Simon Annakotapary⁽²⁾

Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung-Bali Tlp.(0361)701981

Abstrak: Pada sistem refrigerasi terpusat *ducting* memiliki peranan yang sangat penting dalam distribusi udara yang akan maupun telah terkondisikan. Pada sistem yang sederhana, udara di dalam *ducting* mengalir dari ruangan yang dikondisikan menuju AHU (*Air Handling Unit*) dan kembali lagi menuju ruangan tersebut. Blower berfungsi menciptakan perbedaan tekanan pada *ducting* sehingga udara dapat mengalir dari sisi *return* dan akhirnya kembali ke *supply*. Selama mengalir di dalam *ducting* udara mengalami berbagai hambatan sehingga terjadi *pressure drop*. Salah satu faktor penghambat adalah perubahan arah aliran yang disebabkan adanya belokan pada *ducting*. Hambatan yang terjadi pada *elbow* disebabkan oleh gesekan (*friction loss*) dan separasi aliran (*separation loss*). Kegiatan penelitian ini adalah untuk mengkaji fenomena aliran udara dengan Angka *Reynolds*, $Re = 3.824 \times 10^4$ pada *rectangular elbow* serta mengetahui bagaimana pengaruh pemasangan pengarah (*guide vanes*) yang memiliki jarak yang berbeda-beda.

Berdasarkan data hasil penelitian, ternyata jarak kerapatan *guide vanes* (sudu pengarah) mempunyai andil terhadap *pressure drop*. Dari grafik terlihat bahwa pemasangan *guide vanes* mampu mengurangi penurunan tekanan aliran fluida saat melalui *elbow*. Pemasangan *guide vanes* dengan kerapatan 2,3 cm menghasilkan *pressure drop* terkecil yaitu 9,15%. Pada kerapatan berturut-turut sebesar 1,8, 1,5 dan 1,2 terjadi kenaikan *pressure drop* secara perlahan. Dapat disimpulkan bahwa pemasangan *guide vanes* pada *elbow* dapat dijadikan suatu acuan dalam perancangan *ducting HVAC* sehingga dapat mengurangi penggunaan energi pada blower.

Kata kunci: *guide vanes*, *elbow ducting*, *pressure drop*, Angka *Reynolds*

Ducting has a very important role for air distribution which will be and has been conditioned in central air conditioning system. For the simple system, air flows inside the ducting from the conditioned space to AHU and then be back to that space again. Blower functions to create a pressure difference in the ducting so air can flow from the return side and finally back to the supply side. During flowing in the ducting, air undergoes variety of barriers to contribute a pressure drop. One of the obstacles is the change in flow direction caused by the elbow. Obstacle that occurs in the elbow is caused by friction (*friction loss*) and flow separation (*separation loss*). This research is intended to examine the phenomenon of air flow with Reynold Number, $Re = 3824 \times 10^4$ on the rectangular elbow and the influence of installation of guides vanes which has different distance.

Based on the research data, the distance of guide vanes has significant contribution to the air pressure drop. The graph shows that installation of guide vanes can reduce the pressure drop of air flow when passing through the elbow. Installation of guide vanes with distance 2,3 cm produces smallest pressure drop (9.15%). The distance that is 1.8, 1.5 and 1.2 respectively the pressure drop increase gradually. It can be concluded that the installation of guide vanes on the elbow could be used as a reference in designing air ducting for HVAC that can reduce the energy consumption in blower.

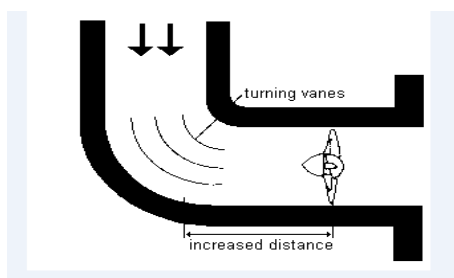
I. PENDAHULUAN

Pada sistem pengkondisian udara (*air conditioning*) yang menggunakan udara sebagai fluida pada sistem distribusi termal, sangatlah krusial dalam mendesain sistem AHU (*Air Handling Unit*). Fungsi utama Sistem AHU adalah untuk mentransmisikan udara yang telah diproses (baik dipanaskan atau pun didinginkan) dari unit pengkondisian udara menuju ruangan yang akan dikondisikan dan juga mendistribusikannya secara baik menuju ruang tersebut.

Pada AHU, udara ditransmisikan melalui berbagai macam *ducting*, dan berbagai komponen lainnya dengan bantuan *fan*. Bahwa motor listrik yang digunakan untuk memutar *fan* ini mengkonsumsi banyak daya dan sistem *ducting* tersebut memakan ruangan yang tidak sedikit. Maka dalam mendesain sistem transmisi udara yang telah dikondisikan menjadi langkah yang penting dalam upaya mendesain sistem secara menyeluruh.

Suatu desain sistem pengkondisian udara yang baik sangat bergantung pada kualitas desain komponen-komponen yang ada di dalamnya. Dalam upaya mendesain sistem transmisi udara tersebut maka sangatlah penting untuk memahami fundamental aliran udara di dalam *ducting*.

Proses tata udara yang diklasifikasikan berdasarkan kecepatan udara dibagi 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*.



Gambar 1. Turning vanes

Sumber: Pullinger, 2007

Pengaruh ini berfungsi sebagai alat untuk mengurangi separasi aliran saat melewati *elbow* sehingga terbentuknya *vortex* dapat diminimalisasi. Dengan penambahan tersebut, diharapkan aliran akan mampu mengikuti permukaan, sehingga potensi separasi aliran dapat diminimalkan. Selain itu, penambahan *guide vane* diharapkan dapat mempersingkat suatu aliran menuju keadaan *uniform*

akibat dari pengurangan daerah pergerakan partikel fluida pada *across section* sebagai pemicu terjadinya *vortex*.

Arimda dan Somnath

(2010) distribusi kecepatan dan daerah sirkulasi meningkat dengan peningkatan *Re* pada *elbow*. Daerah resirkulasi pada sisi *outer* dan kemudian pada sisi *inner*, hal ini merupakan fenomena separasi aliran dan lokasi sirkulasi tidak berubah dengan peningkatan Angka Reynold (*Re*).

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* (*guide vane*) sampai lima buah dengan mengkombinasikan masing-masing jarak *guide vanes*.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jumlah pemasangan *guide vanes* pada *elbow ducting* terhadap besarnya *pressure drop*.

Untuk lebih memfokuskan penelitian ini maka digunakan beberapa batasan dibawah ini :

1. Tidak membahas masalah design *ducting*
2. Kekasaran pada permukaan *ducting* diabaikan
3. Penelitian ini menggunakan *air duct* dengan *sharp turn*.
4. Aliran fluida sepanjang *upstream duct* adalah *uniform*.
5. Fluida yang digunakan adalah udara dengan Angka $Re = 3.824 \times 10^4$
6. Aliran fluida adalah *Incompressible flow*
7. Konstan *viscosity*.

II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengkaji fenomena aliran dengan $Re = 3,84 \times 10^4$ pada *rectangular elbow* 90° dengan jari-jari 0,212 meter
2. Mengetahui bagaimana pengaruh jarak pemasangan (kerapatan) pengarah (*guide vanes*) pada *elbow* saluran *ducting* terhadap *pressure drop* yang terjadi.
3. Mencari besarnya *pressure drop* terkecil dari pengaruh pemasangan sudu pengarah dengan kerapatan yang berbeda-beda.
4. Sebagai tahap awal perencanaan desain *flow conditioner* (pengkondisi aliran) udara pada *elbow ducting*

2.2 Manfaat Penelitian

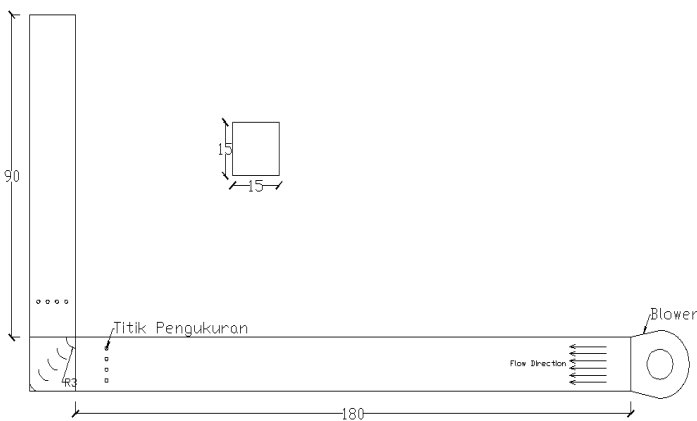
Selain pencapaian tujuan penelitian diatas, penelitian ini penting dilakukan karena akan memberikan manfaat yang cukup besar diantaranya:

1. Bagi institusi Politeknik Negeri Bali adalah pengembangan fasilitas penelitian bidang tata udara di laboratorium Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Bagi dosen adalah untuk melaksanakan tri darma perguruan tinggi bidang penelitian dan pengabdian masyarakat.
3. Memberikan informasi teknis guna lebih memahami fenomena aliran udara dan khususnya pemasangan *guide vanes* sehingga mampu memberikan manfaat di masyarakat industri yang lebih besar.
4. Masukan bagi dunia industri refrigerasi dan tata udara untuk dapat melakukan penghematan energi dalam padatan distribusi udara dengan melalui duct.

III. METODE PENELITIAN

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

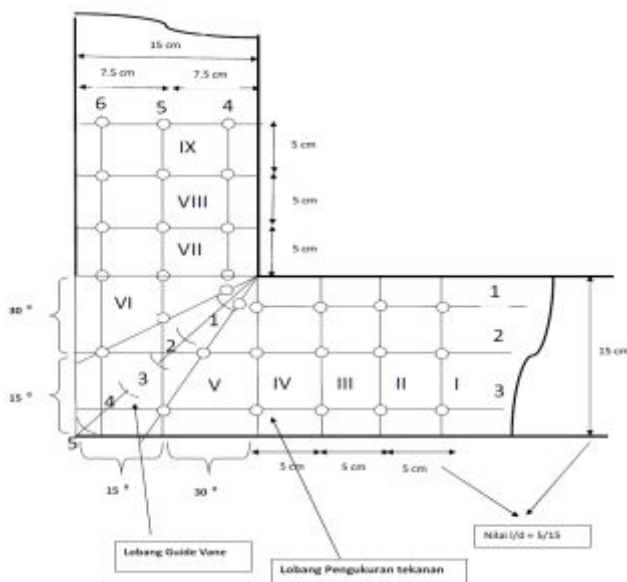
3.1 Instalasi Penelitian



Gambar 2. Instalasi Penelitian

3.2 Instalasi Pengujian

Aparatur yang digunakan berupa: komputer, perangkat alat akuisisi data yang digunakan untuk mengindragesam tekanan yang terjadi pada masing-masing titik pengukuran seperti pada gambar 3 berikut;



Gambar 3 Titik titik pengambilan data tekanan

Urutan pelaksanaan pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Alat disetting sesuai gambar
2. Tempatkan pengarah pertama pada posisinya.
3. *Blower* dihidupkan, sehingga udara mengalir di dalam *tunnel*.
4. 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.
5. Proses tersebut diulangi untuk jumlah dan posisi *guide vanes* berikutnya.

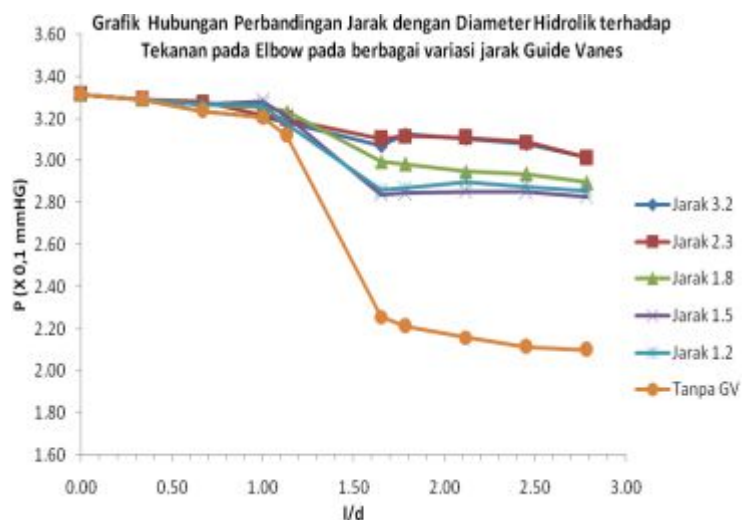
3.5 Metode Analisis Data

Data tekanan yang diperoleh selama 100 detik untuk masing-masing titik pengukuran dicari rata-ratanya. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli 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*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

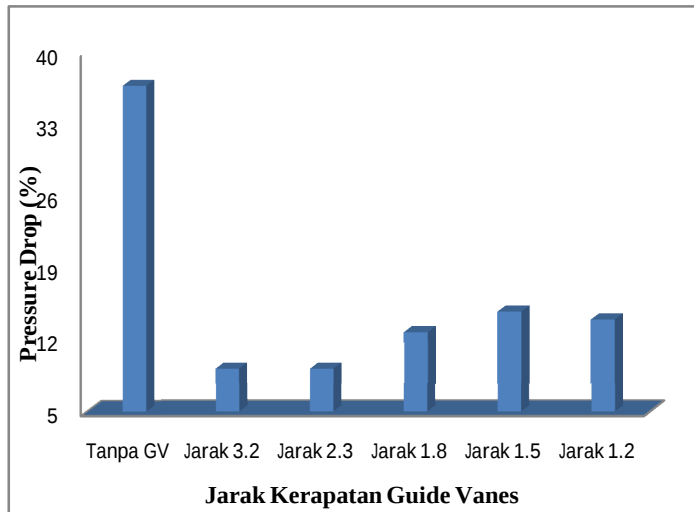
4.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Hubungan Perbandingan Jarak dengan Diameter Hidrolik Terhadap Tekanan pada *Elbow* dengan Berbagai Jumlah dan Posisi *Guide Vanes*

Besarnya persentase *pressure drop* yang terjadi pada masing-masing kerapatan *guide vanes* dihitung dengan rumus:



Gambar 5. Grafik Hubungan Perbandingan Jarak dengan Diameter Hidrolik Terhadap Tekanan pada Elbow pada berbagai variasi jarak Guide Vanes

Pada gambar 4 memperlihatkan besarnya *local pressure* pada masing-masing titik pengukuran. Pada hampir semua pengujian terlihat trend yang sama bahwa perubahan tekanan lokal paling besar terjadi pada nilai $d = 1.133$ dan $d = 1.653$, keduanya merupakan sisi masuk dan keluar elbow. Pada pengujian tanpa *guide vanes*, 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 terpisahkan 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 pengujian dengan kerapatan *guide vanes* sebesar 2,3 cm memberikan hasil penurunan tekanan terendah. Hal ini disebabkan semua aliran fluida yang melalu *elbow* secara seragam diarahkan oleh *guide vanes* dan aliran akan mampu mengikuti kontur permukaan, sehingga potensi separasi aliran semakin kecil dan dapat mempersingkat waktu aliran menuju keadaan *uniform* dan medan *vorticity* pada *cross section* yang terbentuk juga akan semakin kecil. Pada kerapatan *guide vanes* 1,8 cm, 1,5 cm dan 1,2 cm dari hasil pengujian didapatkan kenaikan penurunan tekanan. Hal ini disebabkan oleh naiknya gesekan yang dihasilkan oleh aliran udara dengan bertambahnya permukaan sudu yang digunakan. Gesekan dengan permukaan sudu pengarah ini menghasilkan *drag* yang lebih besar sehingga terjadi konversi energi yang dimiliki aliran ke bentuk energi lainnya menyebabkan penurunan tekanan pada aliran udara.

Data hasil perhitungan untuk masing-masing pengujian diberikan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Data hasil pengujian

No	Pengujian	Pressure Drop (%)
1	Tanpa GV	36.68
2	Jarak 3.2	9.15
3	Jarak 2.3	9.15
4	Jarak 1.8	12.66
5	Jarak 1.5	14.67
6	Jarak 1.2	13.87

Gambar 5 memperlihatkan besarnya prosentase kerugian ekanan total pada masing-masing kasus pengujian *guide vanes*. Sebagai perbandingan pada pengujian tanpa *guide vanes* dan menggunakan *guide vanes* terjadi perbedaan penurunan tekanan yang signifikan. Pada penggunaan *guide vanes* dengan jarak 3,2 cm dan 2,3 cm terjadi penurunan *pressure drop* yang signifikan terhadap pengujian tanpa *guide vanes*. Akan tetapi dengan semakin rapatnya jarak *guide vanes* (pada pengujian jarak 1,8, 1,5 dan 1,2) terjadi kenaikan *pressure drop* yang perlahan dari 12,6 % ke 14,6 % dan kembali ke 13,6 %. Hal ini menandakan keefektifan pemasangan *guide vanes* mulai menurun seiring berkurangnya jarak antar sudu (*guide vanes*).

V. SIMPULAN

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

1. Pemasangan *guide vanes* dengan jarak 2,3 cm menghasilkan *pressure drop* terkecil yaitu 9,15 %.
2. Kenaikan *pressure drop* 12,66 % mulai terjadi pada pemasangan *guide vanes* dengan jarak 1,8 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arindam Mandal, Somnath Bhattacharjee, Rabin Debnath, Debasis Roy, Snehamoy Majumder 2010. Experimental Investigation of Turbulent Fluid Flow Through a Rectangular Elbow. International Journal of Engineering Science and Technology. Vol 2 (6) 2010, 1500-1506
- [2] Fox R.W., and McDonald A.T., 1985. Introduction of Fluid Mechanics. Third Edition. John Wiley & Son, Inc. New York.

- [3] Kreith F., 1997. Prinsip-prinsip Perpindahan Panas (Terjemahan). Cetakan Keempat. Penerbit Erlangga. Jakarta
- [4] M.G Pullinger and J.E Sargison, 2007. Using CFD to Improve The Design of a Circulating Water Channel. 16th Australasian Fluid Mechanic Conference, Australia.
- [5] Mulawarman A.A, Wijaya Kusuma, 2011. Pengaruh Jumlah Dan Posisi Pemasangan *Guide Vanes* Pada *Elbow Ducting* Terhadap Besarnya *Pressure Drop*. Jurnal Cakram Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [6] Quamrul Mazumder, 2010. Exsperimental Investigation of The Location of Maximum Erosive Wear Damage in Elbow. University of Michigan USA
- [7] Ruth Mossad, William Yang, Phillip Schwarz., 2009. Numerical Prediction of Air Flow in a Sharp 90° Elbow. Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process, Australia.
- [8] Shaharin Anwar Sulaiman, Chow Wei Kian, 2010. Turbulent Flow Separation in Pipe Elbow Using Ansys CFD Flotran. Universiti Teknologi Petronas, Malaysia
- [9] Sherman F.S., 1996. Viscous Flow. International Edition. McGraw-Hill, Inc. New York.
- [10] Transmission of Air in Air Conditining Duct, Kharagpur University India.
- [11] William C. Whitman, William M. Johnson, 2009, Refrigeration and Air Conditioning Technology. Delmar Cengage Learning.

