

KAJI PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN TEKNIK SALURAN BELOKAN TAJAM

Muhamad Haiyum
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email ; Ade fufira_lsm@yahoo.com

Abstrak

Pola aliran dalam saluran tersebut mempunyai suatu stuktur tiga dimensi yang kompleks, karena pemisahan aliran disebabkan oleh perubahan arah yang mendadak/tiba-tiba dari aliran di dalam belokan tajam lebih-lebih untuk aliran sekunder yang disebabkan oleh gaya sentrifugal, oleh karena itu laju perpindahan panas konveksi lokal untuk permukaan daerah yang kecil diharapkan tingkat perubahan secara nyata. Ukuran dari kolektor adalah 250 cm x 80 cm. Pada setiap sisi dari kotak absorber dilapisi dengan isolator termal berupa karet berwarna hitam dengan tebal 10 mm. Sebagai penyerap radiasi surya pada pengujian ini digunakan pasir besi dengan tebal 6 cm. Posisi kotak pemanas udara dibuat miring 15° . Jumlah hambatan sebanyak sembilan buah. Pengukuran temperatur dilakukan dengan saluran tanpa belokan, saluran multi belokan tajam 90° . Pengujian dilakukan di alam terbuka dengan menggunakan energi surya sebagai energi pemanas dan pengukuran temperatur dilakukan sebanyak 5 titik untuk saluran tanpa hambatan dan sebanyak 29 titik pada saluran aliran dengan hambatan. Pengujian dilakukan dari jam 11.00 sampai dengan 15.00 wib. Hasil penelitian menunjukkan, distribusi temperatur absorber untuk ketiga tipe solar kolektor cenderung sama, distribusi temperatur tertinggi dapat dicapai oleh kolektor dengan belokan tajam sudut hambatan 90° yaitu temperatur maksimum 81°C pada waktu pukul 12.30 – 13.30.

Kata kunci : Kolektor surya, saluran multi belokan, hambatan, absorber

PENDAHULUAN

Karakteristik aliran dalam saluran akibat pemanasan dapat diprediksi jika distribusi temperatur di sepanjang lauan saluran terutama di belokan dapat di dieksperimenkan. Dengan demikian untuk kasus ini, pemanasan dan pengukuran temperatur fluida pada titik-titik tertentu melalui saluran uji adalah hal yang utama pada riset ini. Untuk menjaga kestabilan temperatur pada objek uji, maka alat (material) pemindah panas yang digunakan adalah pasir besi dengan sumber panas energi matahari (surya) ataupun sumber pemanas lainnya.

Hampir semua riset yang telah ada, dilakukan pada aliran berkecepatan tinggi dengan perpindahan panas konveksi paksa. Aplikasi dari riset tersebut biasanya untuk teknologi tinggi yang sering dirancang bangun di negara-negara maju seperti untuk saluran pendinginan dalam (*internal cooling*) dari turbin gas. Untuk perpindahan panas/massa konveksi paksa, masalah yang dikaji adalah bilangan Reynold (Re) untuk mendapat angka Nusselt (Nu) bagi

penentuan karakteristik perpindahan panas, dan angka Sherwood (Sh) untuk pengkajian karakteristi perpindahan panas/massa. Tetapi penggunaan pada teknologi menengah, untuk proses pendinginan dan pemanas dengan menggunakan energi pembakaran bahan bakar dan energi surya masih minim.

Saluran penampang persegi empat dengan belokan tajam 180° sering digunakan sebagai lauan aliran pada berbagai tipe peralatan termal. Pola aliran dalam saluran tersebut mempunyai suatu stuktur tiga dimensi yang kompleks, karena pemisahan aliran disebabkan oleh perubahan arah yang mendadak/tiba-tiba dari aliran di dalam belokan tajam [1] lebih-lebih untuk aliran sekunder yang disebabkan oleh gaya sentrifugal [2], oleh karena itu laju perpindahan panas konveksi lokal untuk permukaan daerah yang kecil diharapkan tingkat perubahan secara nyata.

Sebagai latar belakang akan dilakukan suatu studi eksperimental untuk membuat jelas pola aliran dan karakteristik perpindahan panas (massa) lokal pada saluran persegi empat

dengan sudut belokan tajam 180° di bawah kondisi stasioner. Kajian pada perpindahan panas/massa konveksi alamiah adalah angka Rayleigh (Ra). Untuk mendapat distribusi Ra lokal maka diperlukan pengukuran distribusi temperatur lokal, sehingga karakteristik medan aliran dapat diprediksikan.

Tujuan Penelitian

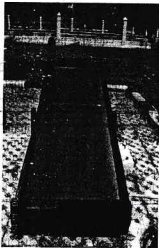
Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan penyerapan panas dengan memanfaatkan energi matahari dengan teknik saluran multi belokan tajam 180° dan mengetahui pergerakan fluida terhadap posisi saluran multi belokan tajam 180° .

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini alat penyerap panas dengan memanfaatkan energi matahari (surya) dibuat dari rangka kayu dengan isolasi dari bahan seng dan karet, sebagai absorber digunakan pasir besi.

2.2.2 Peralatan

Pada pelaksanaan penelitian ini diperlukan beberapa peralatan yaitu satu unit alat penyerap panas dengan memanfaatkan energi matahari (surya), thermocouple, thermometer, dan stop watch.



Gambar 1. Penyerap Panas Tanpa Hambatan



Gambar 2. Penyerap Panas Dengan Hambatan

Peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah saluran segi empat dengan memodifikasi penambahan susunan buffel yang berbentuk saluran multi belokan tajam dengan sudut 90° .

Ukuran dari kolektor adalah 250 cm x 80 cm. Pada setiap sisi dari kotak absorber dilapisi dengan isolator termal berupa karet berwarna hitam dengan tebal 10 mm. Sebagai penyerap radiasi surya pada pengujian ini digunakan pasir besi dengan tebal 6 cm. Kotak pasir besi terbuat dari kayu dengan tebal 15 mm dan sebagai penutup transparan digunakan kaca 5 mm dengan ukuran 250 cm x 80 cm. Posisi kotak pemanas udara dibuat miring 15° dengan tujuan agar proses aliran udaranya bisa berlangsung dengan adanya perbedaan elevasi masukan dan keluaran.

2.2.3 Metode

Peralatan utama dari penelitian terdiri dari alat penyerap panas dengan memanfaatkan energi matahari (surya) dengan absorber pasir besi sebagai pemanas bawah, sedangkan untuk pemanas atas menggunakan kaca. Saluran ini juga dilengkapi oleh isolator termal. Pada penelitian ini, peralatan ukur menggunakan thermometer air raksa yang memiliki range temperatur $0-110^\circ\text{C}$. Sebelum pengujian dilakukan, seluruh thermometer sudah harus dipasang dengan baik pada alat penyerap panas yang memanfaatkan energi matahari. Posisi penempatan thermometer atau titik

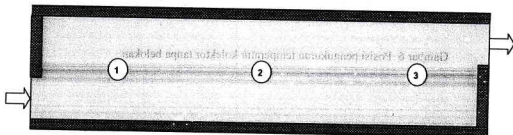
pengukuran temperatur diletakkan menurut kondisi saluran masuk pemanas pada kolektor.

Pengukuran temperatur dilakukan dengan dengan memanfaatkan energi matahari yang menggunakan teknik saluran multi belokan tajam 90° . Pengujian dilakukan di alam terbuka dengan menggunakan energi surya sebagai energi pemanas dan pengukuran temperatur dilakukan di banyak titik pada laluan aliran

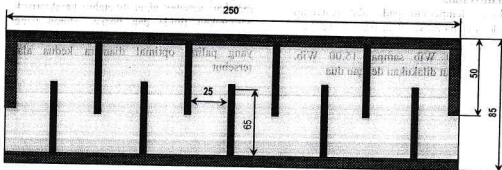
Pengukuran temperatur dengan belokan tajam 180° , sudut hambatan (bafel) 90° menggunakan hambatan sebanyak sembilan buah' dan 29 thermometer. Peletakan bafel dan titik-titik pengukuran secara skematis diperlihatkan Gambar (5 dan 6).

Sebagai pembanding dilakukan pengukuran temperatur tanpa belokan. Secara skematik pengukuran temperatur tanpa belokan dapat dilihat pada Gambar 4. Pada pengujian tanpa belokan, pengukuran temperatur dilakukan di 5 titik sepanjang kolektor.

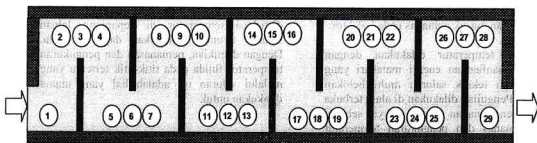
Karakteristik aliran dapat diprediksi jika distribusi temperatur di sepanjang laluan saluran terutama dibelokan dapat di data. Dengan demikian, pemanasan dan pengukuran temperatur fluida pada titik-titik tertentu yang melalui saluran uji adalah hal yang utama dilakukan untuk



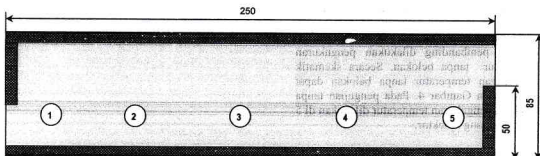
Gambar 3. Posisi pengukuran temperatur absorber pada saluran



Gambar 4. Tata letak hambatan pada kolektor dengan belokan tajam 180° dengan sudut hambatan 90°



Gambar 5. Posisi pengukuran temperatur pada kolektor dengan belokan tajam 180° dengan sudut hambatan 90°



Gambar 6 Posisi pengukuran temperatur kolektor tanpa belokan

pendataan agar analisis hasil penelitian dapat dilakukan

2.3 Teknik Pengukuran, Pengolahan dan Analisis Data

Pengukuran temperatur pada alat penyerap panas dengan memanfaatkan energi matahari dilakukan setiap selang waktu setengah jam, dari jam 11.00 Wib sampai 15.00 Wib. Pengujian tersebut dilakukan dengan dua

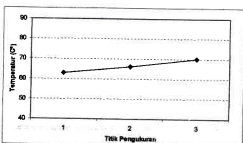
kondisi alat, yaitu memvariasikan posisi aliran di dalam saluran tersebut yang diberi hambatan dengan sudut 90° dan tanpa diberi hambatan di dalam saluran aliran tersebut. Dari kedua alat penyerap panas yang menggunakan energi matahari tersebut akan diketahui karakteristik pergerakan fluida dan posisi saluran yang akhirnya diperoleh suatu sistim penyerap panas yang paling optimal diantara kedua alat tersebut

PEMBAHASAN

Distribusi Temperatur Absorber di Sepanjang Laluan

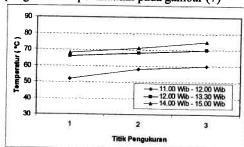
Distribusi temperatur pada absorber di sepanjang saluran pemanas kolektor mempengaruhi distribusi udara panas yang melalui saluran tersebut. Pada kasus ini diambil hanya 3 titik yaitu posisi setelah saluran masuk, titik tengah saluran dan posisi mendekati saluran keluar.

Gambar (7 dan 8) menunjukkan distribusi temperatur di sepanjang laluan pada jam 12.30 – 13.30 Wib. Dari gambar, terlihat perbedaan distribusi temperatur disepanjang laluan. Temperatur titik 1 sampai titik 3 naik secara signifikan, ini disebabkan pengaruh temperatur luar dan penyerapan panas yang besar dari absorber pada daerah saluran masuk. Pada titik 2 ke titik 3 kenaikan temperatur relatif sama, hal ini di sebabkan oleh penyerapan panas oleh absorber sudah stabil dan pengaruh penyerapan panas absorber oleh udara di saluran pemanas tidak terlalu tinggi pada daerah keluaran.



Gambar 7. Distribusi temperatur absorber sepanjang laluan tanpa hambatan

Distribusi temperatur pada absorber dengan laluan belokan tajam 90° untuk tiga titik pengukuran diperlihatkan pada gambar (7)



Gambar 8. Distribusi temperatur absorber sepanjang laluan berbelokan tajam 90°

Pada pukul 11.00-12.00 wib kenaikan temperatur dari saluran masuk titik 1 ke titik 2 cenderung meningkat tajam, hal ini di sebabkan waktu penyerapan panas radiasi oleh absorber masih singkat sehingga panas yang di pancai oleh absorber diserap langsung oleh udara yang masuk ke saluran kolektor. Sedangkan pada pukul 12.30–13.30 wib, terlihat perbedaan distribusi temperatur disepanjang laluan (titik 1 sampai titik 2 dan 3) naik tidak secara signifikan, hal ini di sebabkan oleh penyerapan panas oleh udara dari absorber di saluran pemanas banyak pada daerah masukan. Hal ini disebabkan terdapat hambatan sehingga udara berada lebih lama di setiap daerah saluran, sehingga penyerapan panas pada daerah saluran selanjutnya sudah stabil, maka distribusi temperatur di absorber naik merata. Untuk distribusi pada pukul 14.00-15.00 wib distribusi temperaturnya lebih tinggi dari pukul sebelumnya. Ini terjadi walaupun panas radiasi dari matahari sudah berkurang, ini dikarenakan panas yang masih disimpan oleh absorber masih cukup banyak.

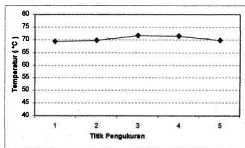
Distribusi Temperatur di Sepanjang Saluran

Untuk mengkaji pola aliran dan perpindahan panas pada saluran dibutuhkan karakteristik distribusi temperatur disepanjang saluran tersebut, maka dari hasil pengukuran distribusi temperatur pada penelitian ini. Setelah di analisa hasil ini dapat di tampilkan selebih lanjut pada sub bab lanjutan.

1 Distribusi temperatur sepanjang saluran tanpa penghalang saluran

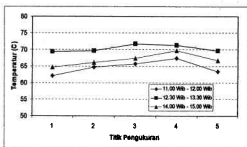
Hasil pengukuran temperatur udara sepanjang saluran tanpa penghalang untuk waktu pukul 12.30-13.30 wib diperlihatkan pada gambar 9 Temperatur setelah masuk saluran di titik 1 mencapai 70° , dapat dijelaskan bahwa secara keseluruhan distribusi temperatur udara disepanjang saluran cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya panjang laluan aliran hingga titik 4. Kecenderungan ini karena sepanjang laluan ini terjadi pemanasan udara baik oleh absorber maupun radiasi langsung dari matahari ke kolektor. Temperatur tertinggi di capai pada titik 3 dengan temperatur mencapai 72° , setelah titik 3 menuju titik 5 hingga ke saluran keluar cenderung menurun, hal ini terjadi disebabkan kecepatan udara di

saluran bertambah karena sudah mendekati saluran keluar dari saluran pemanas kolektor.



Gambar 9. Distribusi temperatur pada saluran tanpa hambatan pada pukul 12.30-13.30

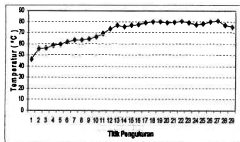
Distribusi temperatur sepanjang saluran kolektor tanpa penghalang untuk pukul 11.00-12.00, 12.30-13.30, dan 14.00-15.00 wib diperlihatkan pada gambar 10. Kecenderungan fenomena distribusi temperatur ke 3 garis distribusi tersebut adalah mendekati sama. Dari hasil ini menunjukkan bahwa distribusi temperatur pada pukul 12.30-13.30 yang mencapai temperatur tertinggi. Sedangkan untuk distribusi temperatur untuk waktu pukul 11.00-12.00 merupakan distribusi temperatur terendah, hal ini terjadi karena panas yang dimiliki oleh absorber masih kecil. Pada selang waktu ini jumlah panas radiasi yang mampu diserap masih kecil. Untuk distribusi pukul 14.00-15.00, temperatur yang dicapai masih tinggi walau panas radiasi mulai rendah. Tingginya temperatur udara di saluran kolektor ini disebabkan oleh masih tingginya temperatur yang dimiliki oleh absorber. Rendahnya temperatur di titik 3 karena penyerapan panas radiasi oleh udara sudah kecil, yang masih besar hanyalah panas konveksi dari absorber.



Gambar 10 Distribusi temperatur sepanjang saluran tanpa hambatan dengan variasi waktu pengukuran

2. Distribusi temperatur sepanjang saluran berbelokan tajam 90°

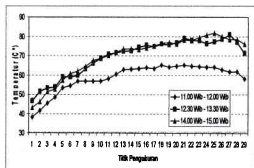
Gambar (11) memperlihatkan distribusi temperatur sepanjang saluran tanpa penghalang untuk waktu pukul 12.30-13.30 wib. Temperatur setelah masuk saluran di titik 1 mencapai 45°, dapat dijelaskan bahwa secara keseluruhan distribusi temperatur udara disepanjang saluran dari titik 1 hingga titik 13 cenderung mengalami kenaikan yang sangat tajam terutama di daerah belokan, dengan bertambahnya panjang saluran aliran. Kecenderungan ini karena di sepanjang saluran ini terjadi pemanasan udara cukup baik yang disebabkan oleh adanya belokan tajam yang berakibatkan terjadinya turbulensi aliran. Dari titik 14 menuju titik 27 kenaikan temperatur udara ini tidak begitu besar, hal ini terjadi karena kemampuan penyerapan panas oleh udara yang terbatas. Temperatur tertinggi di capai pada titik 27 dengan temperatur mencapai 81°. Di titik 27 hingga titik 29 menunjukkan fenomena temperatur udara menurun seperti juga pada kondisi saluran tanpa hambatan, yang mana terjadi kecepatan udara bertambah karena sudah mendekati saluran keluar dari saluran pemanas kolektor.



Gambar 11 Distribusi temperatur sepanjang saluran dengan sudut belokan 90° untuk waktu pukul 12.30-13.30

Gambar (12) adalah hasil pengukuran distribusi temperatur sepanjang saluran berbelokan tajam 90° untuk pukul 11.00-12.00, 12.30-13.30, dan 14.00-15.00 wib. Kecenderungan fenomena distribusi temperatur ke 3 garis distribusi tersebut adalah mendekati sama. Dari hasil ini menunjukkan bahwa distribusi temperatur pada pukul 12.30-13.30 dan pukul 14.00-15.00 yang mencapai temperatur tertinggi. Sedangkan untuk distribusi temperatur untuk waktu pukul 11.00-12.00 merupakan distribusi temperatur terendah, hal ini terjadi karena panas yang di

miliki oleh absorber masih kecil (temperatur masih agak rendah), ini dikarena jumlah panas radiasi yang mampu diserab masih kecil oleh sebab waktu yang tersedia masih singkat.



Gambar 12 Distribusi temperatur sepanjang saluran dengan sudut belokan 90°

Terjadinya turbulensi aliran di daerah masukan selain disebabkan oleh pengaruh konfigurasi masukan untuk saluran berbelokan, juga dipengaruhi oleh gaya apung dari udara akibat pemanasan. Untuk saluran tanpa hambatan tidak terjadi perubahan Rayleigh di sepanjang laluan kolektor.

Bilangan Rayleigh terus menurun untuk saluran berbelokan karena tingkat turbulensi aliran terus meningkat, hal ini disebabkan karena beda temperatur yang besar antara udara dalam saluran dengan temperatur lingkungan. Pada daerah keluaran ini terjadi peningkatan kecepatan aliran yang diikuti dengan penurunan temperatur aliran udara dan pengecilan volume spesifik udara.

KESIMPULAN

Setelah di analisa dari hasil-hasil pengukuran distribusi temperatur dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi temperatur absorber dari hasil ukuran untuk ketiga tipe solar kolektor cenderung sama. Tetapi yang agak berbeda adalah distribusi temperatur dari kolektor tipe tanpa hambatan yang mana temperatur titik masuk jauh lebih rendah dari temperatur laluan daerah tengah dan daerah keluaran saluran.
2. Distribusi temperatur berbelokan tajam dengan sudut hambatan 90° merupakan distribusi temperatur tertinggi yang mampu dicapai yaitu 81°C . Tipe kolektor tanpa hambatan merupakan distribusi

terendah yang bisa dicapai yaitu sekitar 65°C .

3. Waktu untuk distribusi temperatur optimal adalah pukul 12.30 – 13.30, ini terjadi kedua tipe kolektor yang diuji, hal ini terjadi karena waktu itu merupakan radiasi terbesar yang mampu di pancarkan ke bumi. Urutan selanjutnya adalah 14.00 – 15.00, walaupun waktu ini radiasi yang terjadi sudah lemah, namun absorber masih mampu menyimpan energi termal yang berada di dalam saluran kolektor. Sedangkan waktu 11.00 – 12.00 merupakan waktu yang distribusi temperatur terendah. Ini terjadi karena sebelumnya temperatur udara, ansorber dan temperatur masih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Metzger, D. E. and Sahm, M. K., Heat transfer around sharp 180-deg turns in Smooth rectangular channels. *J. Heat Transfer*, 500-506, 1986.
- [2]. Jonhson, J.P., Internal Flow In Turbulence (Edited by P. Bradshaw). Chap. 3, Springer-Verlag, Berlin. 1976.
- [3]. Chang, S. M., Humphrey, J. A. and Modavi, A., Turbulent flow in a strongly curved U-bend and downstream tangent of square cross-sections, *Physico Chemical Hydrodynamics*, 4, 243-269, 1983.
- [4]. Jonhson, R. W., Numerical simulation of lokal Nusselt number for turbulent flow in a square duct with a 180-degree bend, *Numerical Heat transfer*, 13, 205-228, 1988.
- [5]. Fan, C.S. and Metzger, 1969, Effects of channel Aspect Ratio on Heat Tranfer in rectangular Passage Sharp 180-deg turns, *ASME paper*. 1969.
- [6]. Breuer, M. and Rodi, W., Larger-eddy simulation of turbulent flow through a straigh square channel and a 180-degre bend. *Kluwer Academic Publisher, Dordrecht*, 273-285, 1994.
- [7]. Lacovides H. Launder B.E., Prediction of Turbulent Flow and Heat Trasfer in a 180 deg bend of square cross-section, UK National Conference on Heat Transer Vol. 1, pp.735-746, 1988.

- [8]. Chyu, M. K., Regional heat transfer in two-pass and three-pass passages with 180-deg sharp turn, *J. Heat Transfer*, 113, 63-70, 1991.
- [9]. Besserman, D. L., and Tanrikut, S., Comparison of heat transfer measurements with computations for turbulent flow around a 180 deg bend, *Journal of Turbomachinery*, 114, 865-871, 1992
- [10]. Astarita, T., Cardone, G. and Carlomagno, G. M., Heat transfer and surface flow visualization around a 180 deg turn in a rectangular channel, *Heat Transfer in Turbulent Flows, ASME HTD-318*, pp. 161-168, 1995
- [11]. Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yosida, T. and Tanaka, T., 1998, Heat /Mass Transfer Characteristics in Two-Pass Smooth Channels with a Sharp 180-Degree Turn, *Int. J. of Heat and Mass Transfeer*, vol. 42, pp.3757-3770
- [12]. Syuhada, A., Hirota, M., Fujita, H., Araki, S., Yanagida, Y., and Tanaka, T., 1998, Heat /Mass Transfer in Serpentine Flow Passage with Rectangular Cross-Section, *Proc.Int. Syim. On Advanced Energi Conversion Systems and Related Tech., Nagoya*, pp. 304-305
- [13]. Syuhada, A., Hirota, M., Fujita, H., Araki, S., Yanagida, Y., and Tanaka, T., 2001, Heat (mass) transfer in serpentine flow passage with rectangular cross-section, *Int. J. of Energy Conversion and Magement*, pp. 159-166.
- [14]. Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yanagida, M., and Tanaka, T., 1999, Heat /Mass Transfer Characteristics in Serpentine Flow-Passage with a Sharp Turn, (Influence of Entrance Configuration), *Proc. Compact Heat Exchangers and Enhancement Technology for Proces Industries, Banff*, pp. 159-166.
- [15]. Holman, J.P., (1991), *Perpindahan Kalor*, terjemahan E. Jasjfi, Edisi keenam, Erlangga, Jakarta.
- [16]. Bejan, A., (1993), *Heat Transfer*, John Wiley & Sons, Inc.
- [17]. Muratta, A, S. Mochizuki, S. And M. Fukunaga., (1994), Detailed Measurement of Local Heat Trasfer in Square-Cross-Section Duct With a

Sharp 180-degree Turn, in : *Proceeding of The Tenth International Heat Transfer Conference Brighton, U.K, 8-1C-19* 291-296.