

JURNAL PENELITIAN SAINTIKA

(Sains, Teknologi, dan Rekayasa)

VOL : 7 nomor : 1 BULAN / TAHUN MARET 2007

- | | |
|---|---|
| Ali Arman Lubis, Dan Rahmatsyah | Radionuklida Alam ^{210}Pb Untuk Studi Dating Dan Geokronologi Polutan Daerah Teluk Jakarta |
| Yunauwar, Bustami Syam, Basuki Wirdjo Sentono, Alfian Hamsi, Riski Elpari Siregar | Analisis Proses Produksi Jerigen Plastik Menggunakan Mesin Pencetakan Tiup |
| Samsudin Anis, Janter P. Simanjuntak | Analisa Perpindahan Kalor Pada Sirip Longitudinal Menggunakan Analogi Perpindahan Kalor Dan Massa |
| Abdul Hasan Saragih, Riski Elpari Siregar | Analisa Laju Korosi Baja Karbon Sedang Pada Kelembaban Yang Tinggi |
| Alkhafi Maas Sregar | Survei Sumber Air Panas Desa Negeri Suah Kecamatan Sibolangit Kab. Deli Serdang Menggunakan Metode Magnetik |
| Eka Daryanto, Janter P. Sirhanjuntak | Rancang Bangun Mesin Pemanas Air Dengan Memanfaatkan Energi Bekas Mesin Penata Udara |
| Muhammad Amin | Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Penerangan Pada Bagas Tancap |
| Selamat Riadi, Z.A. Hutahaean, Nancy Sinambela | Modifikasi Fungsi Toolpost Mesin Bubut Konvensional Pada Industri Kecil Pengolahan Logam |
| Fauziyah Harahap, Edi Guhardja, Roedy Poerwanto, G.A. Wattimena, Suharsono | Analisis Morfologi Tanaman Manggis (<i>Garcinia Mangostana L.</i>) Hasil Radiasi Sinar Gamma |
| Firdaus, Yuniarto | Rancang Bangun Mesin Pembuat Tapioka |



LEMBAGA PENELITIAN

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

JL. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate (20221)

Telp. (061) 6636757, Fax (061) 6613319

JURNAL PENELITIAN

SAINTIKA

(Sains, Teknologi, dan Rekayasa)

Vol: 7 nomor:1 BULAN/TAHUN: MARET 2007

ISSN: 1412-2995

Akreditasi No. 23a/DIKTI/Kep/2004

Ketua Dewan Editor

DR. Ridwan A Sani

(Ketua Lembaga Penelitian Unimed)

Sekretaris Dewan Editor

ALKHAFI MAAS SIREGAR, S.Si, M.Si

(Sekretaris Lembaga Penelitian Unimed)

Dewan Editor

Prof. Dayar Arbain, B Pharm Drs, Apt, Ph.D. (UNAND)

Prof. Dr. Feliatra, DEA. (UNRI)

Dr. Ir. Bachrian Lubis, M.Sc. (USU)

Prof. Dr. Manihar Situmorang, M.Sc. (UNIMED)

Dr. Ir. Usman Baafai, DIPL. ING. (USU)

Dr. Ir. Allfiansyah Yulinar BC. (UNSYIAH)

Dr. Saib Suwilo, M.Sc. (USU)

Ir. Is Sulistyati Purwaningsih, Ph.D. (UNRI)

Dr. Ir. Adjar Pranoto (UNAND)

Editor Teknik

Ir. Riski Elpari Siregar, MT

Eddyanto, Ph.D

Sirkulasi dan Pemasaran

Drs. R.M. Barus

Alamat penyunting dan Tata Usaha: Gedung Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan, Lantai II, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan 20221, Telp (061)6636757 Fax.(061)6614002, 6613319, e_mail: penelitian_unimed@yahoo.com

Jurnal Penelitian SAINTIKA (Sains, Teknologi dan Rekayasa) diterbitkan sejak Maret 2001 oleh Lembaga Penelitian UNIMED

Penyunting menerima sumbangan artikel yang belum pernah dipublikasikan dalam media lain. Naskah diketik di atas kertas HVS A4, spasi ganda maksimal 17 halaman dengan format seperti tercantum pada halaman kulit dalam belakang.

Naskah akan dimuat dalam jurnal ini setelah lulus evaluasi dari tim penyunting

DAFTAR ISI

Radionuklida Alam ^{210}Pb Untuk Studi Dating Dan Geokronologi Polutan Daerah Teluk Jakarta Oleh: Ali Arman Lubis, Dan Rahmatsyah	1-3
Analisis Proses Produksi Jerigen Plastik Menggunakan Mesin Pencetakan Tiup Oleh: Yunauwar, Bustami Syam, Basuki Wirdjo Sentono, Alfian Hamsi, Riski Elpari Siregar	4-10
Analisa Perpindahan Kalor Pada Sirip Longitudinal Menggunakan Analogi Perpindahan Kalor Dan Massa Oleh: Samsudin Anis, Janter P. Simanjuntak	11-15
Survei Sumber Air Panas Desa Negeri Suah Kecamatan Sibolangit Kab. Deli Serdang Menggunakan Metode Magnetik Oleh: Alkhafi Maas Sregar	16-21
Rancang Bangun Mesin Pemanas Air Dengan Memanfaatkan Energi Bekas Mesin Penata Udara Oleh: Eka Daryanto, Janter P. Simanjuntak	22-27
Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Penerangan Pada Bagan Tancap Oleh: Muhammad Amin	28-33
Modifikasi Fungsi Toolpost Mesin Bubut Konvensional Pada Industri Kecil Pengolahan Logam Oleh: Selamat Riadi, Z.A. Hutahaean, Nancy Sinambela	34-38
Analisa Laju Korosi Baja Karbon Sedang Pada Kelembaban Yang Tinggi Oleh: Abdul Hasan Saragih, Riski Elpari Siregar	39-44
Analisis Morfologi Tanaman Manggis (<i>Garcinia Mangostana L.</i>) Hasil Radiasi Sinar Gamma Oleh: Fauziah Harahap, Edi Guhardja, Roedy Poerwanto, G.A.Wattimena, Suharsono	45-50
Rancang Bangun Mesin Pembuat Tapioka Oleh: Firdaus, Yuniarto	51-54

ANALISA PERPINDAHAN KALOR PADA SIRIP LONGITUDINAL MENGGUNAKAN ANALOGI PERPINDAHAN KALOR DAN MASSA

SAMSUDIN ANIS¹⁾, JANTER P. SIMANJUNTAK²⁾

- 1). JURUSAN TEKNIK MESIN, FAKULTAS TEKNIK, UNNES, SEMARANG, INDONESIA
- 2). JURUSAN TEKNIK MESIN, FAKULTAS TEKNIK, UNIMED, MEDAN, INDONESIA

e-mail : samsudin_anis@yahoo.com

e-mail : djanterps@gmail.com

ABSTRACT

HEAT TRANSFER ANALISYS OF LONGITUDE FIN MODEL USING HEAT AND MASS TRANSFER ALALOGY

The aim of this research is to get an average of heat transfer coefficient and Nu - Re correlation of longitude fin model using heat and mass transfer analogy. Specimens are made from printed naphthalen of plate form and tested on the wind tunnel section with long and speed of air stream variation. The heat transfer coefficient obtained by calculating mass transfer coefficient. The mass transfer coefficient measured from the naphthalen mass reduction in spanning certain time an then analogy with heat transfer coefficient. The result obtained from experiment is then compared to the result of empiric. Result of the research indicate that the longitude fin with leading edge square can improve the average of heat transfer coefficient till 2,76 times compared to the empiric result. This improvement is enough dominant at short distance of the leading edge. The result of research also indicate that the increasing of the Reynolds number (Re) will improve the Nusselt number (Nu) also. From obtained calculation, the Re-Nu correlation , that is: $Nu = 0,200 Re^{0,686}$ and falid to $3 \times 10^4 \leq Re \leq 1,7 \times 10^5$.

Keywords : heat transfer coefficient, leading edge, longitudinal fin

PENDAHULUAN

Proses perpindahan kalor pada plat datar banyak digunakan dalam aplikasi teknik seperti pada sirip pendingin mesin sepeda motor, komponen elektronika, kondenser dan lain sebagainya. Peranan sirip tersebut sangat penting untuk membuang kalor ke lingkungan melalui proses konveksi. Besarnya kalor yang terbuang ditentukan oleh nilai koefisien perpindahan kalor. Koefisien ini dipengaruhi oleh sifat perpindahan kalor konveksi yang rumit seperti pola aliran, sifat fluida dan geometri permukaan. Pola aliran fluida pada permukaan plat dapat berupa aliran laminar atau turbulen. Daerah aliran yang terbentuk dari lingir depan plat, dimana terlihat pengaruh viskositas disebut lapisan batas. Pada permulaan, pembentukan lapisan batas adalah laminar. Namun pada jarak tertentu dari lingir depan, terjadi gangguan-gangguan pada aliran dan terjadi proses transisi hingga menjadi turbulen. Aliran turbulen memberikan koefisien perpindahan kalor yang tinggi karena pola aliran yang tidak teratur, sedangkan aliran laminar relatif kecil.

Persoalan dasar adalah bagaimana meningkatkan koefisien perpindahan kalor pada sirip dengan

mempercepat terjadinya proses transisi. Studi yang dilakukan oleh banyak peneliti untuk meningkatkan koefisien perpindahan kalor antara lain dengan melakukan variasi geometri, posisi, kecepatan, dan arah aliran fluida. Banyak metode yang digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan kalor, salahsatunya adalah dengan mengukur temperatur permukaan dan laju perpindahan kalornya. Namun, cara ini kurang efektif untuk komponen-komponen yang berbentuk rumit seperti pada sirip pendingin. Selain sulit menentukan luas permukaan, juga sulit untuk memperoleh pembacaan suhu rata-ratanya. Hal ini dikarenakan pemasangan termokopel yang sulit dan jumlah termokopel yang diperlukan banyak. Selain metode tersebut di atas, penentuan koefisien perpindahan kalor dapat pula dilakukan dengan menggunakan metoda analogi perpindahan kalor dan massa. Metode ini merupakan metode alternatif karena selain lebih murah juga lebih mudah dan efektif dalam proses eksperimen.

Studi ini meneliti perpindahan kalor rerata pada sirip longitudinal yang didekati dengan model plat datar

dengan lingir depan persegi menggunakan analogi perpindahan kalor dan massa.

Usaha-usaha untuk meningkatkan koefisien perpindahan kalor dengan jalan merubah bentuk geometris, posisi, dan arah aliran udara antara lain diungkapkan oleh Chang Ming Ling dkk. (1994) yang meneliti perpindahan kalor dan penurunan tekanan pada sirip segitiga pada dinding yang berlawanan dalam ruang berbentuk persegi. Dengan melakukan variasi jarak antar sirip, tinggi sirip, dan lebar sirip serta perbandingannya, didapatkan koefisien perpindahan kalor dari dinding sirip persegi 1 hingga 2,3 kali lebih besar dari dinding yang lebih halus dan penurunan tekanannya lebih besar 1 hingga 10 kali. Chyu dan Hsing (1999) menyelidiki pengaruh aliran masuk tegak lurus pada perpindahan kalor/massa susunan sirip. Eksperimen ini menggunakan plat yang berisi susunan pin berukuran tujuh baris dan lima kolom dengan variasi jarak antar pin, diameter pin, dan susunan pin. Udara dialirkan pada masukan yang berbeda, yaitu ditepi kiri, tepi kanan, dan ditengah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa posisi aliran ditengah lebih baik dari yang lain. Nassif dkk. (1995) meneliti pengaruh kecepatan aliran fluida dan panjang plat di dalam terowongan angin. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil empirik.

Peningkatan koefisien perpindahan kalor pada sirip atau plat datar sangat ditentukan oleh pola dan distribusi kecepatan aliran udara pada permukaan yang sangat terkait dengan teori lapis batas dimana faktor gesekan sangat berperan pada permukaan benda (daerah lapis batas), sedangkan daerah di luar lapisan tersebut, faktor gesekan dapat diabaikan. Pada kondisi tertentu seperti aliran tak mampu mampat, *steady state*, karakteristik benda konstan, gradien tekanan arah sumbu x kecil, dan tanpa disipasi viskos pada daerah lapis batas laminar, maka persamaan energi yang berlaku untuk aliran dua dimensi adalah:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (1)$$

Koefisien perpindahan kalor lokal ($W/m^2.K$) diberikan dalam bentuk bilangan Nusselt (Nu):

$$Nu = \frac{hL}{k_f} = + \left. \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \right|_{y^*=0} \quad (2)$$

L adalah panjang karakteristik (m), k_f adalah konduktivitas termal fluida ($W/m.K$) dan $\delta T^*/\delta y^*$ adalah gradien temperatur non dimensional di permukaan benda. Ilustrasi lapis batas dengan aliran sepanjang plat yang sangat tipis dapat dilihat pada gambar berikut:

Penyelesaian analitik dari Blasius untuk menghitung koefisien perpindahan kalor pada aliran laminar ($Re < 5 \times 10^5$) di atas plat datar adalah (F. P. Incropera dan D. P. DeWitt, 1996):

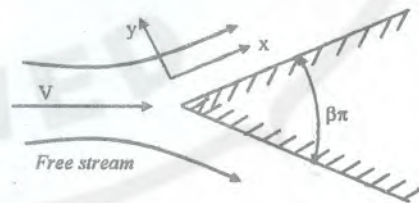
$$Nu = \frac{hx}{k} = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (3)$$

dimana $Pr \geq 0,6$



Gambar 1. Lapis batas kecepatan pada plat dengan aliran paralel

Dalam ungkapan itu, h merupakan angka konveksi. Pada suatu sirip atau plat, angka tersebut sangat menentukan jumlah kalor yang dapat dilepaskan ke lingkungan. Analisa teori lapis batas untuk aliran pada permukaan *wedge* dapat digunakan untuk memprediksi koefisien perpindahan kalor pada permukaan lingir depan plat yang berbentuk persegi. Sesuai dengan teori lapis batas bahwa aliran sepanjang permukaan mengalami perubahan tekanan sehingga mempengaruhi profil kecepatan. Pada permukaan tanpa titik belok ($\beta > 0$), tekanan berkurang sehingga kecepatan akan bertambah. Sedangkan pada permukaan dengan titik belok ($\beta < 0$), tekanan meningkat dan kecepatan akan berkurang. Peningkatan tekanan tersebut dapat menyebabkan terjadinya pemisahan aliran (Schlichting, 1979).



Gambar 2. Aliran pada permukaan wedge

Koefisien perpindahan kalor lokal dalam lapis batas laminar pada profil *wedge* diperoleh melalui penyelesaian similaritas dengan asumsi bahwa suhu aliran fluida dan suhu permukaan *wedge* konstan serta disipasi viskos diabaikan, sebagai berikut (Burmeister, 1983):

$$Nu = Re \theta'(0) \quad (4)$$

dimana $Re = (Ux)/v = (Cx^{m+1})/v$, $m = \beta/(2 - \beta)$, dan C adalah koefisien kecepatan.

Analogi Perpindahan Kalor dan Massa

Hubungan perpindahan kalor dengan perpindahan massa dapat diperoleh dengan mengikuti persamaan berikut (Rhine dan Tucker, 1991):

$$St Pr^{1/2} = St_m Sc^{1/4} \quad (5)$$

Koefisien perpindahan kalor diperoleh dengan asumsi bilangan Reynolds kedua sistem dan faktor j yang sama, yaitu:

$$h = h_m \rho c_p \left[\frac{Sc}{Pr} \right]^{1/4} \quad (6)$$

Sedangkan koefisien perpindahan massa dihitung dengan persamaan:

$$h_m = \frac{m \cdot R \cdot T}{\Delta p \cdot A \cdot M_N} \quad (7)$$

Laju kehilangan massa (\dot{m}) dihitung dari perbandingan massa yang hilang dengan lama waktu yang digunakan. A adalah luas permukaan dan Δp adalah $p - p_\infty$. p merupakan tekanan uap jenuh naptalin dipermukaan benda uji pada suhu ruang dan p_∞ adalah tekanan naptalin di aliran udara bebas ($= 0$). R adalah konstanta gas universal ($= 8314 \text{ N.m.kgmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), dan M_N adalah berat molekul naptalin (C_{10}H_8 , $C = 12,01$ dan $H = 1,008$). Temperatur dihitung berdasarkan temperatur udara lingkungan merata.

Tekanan uap naptalin p (N/m^2) merupakan fungsi temperatur T (K) dihitung dengan persamaan (Chang Ming Ling dkk., 1994):

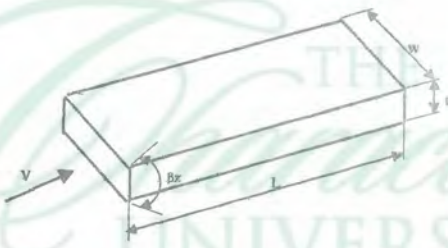
$$\log p = 13,564 - \frac{3729,4}{T} \quad (8)$$

dan bilangan Schmidt naptalin dihitung dengan persamaan:

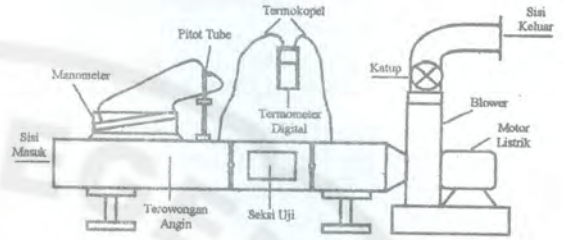
$$Sc = \frac{8,0743}{T^{0,2165}} \quad (9)$$

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah naptalin yang dicetak dalam bentuk plat (gambar 3) dengan lingir depan berbentuk persegi. Panjang plat divariasikan dari 6 cm hingga 21 cm.



Gambar 3. Geometri spesimen



Gambar 4. Skema pengujian

Spesimen berupa plat naptalin diuji dalam terowongan angin seperti pada gambar 4. Udara dihembuskan dengan kecepatan 8 m/s hingga 12,5 m/s dan dalam jangka waktu 30 menit hingga 90 menit. Pengukuran geometri menggunakan jangka sorong dan massa plat naptalin ditimbang pada timbangan digital. Pengukuran suhu menggunakan termokopel dan dibaca pada digital termometer. Pengukuran tekanan kecepatan aliran udara menggunakan tabung pitot dan dibaca pada manometer miring. Semua instrumen yang digunakan terkalibrasi sesuai dengan teknik standar yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Untuk memperkuat analisa dan prediksi koefisien perpindahan kalor pada sirip longitudinal dilakukan visualisasi aliran menggunakan *Smoke Tunnel*. Selanjutnya, bilangan Nusselt (Nu) dan bilangan Reynolds (Re) dihitung dengan:

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (10)$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (11)$$

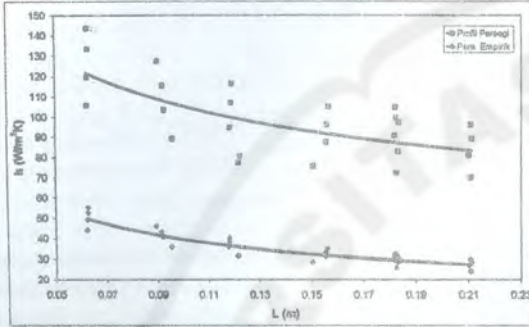
dimana panjang karakteristik (L) merupakan panjang total benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara koefisien perpindahan kalor (h) dengan panjang sirip (L). Data penelitian memperlihatkan bahwa besarnya nilai koefisien perpindahan kalor pada sirip longitudinal dengan lingir depan berbentuk persegi memberikan hasil yang berbeda dengan persamaan empirik (teori) yang dikembangkan dari persamaan (3).

Peningkatan koefisien perpindahan kalor pada sirip dengan lingir depan persegi cukup signifikan terhadap hasil empirik, namun mempunyai pola kecenderungan yang sama. Perbedaan tersebut disebabkan oleh pola aliran pada permukaan spesimen. Pada persamaan (1), terdapat beberapa asumsi yang digunakan untuk memprediksi nilai koefisien perpindahan kalor dimana pola alirannya adalah laminar. Sedangkan pada sirip dengan lingir depan berbentuk persegi dapat mengganggu aliran udara sehingga pola aliran menjadi

tidak teratur yang mengakibatkan tingginya nilai koefisien perpindahan kalor.

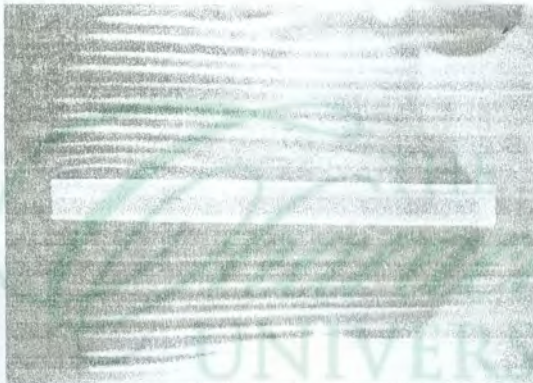


Gambar 5. Profil koefisien perpindahan kalor

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai koefisien perpindahan kalor pada sirip longitudinal lebih besar 2,76 kali dari hasil teoritik. Hal ini mengindikasikan bahwa sirip longitudinal dengan bentuk lingir depan yang tepat untuk desain praktis akan menghasilkan koefisien perpindahan kalor yang lebih baik.

Pengamatan fisik menunjukkan bahwa pengurangan massa yang terjadi pada permukaan sirip longitudinal dengan lingir depan persegi tidak seragam, dimana pada daerah yang tidak jauh dari lingir depan mengalami kehilangan massa yang cukup besar akibat efek pengerukan oleh resirkulasi aliran udara, sehingga membantu menaikkan koefisien perpindahan kalor.

Distribusi kecepatan aliran udara setelah melewati lingir depan ikut berpengaruh terhadap besarnya pengurangan massa dan masih terlihat efeknya pada peningkatan koefisien perpindahan kalor sampai pada jarak yang cukup jauh dari lingir depan. Hal ini disebabkan oleh perubahan pola aliran udara yang cukup signifikan di lingir depan seperti terlihat pada gambar 6.



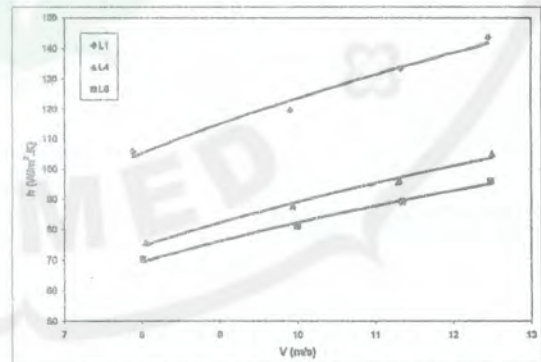
Gambar 6. Pola aliran fluida pada permukaan spesimen

Sesuai teori lapis batas bahwa aliran udara yang bergerak sepanjang lingir depan, tekanannya akan berkurang dengan meningkatnya kecepatan dan kemudian tekanan meningkat lagi dengan menurunnya kecepatan aliran

udara setelah melewati titik belok. Peningkatan tekanan tersebut memungkinkan terbentuknya daerah aliran terpisah (*separated flow-region*) sehingga terjadi resirkulasi aliran udara yang selanjutnya pola aliran menjadi tidak teratur dan acak yang mengakibatkan pengurangan massa bertambah sehingga koefisien perpindahan kalornya akan meningkat.

Dari gambar 5 terlihat pula bahwa peningkatan koefisien perpindahan kalor cenderung menurun dengan bertambahnya panjang sirip. Dapat diprediksi bahwa pada suatu jarak tertentu, nilai koefisien perpindahan kalor akan jenuh dan akhirnya mendatar sehingga tidak efektif lagi untuk proses perpindahan kalor. Hal ini menunjukkan bahwa proses perpindahan kalor hanya efektif pada jarak yang dekat dengan lingir depan.

Selain itu, peningkatan kecepatan aliran udara akan berpengaruh terhadap peningkatan koefisien perpindahan kalor, seperti terlihat pada gambar 7. Tampak bahwa pada kecepatan aliran udara yang lebih tinggi (V) 12,5 m/s, menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa pengurangan massa pada permukaan sirip akan meningkat akibat momentum fluida yang semakin besar. Momentum tersebut dihasilkan oleh gaya-gaya inersia yang semakin dominan pada permukaan sirip dengan meningkatnya kecepatan aliran udara dibanding gaya-gaya viskos.



Gambar 7. Hubungan koefisien perpindahan kalor terhadap kecepatan fluida



Gambar 8. Hubungan antara bilangan Nusselt (Nu) dengan bilangan Reynolds (Re)

Hubungan bilangan Nusselt dan bilangan Reynolds menggambarkan koefisien perpindahan kalor konveksi tak berdimensi sebagai fungsi bilangan Reynolds. Gambar 8 memperlihatkan hubungan tersebut dimana peningkatan bilangan Reynolds akan diikuti meningkatnya bilangan Nusselt. Dari data pengukuran dan setelah dilakukan perhitungan menggunakan regresi linier diperoleh korelasi antara bilangan Nusselt dengan bilangan Reynolds sebagai berikut:

$$Nu = 0,200 Re^{0,686}$$

Persamaan ini berlaku untuk rentang bilangan Reynolds dari 3×10^4 hingga $1,7 \times 10^5$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sirip longitudinal dengan lingir depan persegi mampu meningkatkan nilai koefisien perpindahan kalor secara signifikan. Peningkatan ini mencapai 2,76 kali dari hasil empirik. Hal ini dimungkinkan karena pola aliran dan distribusi kecepatan tidak seragam sepanjang permukaan sirip bahkan terjadi resirkulasi aliran.
2. Pada jarak tertentu dari lingir depan, koefisien perpindahan kalor cenderung turun dan akhirnya mendatar. Hal ini berarti bahwa proses perpindahan kalor hanya efektif pada daerah yang dekat dengan lingir depan.
3. Koefisien perpindahan kalor mengalami peningkatan dengan semakin besarnya kecepatan aliran udara. Demikian pula dengan bilangan Nusselt akan semakin besar jika bilangan Reynolds meningkat yang ditandai dengan persamaan hasil regresi : $Nu = 0,200 Re^{0,686}$.

Daftar Acuan

- [1] Burmeister, L. C., 1983, *Convective Heat Transfer*, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Chang-Ming Ling, Yuan-Yue Jin, Zhong-Qi Chen, 1994, Heat/Mass Transfer and Pressure Drop in Triangular – Rib – Roughened Rectangular Channel, *Int. Journal Heat and Fluid Flow*, Vol. 15, No. 6, hal. 486 – 490.
- [3] Chyu, M.K., Hsing Y., V. Natarajan, J.S. Chiou, 1999, Effect of perpendicular Flow Entry on convective Heat/Mass transfer from Pin – Fan Array, *Transaction of the ASME*, Vol. 121, hal. 668 – 674.
- [4] Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 1996, *Fundamentals of Heat Transfer*, Ed. 2, John Willey & Sons, New York.
- [5] Nassif, Naji J., Janna, William S., Jakobowski, Gerald S., 1995, Mass Transfer from a Sublimating Naphtaline Flat Plate to a Paralel Flow of Air, *Int. J. Heat-Mass Transfer*, Vol. 38, No. 4, hal. 691 – 700.
- [6] Rhine, J.M., Tucker, R.J., 1991, *Modelling of Gas Furred Furnaces and Boilers*, ed. 1, McGraw Hill Book Co., London.
- [7] Schlichting, H., 1979, *Boundary Layer Theory*, ed. 7, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- [8] Treybal, R.E., 1985, *Mass – Transfer Operation*, ed. 3, McGraw Hill Book Co., London.
- [9] Kearney, S.P., dan Jacobi, A.M., 1996, Local Convective Behavior and Fin Efficiency in Shallow Banks of in – Line and Staggered, Annularly Finned Tube, *Journal Of Heat Transfer*, Vol. 118, hal. 3178 – 326.