

Simulasi Performansi Heat Exchanger Type Shell And Tube Dengan Double Segmental Baffle Terhadap Helical Baffle

Anggareza Adhitiya dan Djatmiko Ichsani

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail : djatmiko@me.its.ac.id

Abstrak—Pada heat exchanger type shell and tube, selain penggunaan baffle yang bertujuan untuk mengarahkan aliran pada sisi shell juga bertujuan untuk meningkatkan laju perpindahan panas yang terjadi antara fluida kerja dengan cara menimbulkan olakan aliran di sisi shell. Olakan –olakan ini nantinya yang akan mempengaruhi besarnya perpindahan panas dalam sisi shell. Pada kondisi standart baffle yang digunakan pada tugas akhir ini adalah jenis double segmental. Double segmental baffle mempunyai tingkat pressure drop yang cukup besar. sehingga perlu di ganti dengan baffle jenis helical yang mempunyai pressure drop yang lebih kecil. Untuk mengetahui performansi heat exchanger maka perlu adanya penelitian lebih lanjut simulasi numerik pada baffle heat exchanger type shell and tube. agar didapat pengaruh jenis baffle yang di gunakan terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas dari suatu heat exchanger type shell and tube. Tugas Akhir ini menggunakan program GAMBIT 2.4.6 untuk penggambaran geometri secara tiga dimensi dan program FLUENT 6.3.26 untuk mensimulasi aliran yang terjadi di dalam shell and tube heat exchanger. Pada software FLUENT 6.3.26 digunakan permodelan 3D Steady Flow dengan memilih k – Epsilon RNG sebagai turbulence modeling serta mengaktifkan persamaan energy. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua variasi heat exchanger dengan jenis baffle yang berbeda. Heat exchanger type shell and tube dengan jenis double segmental baffle mempunyai nilai koefisien konveksi rata-rata = $218.408 \text{ w/m}^2\cdot\text{K}$. Sedangkan untuk helical baffle sebesar = $171.122 \text{ w/m}^2\cdot\text{K}$. Temperature outflow pada heat exchanger type shell and tube dengan jenis double segmental baffle = 306.745°K . Di ikuti dengan pressure drop sebesar = 2100 pascal Sedangkan untuk helical baffle mempunyai temperatur outflow sebesar = 307.022°K dengan pressure drop sebesar = 500 pascal.

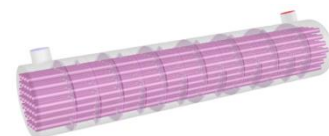
Kata Kunci—heat exchanger, shell, tube, baffle, double segmental, helical.

I. PENDAHULUAN

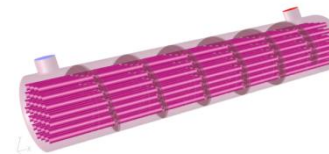
DALAM dunia teknik dan industri, khususnya dalam bidang konversi energi, *heat exchanger* atau alat penukar panas merupakan suatu alat yang sangat penting. Alat yang digunakan untuk memindahkan sejumlah energi dalam bentuk panas dari suatu fluida ke fluida yang lain yang memiliki perbedaan temperatur salah satu tipe *heat exchanger* yang umumnya dikenal adalah tipe *shell and tube*.



Gambar 1. Heat Exchanger



a. Double segmental baffle

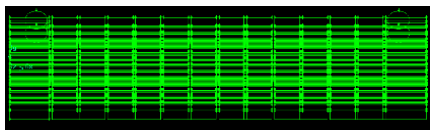


b. Helical baffle

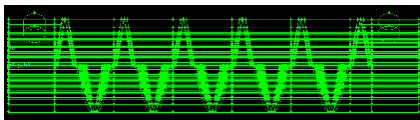
Gambar 2. Jenis baffle yang digunakan dalam penelitian (a) Double segmental baffle, (b) Helical baffle

Shell and tube heat exchanger terdiri dari *shell* (selongsong luar) dan didalamnya terdapat *tubes* (tabung-tabung kecil). Fluida yang memiliki perbedaan temperatur, mengalir didalam *shell* dan di dalam *tubes* dimana kedua fluida tersebut tidak bercampur satu dengan yang lain. Arah aliran dari kedua fluida bisa terjadi secara *parallel*, *counter*, *cross* maupun campuran. Aliran paralel terjadi ketika kedua fluida masuk dari arah yang sama, mengalir ke arah yang sama dan keluar melalui arah yang sama pula, untuk aliran *counter* terjadi ketika kedua fluida masuk dari arah yang berlawanan, mengalir dengan arah yang berlawanan, dan mengalir dengan outlet yang berlawanan, sedangkan untuk aliran *cross* terjadi ketika salah satu fluida mengalir secara tegak lurus terhadap fluida yang lain. Dan untuk aliran campuran adalah aliran gabungan dari beberapa tipe aliran tersebut.

Penelitian terkait dengan simulasi numeric alat penukar panas telah dilakukan oleh Sean. X, Ming Peng, dan Leland. M (2005) telah melakukan penelitian dengan judul *CFD Simulation of baffle on Mass Transfer in a Slit-Type Pervaporation Module*.

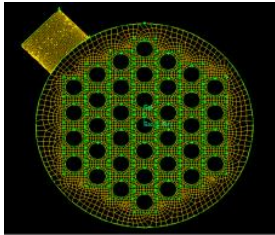


a. Geometri dan dimensi Double segmental baffle

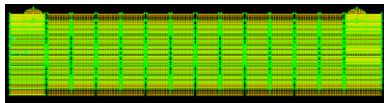


b. Geometri dan dimensi Helical baffle

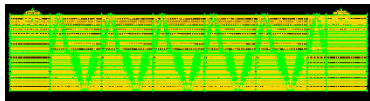
Gambar 3. Geometri dan dimensi



Gambar 4. Heat Exchanger tampak kanan



Gambar 5. Meshing pada Heat Exchanger dengan menggunakan double segmental baffle



Gambar 6. Meshing pada Heat Exchanger dengan menggunakan helical baffle

Peneliti di atas bertujuan mengkaji pengaruh variasi jarak dan ketinggian *baffle* terhadap efisiensi dari perpindahan massa yang terjadi pada suatu proses pervingorasi pada suatu membran (*polydimethylsiloxane membrane*). Pervingorasi itu sendiri adalah suatu proses pemisahan berdasarkan perbedaan tekanan dengan menggunakan membran (*non-porous membrane*) guna memisahkan kandungan yang terlarut dari suatu cairan liquid). Umumnya sering sekali digunakan pada proses pemisahan zat-zat kimia. Kemudian pada tahun 2008 Badruz Zaman melakukan penelitian yang berjudul “Studi Numerik Pengaruh Bentuk dan Jarak *Impingement Plate* terhadap Karakteristik Perpindahan Panas pada *Tube Header Shell and Tube Heat Exchanger*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk *impingement plate* terhadap karakteristik perpindahan panas di dalam *tube bundle heat exchanger* dengan menggunakan software FLUENT. Variasi bentuk plat yang dipakai adalah plat V-U, plat I, dan plat V-D. Masing-masing bentuk plat divariasikan jaraknya terhadap nozzle inlet dengan L/D sebesar 0,2;0,32; dan 0,44. Tahun 2010 Ender Ozden dan Ilker Tari dengan judul *Shell Side CFD Analysis of a Small Shell and Tube Heat Exchanger*, kedua peneliti di atas melakukan simulasi numerik menggunakan software GAMBIT dan FLUENT. Geometri benda yang dimodelkan secara tiga dimensi berupa shell and tube heat exchanger berukuran kecil.



a. Double Segmental baffle (Range temperature 303^o-309^oK)

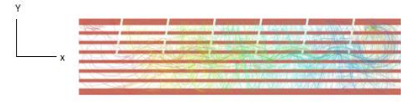


b. Helical baffle (Range temperature 303^o-309^oK)

Gambar 7. Kontur temperature 3D untuk kedua jenis baffle

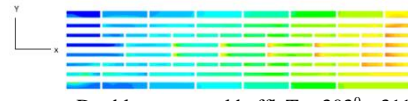


a. Double segmental baffle (Vin = 1.2 m/s)



b. Helical baffle (Vin = 1.2 m/s)

Gambar 8. Visualisasi Pathline dengan laju alir massa = 96.5095 kg/s



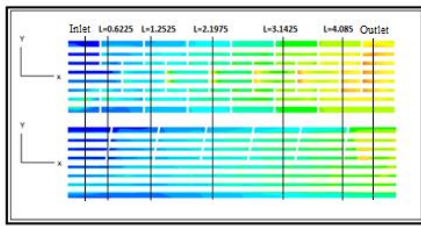
a. Double segmental baffle T = 303^o – 311.6^o K



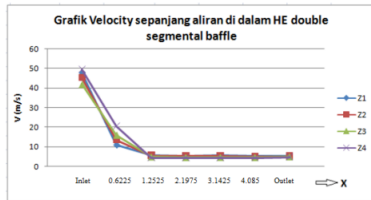
b. Helical baffle T = 303^o – 311.6^o K

Gambar 9. Kontur Temperatur pada bidang z = 0 dengan laju alir massa 96.50958 kg/s

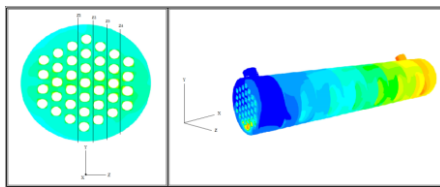
Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan pengaruh yang terjadi pada sisi shell berupa koefisien konveksi dan penurunan tekanan akibat adanya variasi *baffle cut* sebesar 25 % dan 36 % serta akibat adanya variasi *baffle spacing* (6,8,10 dan 12 buah *baffle*). Di tahun yang sama pula Nur Ikhwan melakukan penelitian dengan judul “Validasi Permodelan Heat Exchanger Dalam Computational Fluid Dynamics”. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi kemampuan software fluent untuk memprediksi perpindahan panas didalam heat exchanger. Simulasi menggunakan pemodelan *heat exchanger*, turbulensi (*k-ε Standard*, *k-ε RNG*, *k-ε Relizable*, *k-ω Standard*, *k-ε SST* dan *RSM*), *porous medium* dan *laminar zone*. Hasil simulasi perpindahan panas menunjukkan bahwa pemodelan turbulensi *k-ε RNG* dan *RSM* memiliki penyimpangan yang paling kecil (8.6 %) bila dibandingkan dengan model lain (9.7%). A.A Gde Rai Supartha pada tahun 2011 melakukan penelitian yang berjudul “ Studi Numerik Pengaruh Jarak *Baffle* Terhadap Karakteristik Aliran Dan Perpindahan Panas pada *Shell and Tube Heat Exchanger*”. Penelitian tersebut bertujuan Untuk Mengetahui Pengaruh dari variasi *baffle spacing* Terhadap nilai temperatur keluaran fluida. Variasi *Baffle Spacing* (tanpa *baffle*, 3 *baffle*, dan 5 *baffle*). Untuk semua variasi yang direncanakan tersebut, rasio potongan *baffle* (*baffle cut* yang digunakan sebesar 24,43%).



Gambar 10. Kontur Temperatur di titik L = Inlet, L = 0.6225, L = 1.2525, L = 2.1975, L = 3.1425, L = 4.085 dan L = 4.42.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Temperatur pada L = Inlet, L = 0.6225, L = 1.2525, L = 2.1975, L = 3.1425, L = 4.085, L = Outlet. Pada double segmental dan helical baffle



Gambar 12. Koordinar arah x,y,z pada Heat Exchanger

Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan simulasi untuk mengetahui performansi intercooler *heat exchanger* yang di design ulang dengan menggunakan software gambit dan Fluent, dimana nantinya tinjauan dikhususkan pada *shell and tubenya*. Permasalahan yang didapat dalam tugas akhir ini adalah bagaimana menentukan panjang *tube* yang ideal untuk variasi *baffle* yang digunakan. Bagaimana menentukan batas (*boundary condition*) dan (*turbulence modelling*) yang tepat untuk permodelan dalam simulasi FLUENT.

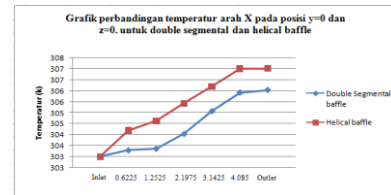
Secara umum tujuan penelitian ini adalah Mengetahui visualisasi profil aliran secara keseluruhan maupun visualisasi secara lokal berupa kontur temperatur, kontur kecepatan, vektor kecepatan dan kontur *pathline* yang terjadi akibat pengaruh type baffle. Mengetahui pengaruh dari tipe baffle terhadap Visualisasi dan temperatur keluaran fluida (*water*). Melakukan analisa secara perpindahan panas terhadap hasil visualisasi serta nilai yang didapatkan dari penelitian.

II. METODE PENELITIAN

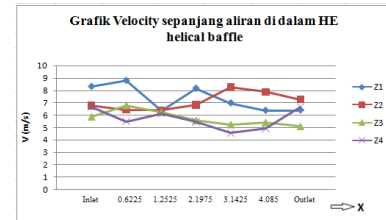
Pada penelitian ini akan membandingkan dua buah heat exchanger dengan 2 type baffle yang berbeda (*Double segmental baffle* dan *Helical baffle*). Untuk type baffle double segmental mempunyai potongan baffle sebesar 50 %, dan untuk type baffle helical mempunyai potongan baffle 25% yang disusun secara melingkar.

A. Pembuatan Model (Geometry Set Up).

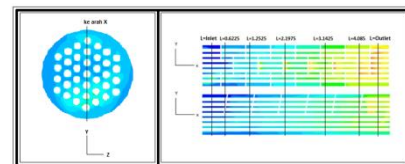
Proses menggambar bentuk geometri model dari *shell and tube heat exchanger* dengan menggunakan software GAMBIT.



Gambar 13. Grafik velocity sepanjang aliran di dalam HE double segmental baffle



Gambar 14. Grafik velocity sepanjang aliran di dalam HE helical baffle



Gambar 15. Koordinat pada y = 0, z = 0, kearah x

Secara garis besar geometri pada GAMBIT dapat dibuat dengan dua teknik yang nantinya bisa saling dikombinasikan, yaitu teknik *Bottom-Up* dan Teknik *Top-Down*.

Untuk *Bottom up* adalah pembuatan geometri yang dimulai dari pembuatan entiti yang paling dasar, yaitu membuat titik, kemudian dari kumpulan titik menjadi garis, kumpulan garis menjadi bidang, dan kumpulan bidang menjadi suatu *volume*. Sedangkan *Top-Down* adalah pembuatan geometri yang dimulai dari pembuatan entiti yang paling tinggi, yaitu dari membuat *volume/ bidang* sesuai dengan bentuk dasar yang telah disediakan oleh GAMBIT (*face/volume primitives*)

B. Meshing

Pembuatan *mesh* elemen hingga (*meshing*) adalah pembagian model solid menjadi elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen tersebut.

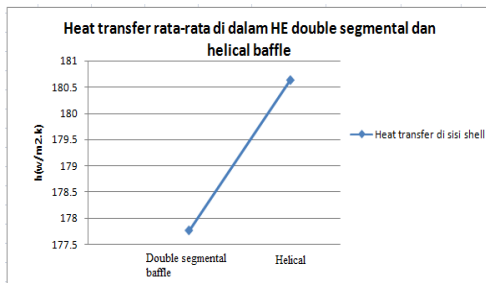
C. Memilih Solver

Pada saat membuka FLUENT terdapat pilihan untuk menggunakan solver 2D/3D dengan keakuratan tunggal atau ganda (*single precision/ double precision*). Secara umum, solver single precision cukup akurat untuk berbagai kasus, tetapi untuk beberapa kasus tertentu akan lebih baik menggunakan *solver double precision*.

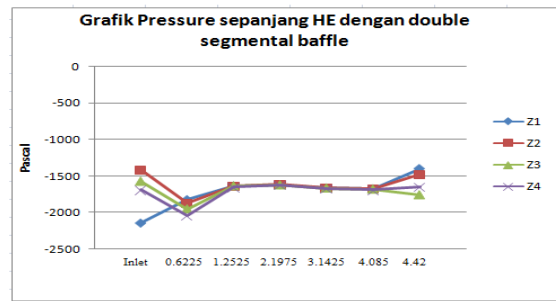
D. Memilih Formulasi Solver

Fluent menyediakan tiga formulasi *solver*, yaitu :

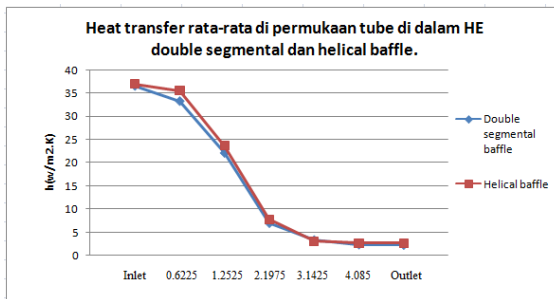
- ✓ *Segreagated*
- ✓ *Coupled Implising*
- ✓ *Coupled Eksplisit*



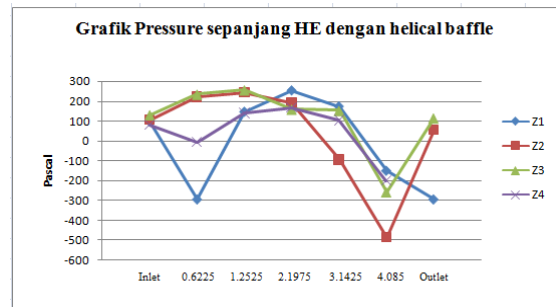
Gambar 16. Grafik h rata-rata di dalam HE double segmental baffle dan helical baffle



Gambar 18. Grafik pressure double segmental baffle



Gambar 17. Grafik heat transfer rata-rata di permukaan tube di dalam HE double segmental dan helical baffle



Gambar 19. Grafik pressure helical baffle

Formulasi *solver segregated* dan *coupled* mempunyai perbedaan pada cara penyelesaian persamaan kontinuitas, momentum, dan energi. *Solver segregated* menyelesaikan persamaan tersebut secara bertahap (terpisah antara satu persamaan dengan persamaan yang lain), sementara *solver coupled* menyelesaikan semua persamaan secara bersamaan. *Solver coupled implisit* dan *eksplisit* sendiri mempunyai perbedaan pada cara melinierkan persamaan yang akan diselesaikan. Pada penelitian ini digunakan *solver segregated* untuk menyelesaikan persamaan yang ada.

1) Turbulence Modelling

Validasi pada penelitian ini mengambil referensi pada penelitian terdahulu yang digunakan oleh Ender Ozden dan Ilker Tari.

2) Input Boundary Condition

Berbagai macam kondisi didefinisikan pada inlet mulai dari kecepatan, temperatur, tekanan, laju aliran. Sedangkan pada outlet biasanya didefinisikan sebagai kondisi dimana fluida tersebut keluar dari *domain* atau dalam suatu aplikasi CFD merupakan nilai yang didapat dari semua variable yang didefinisikan dan *dixtrapolasi* dari titik (*nodal*) atau sel sebelumnya.

3) Materials (Fluida dan tube)

Yaitu menentukan jenis material yang digunakan beserta dengan sifat dan *properties*nya.

4) Initialize

Initialize merupakan tebakan awal agar lebih memudahkan proses iterasi untuk mencapai kondisi konvergen.

5) Iterasi

Iterasi adalah proses perhitungan yang berulang-ulang dari kondisi batas yang diberikan sampai konvergensi tercapai. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan kondisi batas dan persamaan-persamaan teoritis. Pada penelitian ini digunakan residual konvergensi 10^{-5} .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses iterasi telah selesai dilakukan, maka akan didapatkan gambar hasil visualisasi tiga dimensi dilengkapi dengan kontur beserta nilai-nilai variable yang dibutuhkan untuk analisa selanjutnya (temperatur, velocity, pathline, dsb). Data tiga dimensi tersebut dapat juga diolah menjadi dua dimensi agar mempermudah analisa di bab ini. Gambar 4.1 menunjukkan contoh gambar pendistribusian pathline dan temperature didalam heat exchanger type shell and tube.

Analisa awal yang akan dibahas adalah visualisasi atau fenomena pathline yang terjadi didalam heat exchanger. Lalu dilanjutkan dengan temperature, Kecepatan (*velocity magnitude*), heat transfer, dan pressure drop yang ada pada dua jenis *baffle* di dalam heat exchanger type *shell and tube* tersebut.

A. Visualisasi Pathline

Dari Gambar 8 dapat terlihat pengaruh pola baffle spacing terhadap aliran yang terbentuk di dalam sisi shell dalam visualisasi bentuk aliran pathline. Pada variasi double segmental baffle mempunyai olakan meliuk-liuk dari arah atas dan bawah yang bertabrakan satu dengan yang lain. Untuk variasi helical baffle olakan yang terjadi memutar mengikuti kontur sisi dalam shell. Back flow atau aliran balik merupakan aliran yang terjadi di dekat baffle setelah aliran menumbuk dinding baffle. Pada double segmental baffle sering terjadi fenomena aliran balik ini. Sedangkan pada variasi helical baffle jarang sekali terjadi aliran balik.

B. Kontur Temperatur

Dari Gambar 9 di atas kita dapat melihat dengan seksama bagaimana pengaruh type baffle terhadap distribusi temperature dari aliran fluida yang divisualisasikan secara

dua dimensi. Adanya kenaikan temperatur sepanjang sisi shell pada jenis double segmental baffle dikarenakan velocity yang lebih besar menyebabkan perpindahan panas yang besar pula. Sehingga temperature di dalam heat exchanger dengan helical baffle lebih tinggi daripada helical baffle. Temperature diambil pada titik $L = 0.3(\text{Inlet})$, $L = 0.6225$, $L = 1.2525$, $L = 2.1975$, $L = 3.1425$, $L = 4.085$ dan $L = 4.42(\text{Outlet})$.

Gambar 10 di atas memperlihatkan temperatur di beberapa panjang tertentu pada heat exchanger type shell and tube dengan dua variasi baffle yang berbeda. Dari grafik tersebut terlihat kenaikan temperature pada tiap jarak tertentu dalam heat exchanger. Dimulai pada jarak 0.6225, kenaikan temperatur mulai terjadi secara perlahan namun pasti. Kenaikan temperatur diatas pada tiap jarak tersebut dipengaruhi oleh bentuk baffle yang digunakan. Dan dapat kita lihat bahwa baffle helical menghasilkan temperatur lebih tinggi dibandingkan double segmental baffle. Gambar 11 menunjukkan temperatur di beberapa titik dari fluida dingin yang mengalir didalam shell. Dimana dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai temperatur fluida dingin yang mengalir di dalam shell didapat semakin naik seiring jarak antar titik didalam shell heat exchanger. Dari perumusan : $Q = \dot{m}.C_p.(T_s - T_\infty)$

Untuk nilai \dot{m} dan T_∞ yang konstan serta nilai c_p yang tidak terlalu berubah secara significant seiring perubahan ΔT . maka dengan naiknya nilai T_∞ harus dikompensasi dengan adanya penurunan nilai q transfer (transfer panas). Sehingga dari perumusan tersebut dapat disimpulkan bahwa double segmental menghasilkan perpindahan panas yang lebih baik dari helical baffle dari tube ke dalam sisi shell.

C. Kontur Kecepatan (Velocity magnitude)

Pada trend grafik double segmental baffle titik inlet menuju titik 0.6225 memiliki trend grafik yang menurun cukup signifikan dan berangsur-angsur stabil dititik berikutnya hingga menuju outlet. Sedangkan pada helical baffle dapat mempunyai trend grafik yang naik dan menurun cukup significant. Dapat kita lihat di beberapa titik. Grafik naik lalu menurun cukup drastis di beberapa titik dan berakhir dengan penurunan velocity pada outlet. Dari data diatas dapat kita simpulkan double segmental memiliki turbulensi velocity yang lebih baik dalam membantu perpindahan panas di dalam heat exchanger. Untuk mengetahui pola aliran didalam shell heat exchanger maka dapat kita rumuskan : $V_s = \frac{\dot{m}}{\rho . A_s}$. Sesuai dengan perumusan diatas, untuk nilai \dot{m} yang konstan dan nilai dari A_s yang di hitung dari susunan tube yang staggered. Dengan adanya kenaikan temperatur sepanjang sisi shell maka dihasilkan perubahan ρ yang semakin naik diakibatkan fluida menjadi lebih panas karena adanya transfer panas dari tube ke fluida dalam sisi shell. Dengan kata lain semakin panas fluida akan mempengaruhi kecepatan fluida didalam shell.

D. Koefisien konveksi pada double segmental dan helical baffle

Dari trend grafik diatas dapat kita lihat dapat kita lihat ho rata-rata heat exchanger dengan menggunakan double

segmental baffle mempunyai heat transfer yang lebih tinggi dari helical baffle. Aliran fluida dingin dengan temperatur 303°K. pertama kali masuk melalui nozzle inlet dengan kemiringan 45° dengan laju alir massasebesar 96.50958333kg/s menumbuk tube pada baris pertama tepat pada titik stagnasi (Titik stagnasi = 45°). Dari titik stagnasi aliran fluida dingin bergerak mengikuti bentuk profil dari tube sambil menyerap sejumlah kalor yang berada pada permukaan tube yang di lewati. Kalor yang diserap oleh fluida dingin dalam sisi shell diakibatkan karena permukaan tube mempunyai temperatur yang lebih tinggi dari temperatur fluida dingin dalam sisi shell. Nilai koefisien konveksi dalam hal ini sebanding dengan nilai temperatur permukaan tube (T_s). Seperti tertulis dalam perumusan : $h = \frac{q''}{[T_s - T_\infty]} = \frac{q''}{\Delta T}$. Sesuai dengan perumusan diatas, untuk nilai q'' yang konstan dan T_s sebesar 308°K, maka didapatkan perubahan T_∞ yang semakin meningkat. Pada saat aliran fluida dingin dalam sisi shell yang melewati tube yang mempunyai q'' konstan maka aliran fluida dingin yang menuju ke arah outflow banyak menyerap kalor dari tube yang dilewati sehingga Δh menjadi semakin kecil maka harga heat transfer menjadi semakin kecil pula.

E. Koefisien konveksi pada sisi tube

Gambar 17 di atas menunjukkan pengaruh jenis baffle terhadap koefisien konveksi rata – rata dari permukaan luar tube. Dari grafik diatas dapat dilihat perbedaan nilai koefisien konveksi rata-rata antara kedua baffle. Hal ini dikarenakan dengan adanya arah olakan yang berbeda pada tiap baffle yang digunakan. Peningkatan kecepatan yang terjadi pada tiap jenis baffle yang digunakan tentunya berdampak terhadap meningkatnya koefisien konveksi rata-rata sisi shell (h_o). Hal tersebut berdasarkan persamaan : $h_o = \frac{Nu_o.k}{De}$. di mana k adalah konduktivitas fluida dan De adalah diameter ekuivalen maka h akan sangat dipengaruhi oleh Nusselt number. Sedangkan Nusselt number adalah fungsi dari Reynolds number dan Prandtl number. Apabila nilai kecepatan fluida mengalami peningkatan maka tentunya Reynolds number akan mengalami peningkatan pula, sehingga pada akhirnya nilai koefisien konveksi rata-rata meningkat.

F. Pressure Drop

Pada gambar 18 dan 4.19 dapat kita lihat perbedaan tekanan di tiap titik yang cukup significant. Pada double segmental baffle pressure di beberapa titik awal mempunyai penurunan tekanan yang sangat besar hingga mencapai -2100 pascal. Pada titik selanjutnya tekanan mulai stabil di kisaran antara -1700 sampai -1500 pascal. Sedangkan untuk helical baffle temperatur turun paling rendah hanya mencapai – 500 pascal, kemudian dititik akhir kembali naik di kisaran 100 pascal. Dari data grafik diatas dapat kita simpulkan double segmental baffle mempunyai pressure drop paling rendah dibandingkan dengan helical baffle.

IV. KESIMPULAN

Sebuah studi numerik mengenai pengaruh variasi type baffle terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas pada heat exchanger type shell and tube dengan variasi double segmental baffle dan helical baffle. maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Heat exchanger dengan tipe double segmental baffle mempunyai keluaran temperature = 306.745°K . Sedangkan temperatur pada helical baffle = 307.022°K .
2. Kecepatan rata-rata sepanjang aliran dalam shell heat exchanger dengan double segmental baffle = 5 m/s. Dan untuk helical baffle sebesar = 6 m/s
3. Nilai koefisien konveksi rata-rata pada heat exchanger tipe baffle double segmental = $218.408 \text{ w/m}^2.\text{K}$. dan untuk helical baffle h_o rata-rata sebesar = $171.122 \text{ w/m}^2.\text{K}$
4. Pressure drop untuk double segmental baffle turun hingga mencapai – 2100 pascal. Sedangkan pressure drop pada helical baffle hanya turun sekitar -500 pascal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Incopera, Frank.P, and Dewitt, David.P., 2002,"*Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th edition*",Singapore : John Wiley & Sons.
- [2] Kern, Donald. Q.,1965, "*Process Heat Transfer*", New York : Mc Graw-Hi Book Company.
- [3] J.P. Holman ,2002,"*Heat Transfer, 9th edition*",New York : Mc Graw-Hill Companies.
- [4] Kuppan, T., 2000, "*Heat Exchanger Design Handbook*", New York : Marcel Dekker. Inc.
- [5] Ozden, E., and Tari, I., 2010, "*Shell Side CFD of a Small Shell and Tube Heat Exchanger*", International Journal pf Energy Conversion and Management.
- [6] Bejan, Adrian., and Krauss, Allan.D., 2003,"*Heat Tranfer Handbook*", New Jersey : John Wiley & Sons.
- [7] Kakaç, Sadik., and Liu, Hongtan., 1998,"*Heat , SELECTION,RATING, and THERMAL DESIGN*", Boca Raton Boston London New York Washington. D.C. : CRC Press.
- [8] Tuakia, F., 2008,"*Dasar-Dasar CFD menggunakan FLUENT*": Informatika Bandung.,2008.
- [9] Sean., Peng,M., and M, Leland., 2005, "*CFD Simulation of Baffle on Mass Transfer in a Slit-Type Pervaporation Module*", International Journal of Energy Conversion and Management.
- [10] TUBULAR EXCHANGER MANUFATURERS , Inc. 2007. *STANDARDS OF TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION 9th Edition*, New York : s.n., 007.
- [11] Zaman, B., 2008, "*Studi Numerik Pengaruh Bentuk Jarak Impigement Plate Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Pada Tube Header Shell and Tube Heat Exchanger*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.
- [12] Ikhwan, Nur., 2010, "*Validasi Permodelan Heat Exchanger Dalam Computational Fluid Dynamics*". Research Institutions and Community Service, ITS, Surabaya, Indonesia.
- [13] Supartha. A.A. Gde Rai., 2011 "*Studi Numerik Pengaruh Jarak Baffle Terhadap Karakteristik Aliran Dan Perpindahan Panas Pada Shell And Tube Heat Exchanger*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.
- [14] http://en.shhq.cc/InfoContent/&id=91c1e299-9f79-46e7-a4a1-7440f54f0947&comp_stats=comp-FrontInfo_listMultiPage-001.html