

Studi Numerik Pengaruh *Baffle Spacing* Jenis *Double Segmental* terhadap Aliran Fluida dan Perpindahan Panas pada *Shell and Tube Heat Exchanger*

Dimas Naryama Indrastoto dan Bambang Arip Dwiyanoro
Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)
e-mail: bambangads@me.its.ac.id

Abstrak—Masalah *Heat exchanger* di PLTA disebabkan oleh air sungai sebagai fluida pendingin terpengaruh oleh kondisi lingkungan sehingga dapat menyebabkan *fouling*. Salah satu cara mengatasi dengan menggunakan model *double segmental baffle* karena menghasilkan lebih banyak turbulensi yang dapat mengurangi terdepositnya *fouling*. Akan tetapi, standar TEMA ataupun pendekatan teoritis tidak mengatur secara spesifik untuk model tersebut sehingga harus dicari konfigurasi yang optimal. Dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *baffle spacing* terhadap aliran fluida, perpindahan panas, dan *pressure drop* STHX dengan jenis *double segmental baffle*. Penelitian studi numerik CFD menggunakan ANSYS Fluent dengan memvariasikan jarak *baffle* 55 mm, 45 mm, dan 35 mm pada 90 mm diameter shell dengan *mass flow rate* fluida shell divariasikan 0.5 kg/s, 1 kg/s, dan 2 kg/s sedangkan *mass flow rate* fluida tube konstan 0.85 kg/s. Hasil simulasi CFD menunjukkan terdapat pengaruh pada turbulensi dan kecepatan pada *baffle*. Semakin kecil *baffle spacing* akan menghasilkan vortex dan streamline yang lebih kecil sehingga terjadi peningkatan kecepatan aliran pada *cross flow split baffle* dan *central baffle*. Terjadi peningkatan kecepatan aliran rata-rata sebesar 0.9% pada *spacing* 45 mm dan 2.5% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Semakin kecil *baffle spacing* berpengaruh pada perpindahan panas dengan meningkatnya *heat transfer coefficient*. Variasi *mass flow rate* menghasilkan peningkatan *h* lokal rata-rata *overall* sebesar 6.26% pada *spacing* 45 mm dan 12.67% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Adapun pengecilan *baffle spacing* berpengaruh pada peningkatan *pressure drop*. Pada *pressure drop* lokal, variasi *mass flow rate* mengalami peningkatan rata-rata sebesar 3.1% pada *spacing* 45 mm dan 9% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Pada *pressure drop overall*, mengalami peningkatan rata-rata pada *spacing* 45 mm sebesar 21.43% dan 47.07% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm.

Kata Kunci—*Double Segmental Baffle, Baffle Spacing, CFD*.

I. PENDAHULUAN

Heat exchanger merupakan sub sistem yang penting dalam sebuah sistem industri yang berfungsi melakukan perpindahan energi panas. *Heat exchanger* jenis *shell and tube* merupakan model yang paling sering digunakan di industri skala besar seperti di pembangkit listrik, perminyakan, refrigerasi, dll. Performa dan kerugian dari *heat exchanger* merupakan pertimbangan yang penting dalam mendisain sebuah sistem. Efektifitas performa dari *shell and tube heat exchanger* dapat dipengaruhi dengan penerapan konfigurasi komponen *heat exchanger* salah satu cara dengan pengaturan jarak *baffle*.

Heat exchanger pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) memanfaatkan air sungai. Air sungai digunakan untuk mendinginkan air demineral yang panas akibat mendinginkan oli pada *oil cooler*. Permasalahan kualitas air sungai memiliki keterkaitan terhadap kondisi lingkungan pada air

sungai tersebut yang dapat menyebabkan *fouling*. Contoh kasus terjadi di PLTA Koto Panjang, Riau yang memanfaatkan air Sungai Kampar. Sungai Kampar dijadikan tempat untuk keramba ikan sehingga menghasilkan residu-residu yang mengotori air sungai. Air sungai yang kotor sebagai fluida pendingin menyebabkan tidak tercapainya desain temperatur dari *heat exchanger* sehingga akan berpengaruh pada efektifitas sistem maupun pada lingkungan dimana fluida pendingin dikembalikan ke sungai. *Fouling* dipercaya dapat diatasi dengan *heat exchanger* yang menggunakan model *baffle double segmental* karena meningkatkan jumlah intensitas turbulen dan meminimalisir zona stagnan dimana deposit *fouling* terjadi.

Variasi pada konfigurasi *baffle heat exchanger* sudah dilakukan penelitian oleh Bickhar et al (2018) yang mempelajari karakteristik aliran dari model *baffle single segmental, double segmental, dan helical*. Didapatkan bahwa *double segmental baffle* memiliki keunggulan dalam *pressure drop* yang lebih rendah dibanding model *baffle konvensional* [1].

Penelitian mengenai *baffle spacing* dilakukan oleh Martić & Milovanovic (2020) mensimulasikan mengenai pengaruh variasi *baffle cut* dan *baffle spacing* terhadap *pressure drop, kecepatan fluida, daya perpindahan panas, dan overall heat transfer coefficient* pada *single segmental shell and tube heat exchanger*. Penelitian dengan memvariasikan *baffle spacing* 0.15 hingga 1 diameter shell. Hasil penelitian menunjukkan semakin kecil *baffle spacing* akan meningkatkan *overall heat transfer coefficient* dan *pressure drop* [2]. Penelitian mengenai *baffle spacing* secara eksperimen dan simulasi dilakukan oleh Zebua & Ambarita (2019). Variasi penelitian berupa 0.15, 0.32, dan 0.38 diameter shell dan variasi inlet fluida panas. Hasil penelitian secara simulasi dan eksperimen menunjukkan semakin kecil *baffle spacing* akan meningkatkan *heat transfer coefficient* serta efektifitas [3].

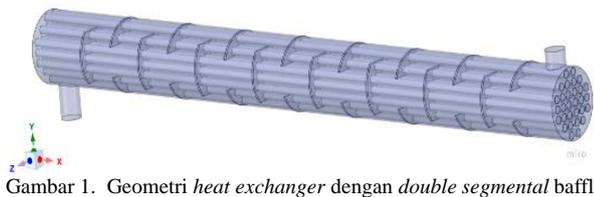
II. METODE PENELITIAN

A. Studi Literatur

Mempelajari publikasi mengenai penelitian variasi jarak antar *baffle heat exchanger* terhadap alur penelitian, metode penelitian, material, geometri, dan luaran dari penelitian sebagai referensi dalam menjalankan penelitian.

B. Pemodelan Geometri

Pada penelitian ini, tahap pemodelan geometri dilakukan di *software SOLIDWORK*. Pembuatan geometri *heat exchanger* yang digunakan pada penelitian ini mereferensi dari beberapa penelitian sebelumnya, perhitungan secara teoritis, dan pemodelan pendekatan numerik dengan empiris.



Gambar 1. Geometri heat exchanger dengan double segmental baffle.

Tabel 1. Spesifikasi geometri heat exchanger penelitian

Parameter Desain	Nilai
Model shell and tube	Single pass & counter flow
Shell diameter	90 mm
Tube diameter	10 mm
Panjang tube	1000 mm
Jumlah tube	30
Tube pattern	Square (90°)
Split baffle cut	40%
Central baffle cut	30%
Tebal baffle	3 mm
Jarak antar baffle	35 mm, 45 mm, 55 mm
Jumlah baffle	16, 20, 24

Geometri yang tercipta ditunjukkan pada Gambar 1 dengan spesifikasi pada Tabel 1.

Pemilihan *baffle spacing* 0.4, 0.5, dan 0.6 diameter shell merupakan referensi optimum dari Kakac (2012) [4].

C. Meshing

Meshing merupakan pendiskritan geometri menjadi elemen-elemen untuk dilakukan perhitungan matematis secara numerik. *Meshing* penelitian ini menggunakan software ANSYS Workbench dengan membagi geometri menjadi 3 bagian untuk dilakukan meshing yang berbeda. Pada shell body, meshing dilakukan dengan *body sizing*, *edge sizing*, dan *method: multizone hexa*. Pada tube, meshing dilakukan dengan *body sizing*, *edge sizing*, *method: multizone hexa*, dan *face meshing*. Pada shell inlet & outlet, meshing dilakukan dengan *body sizing* dan *method: sweep*.

D. Processing

Processing merupakan tahap dimana aktivitas penyelesaian masalah oleh software solver CFD. Penyelesaian masalah ini dilakukan secara diskrit menggunakan algoritma software ANSYS FLUENT. Sebelum dilakukan penyelesaian diperlukan menentukan batas-batas operasi pada ANSYS FLUENT.

1) Setup Models

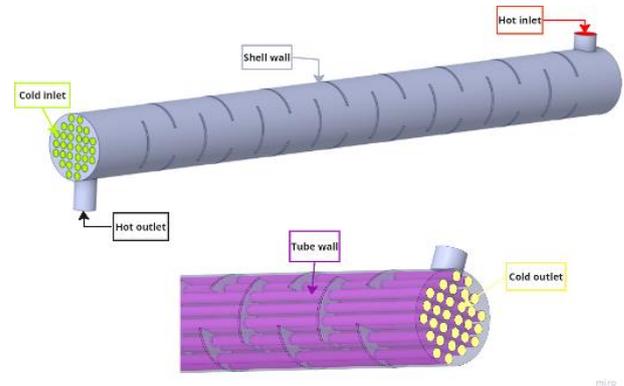
Pada penelitian ini setup dengan model energy on dikarenakan terdapat perpindahan panas dan model viscous berupa *k-ε Realizable dengan scallable wall* memberikan performa bagus untuk aliran yang melibatkan putaran, lapisan batas yang mempunyai gradien tekanan yang besar, separasi dan resirkulasi.

2) Material

Fluida yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada data sheet pembuatan heat exchanger PLTA Koto Panjang oleh PLN Pusharlis.

3) Cell Zone Condition

Cell zone condition fluid didefinisikan dengan Air Sungai Kampar sebagai fluida dingin dan Air Demineral sebagai fluida panas.



Gambar 2. Boundary condition geometri heat exchanger.

4) Boundary Condition

Boundary condition diterapkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 yaitu pada *hot inlet* berupa *mass flow rate* sebesar 0.5, 1, dan 2 kg/s dan temperatur yaitu 308 K. Pada *cold inlet* berupa *mass flow rate* sebesar 0.85 kg/s dan temperatur yaitu 300 K. Pada *hot & cold outlet* berupa *pressure-outlet*. Pada dinding shell berupa *wall* dengan *heat flux* 0 W/m² karena sistem *adiabatic* dan pada dinding tube berupa *wall* dengan *coupled* karena terjadi perpindahan panas antara fluida shell dengan fluida tube.

E. Post Processing

Pengambilan data hasil simulasi dilakukan di tengah antara split-central baffle, di kecepatan tertinggi *cross flow* antara central-split baffle, dan *parallel flow* di tengah antara split-central baffle. Luaran dari simulasi CFD dengan software ANSYS pada penelitian ini berupa karakteristik aliran fluida, kontur temperatur dan tekanan, *pressure drop* di shell, temperatur lokal fluida shell, *heat flux* lokal dinding tube, dan tekanan lokal fluida shell. Berdasarkan data hasil simulasi, akan didapatkan grafik temperatur drop fluida shell, *heat flux*, *heat transfer coefficient* fluida di shell, dan *pressure drop* fluida shell.

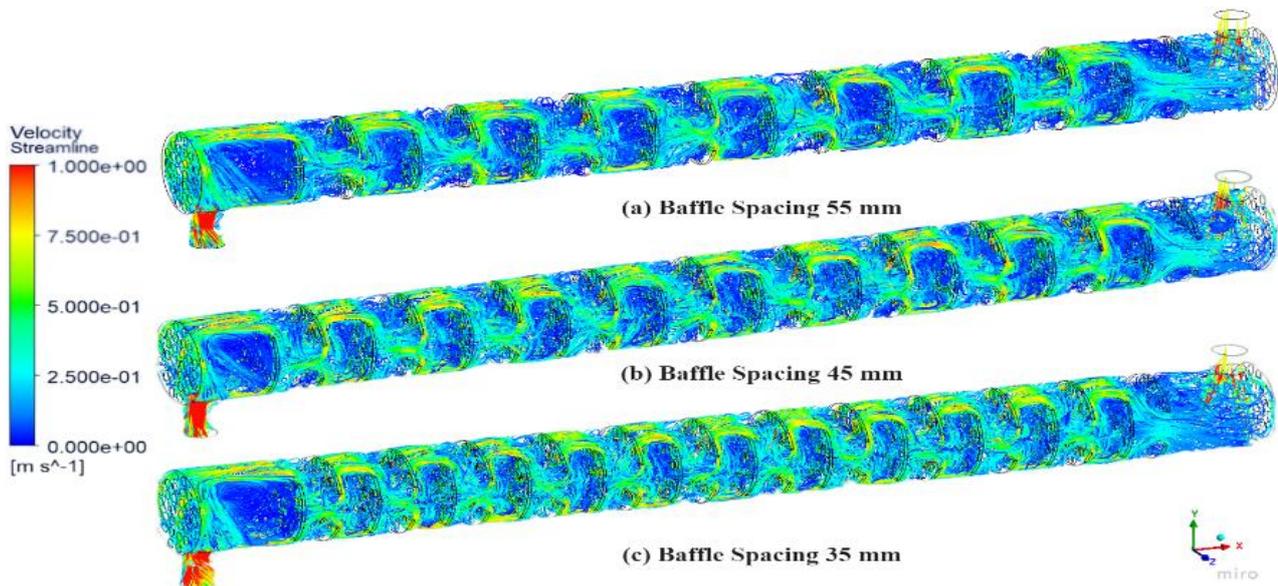
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Spacing Terhadap Karakteristik Aliran Shell

Pemberian variasi jarak antar baffle 55 mm, 45 mm, dan 35 mm atau equivalen dengan 0.6; 0.5; dan 0.4 diameter shell menghasilkan *streamline* seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Aliran fluida shell terbagi menjadi aliran yang melewati inlet hingga outlet atau natural flow dan aliran vortex dimana tercipta akibat pengaruh baffle.

Variasi *baffle spacing* memberi pengaruh pada kondisi aliran seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan *mass flow rate* yang sama, *baffle spacing* 55 mm menghasilkan intensitas dan ukuran vortex yang paling besar akibat dari split dan central baffle. Pada *baffle spacing* 45 mm, intensitas dari vortex terutama akibat dari split baffle berkurang, tetapi vortex akibat dari central baffle masih terlihat besar meskipun intensitas nya berkurang. Pada *baffle spacing* 35 mm, intensitas dan ukuran vortex sangat berkurang pada akibat oleh split dan central baffle sehingga menjadi yang terkecil.

Pengecilan *baffle spacing* mempengaruhi terciptanya vortex. Pengecilan ruang antara central baffle dan split baffle atau sebaliknya akan membuat boundary vortex menjadi



Gambar 3. Streamline 3D variasi *baffle spacing* mass flow rate 0.5 Kg/s.

semakin kecil juga. Ruang aliran memberi pengaruh pada besarnya vortex terhadap *streamline* fluida shell. Dengan semakin kecil nya *baffle spacing* maka vortex yang terbentuk akan semakin juga sehingga *dead zone* yang terbentuk akan semakin kecil.

B. Pengaruh Spacing Terhadap Kecepatan Fluida Shell

Variasi *baffle spacing* memberikan pengaruh kepada kecepatan fluida shell kontur di Gambar 4. *Baffle spacing* yang semakin kecil akan meningkatkan kecepatan fluida shell diindikasikan kontur kecepatan yang semakin merah pada aliran yang akan memasuki celah split baffle, tetapi, *baffle spacing* yang terlalu kecil mengakibatkan berkurangnya kecepatan aliran *parallel flow* setelah celah central baffle. Peningkatan kecepatan terjadi karena *streamline* yang semakin sempit karena pengurangan jarak baffle, sedangkan pengurangan kecepatan tersebut terjadi karena *streamline* terganggu oleh penggabungan aliran yang terlepas dari vortex.

Distribusi kecepatan maksimal lokal fluida yang melewati baffle pada variasi *baffle spacing* ditunjukkan pada Gambar 6. Kecepatan aliran mengalami fluktuasi dengan pola yang cenderung stabil. Pola besaran kecepatan yang terbentuk pada posisi pengambilan data hasilnya berbeda-beda dikarenakan aliran mengalami fenomena yang berbeda-beda akibat olakan dari baffle.

Kecepatan rata-rata fluida shell secara keseluruhan di *heat exchanger* ditunjukkan pada Gambar 7(a). Semakin kecil *baffle spacing* akan semakin meningkatkan kecepatan rata-rata fluida shell. Besarnya kecepatan rata-rata *overall* fluida shell dipengaruhi oleh berbagai kecepatan di kondisi tertentu seperti ditunjukkan pada grafik di Gambar 7(b). Pada split baffle, kecepatan dipengaruhi *streamline* yang terbentuk pada semakin besar *spacing* maka kecepatan akan mengecil karena desakan vortex akibat central baffle dan split baffle yang dapat menggeser lokasi penggabungan *streamline* akibat split baffle. Pada central baffle, kecepatan dipengaruhi oleh kecepatan *cross flow* di central baffle dan gabungan aliran dari vortex yang dapat mempengaruhi *streamline*. Pada central-split dan split-central, semakin kecil *baffle spacing*

akan mempercepat aliran karena *streamline* yang terbentuk semakin kecil karena desakan vortex. Berdasarkan kecepatan rata-rata antar variasi *baffle spacing*, terjadi peningkatan kecepatan 0.9% pada *baffle spacing* 45 mm dan 2.5% pada *baffle spacing* 35 mm terhadap *baffle spacing* 55 mm.

C. Pengaruh Spacing Terhadap Temperatur Fluida Shell

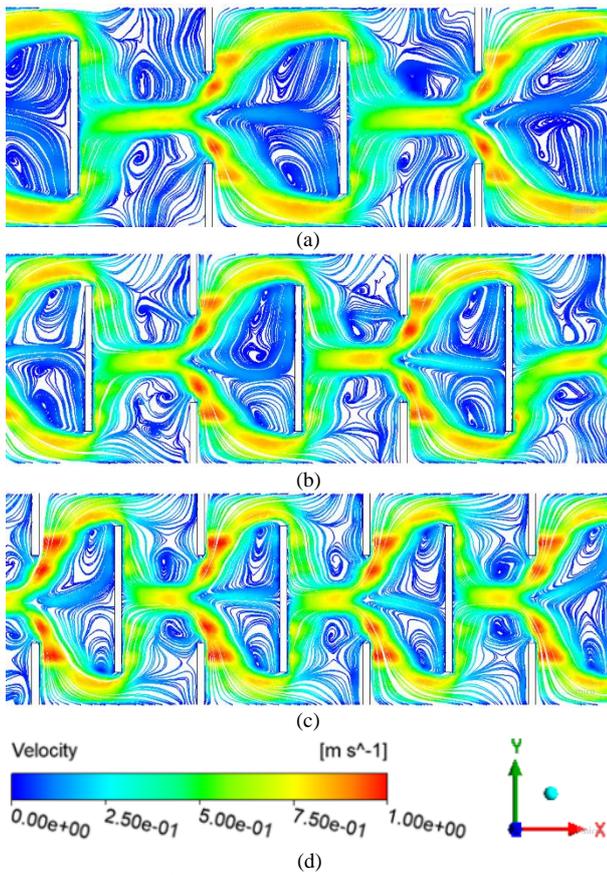
Distribusi temperatur terhadap variasi *baffle spacing* menghasilkan kondisi seperti pada Gambar 5. Semakin kecil *baffle spacing* aliran akan mengalami penurunan temperatur lebih cepat jika dilihat pada posisi sumbu x yang sama antar variasi dimana terjadi transisi warna lebih cepat menjadi hijau di *baffle spacing* 35 mm. Semakin kecil *baffle spacing* mengakibatkan penurunan temperatur akibat vortex berkurang.

Pemberian variasi *baffle spacing* memberikan pengaruh pada distribusi temperatur berdasarkan grafik Gambar 8. Temperatur outlet pada *heat exchanger* menjadi semakin rendah dengan menurunkan *baffle spacing*. Temperatur outlet dari spacing 55 mm, 45 mm, 35 mm berturut-turut adalah 305.12 K, 304.99 K, dan 304.95 K. Terjadi penurunan 0.128 K pada *spacing* 45 mm dan 0.173 K pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Maka didapat penurunan temperatur sebesar 0.04% pada *spacing* 45 mm dan 0.06% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Hal ini terjadi karena semakin kecil *baffle spacing* akan semakin banyak jumlah baffle yang menyebabkan semakin banyak *cross flow* yang terjadi dan meminimalisir vortex.

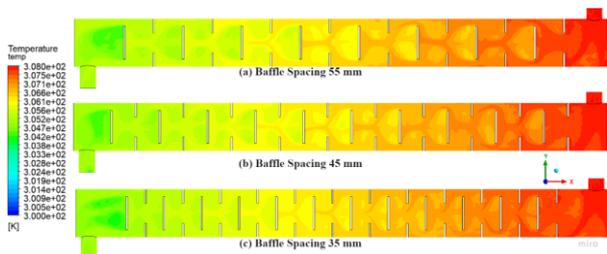
D. Pengaruh Spacing Terhadap Heat Transfer Coefficient Fluida Shell

Heat transfer coefficient dapat ditentukan dari hasil numerik variabel yang sudah didapat. Karena keterbatasan *software*, *heat transfer coefficient* dicari menggunakan pendekatan teoritis dimana variabel yang dibutuhkan sudah tersedia. *Heat transfer coefficient* (h) dicari berdasarkan persamaan 1 dimana merupakan pengaruh dari variabel *heat flux* (q''), temperatur fluida shell (T_∞), dan temperatur permukaan dinding tube (T_w)

$$h = \frac{q}{T_\infty - T_s} \tag{1}$$



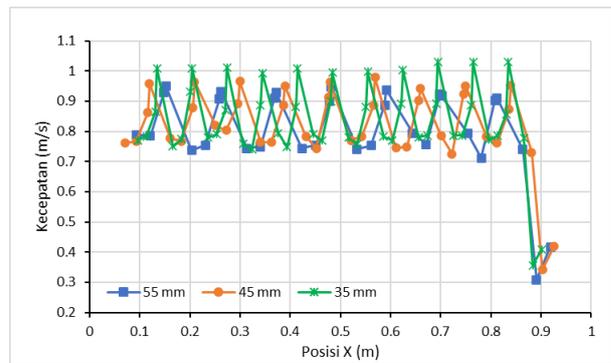
Gambar 4. (a) Baffle Spacing 55 mm, (b) Baffle Spacing 45 mm, (c) Baffle Spacing 35 mm, (d) Streamline kontur kecepatan variasi baffle spacing mass flowrate 0.5 Kg/s pada $z=0$ dan $x=0.4$ hingga $x=0.65$ m.



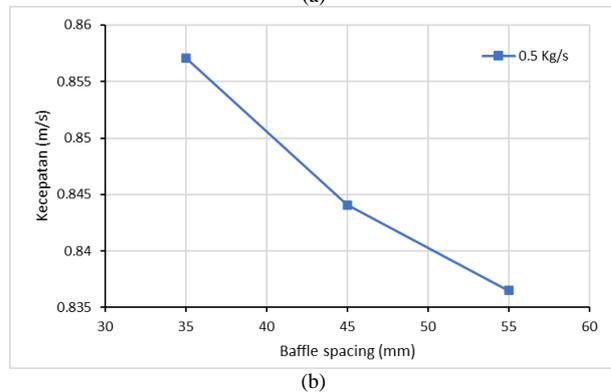
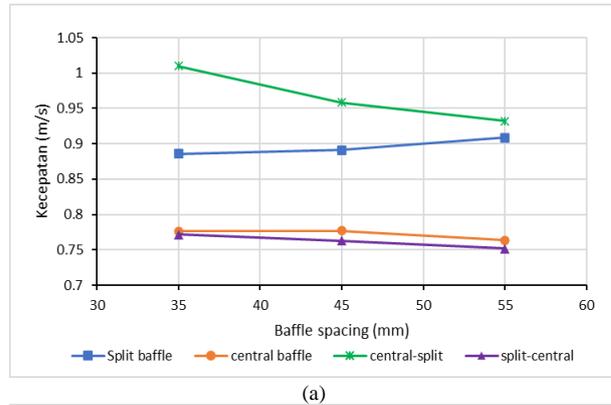
Gambar 5. Kontur temperatur variasi baffle spacing mass flow rate 0.5 Kg/s.

Heat transfer coefficient lokal fluida shell akan mengalami nilai yang ditunjukkan pada Gambar 9. Besarnya h lokal pada semua variasi baffle spacing cenderung memiliki nilai yang stabil. Karena terdapatnya fluktuasi nilai h lokal yang berpola, diklasifikasikanlah nilai h lokal dengan merata-rata nilai berdasarkan lokasi data pengambilan yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Heat transfer coefficient lokal terbesar terjadi pada central-split baffle dengan pengambilan data di kecepatan tertinggi. Hal ini terjadi karena semakin kecil baffle spacing, kecepatan aliran akan semakin besar diakibatkan oleh streamline yang semakin kecil akibat desakan vortex. Heat transfer coefficient lokal terbesar kedua berada pada central baffle. Urutan terbesar h lokal yaitu 45 mm, 35 mm, dan 55 mm. Pada spacing 45 mm, h lokal memiliki nilai terbesar karena kecepatan alirannya tertinggi dan streamlinenya merata hingga dinding shell sehingga dapat meningkatkan heat transfer dan lebih meratanya perpindahan panas pada dinding tube. Pada spacing 35 mm, h lokal terbesar kedua karena



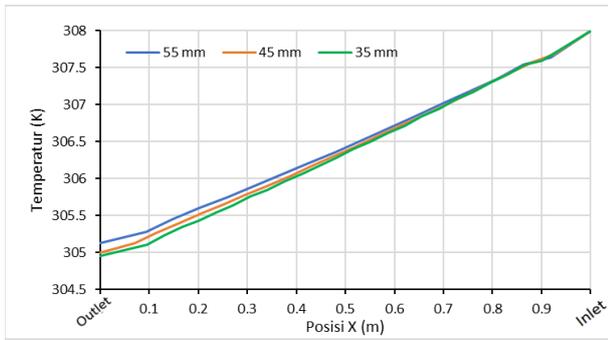
Gambar 6. Grafik kecepatan maksimal lokal variasi baffle spacing mass flow rate 0.5 Kg/s.



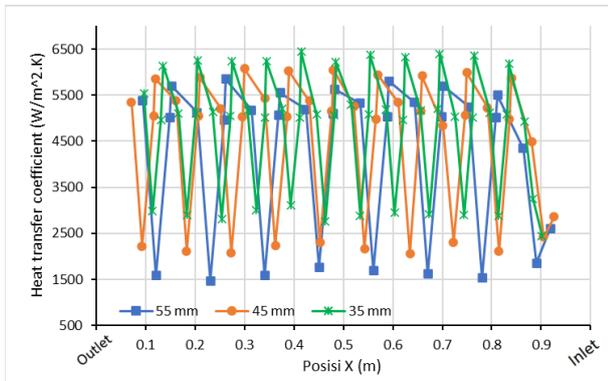
Gambar 7. (a) Grafik kecepatan maksimal lokal rata-rata variasi baffle spacing mass flow rate 0.5 Kg/s, (b) Grafik kecepatan maksimal lokal rata-rata overall variasi baffle spacing mass flow rate 0.5 Kg/s.

streamline yang terbentuk relatif kecil karena terpengaruh vortex akibat split baffle sehingga kurang meratanya perpindahan panas pada dinding tube tetapi kecepatannya tercepat kedua. Pada spacing 55 mm, h lokal terendah karena kecepatannya terpelan disebabkan streamlinenya yang besar. Heat transfer coefficient lokal terbesar ketiga berada pada split baffle. Pada spacing 45 mm, h lokal terbesar dikarenakan kecepatan di split baffle tertinggi kedua dan vortex pada penggabungan streamline lebih rendah yang mengakibatkan tidak meratanya temperatur tube. Pada 55 mm, nilai terbesar kedua terjadi karena kecepatannya merupakan yang terbesar tetapi vortex yang terjadi lebih pendek. Pada 35 mm, nilai terendah dikarenakan kecepatan alirannya yang paling rendah. Heat transfer coefficient lokal terendah berada pada antara split-central baffle. Nilai h lokal terendah karena terpengaruh oleh vortex yang mengalami perpindahan panas yang kecil.

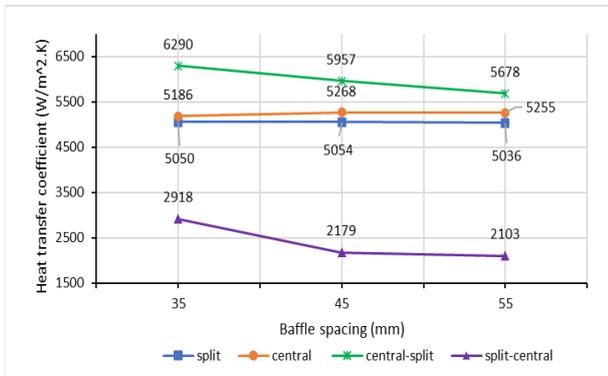
Heat transfer coefficient lokal rata-rata fluida shell terhadap variasi baffle spacing dan mass flow rate



Gambar 8. Grafik distribusi temperatur fluida shell variasi *baffle spacing* mass flow rate 0.5 Kg/s.



Gambar 9. Grafik *heat transfer coefficient* lokal fluida shell variasi *baffle spacing* mass flow rate 0.5 Kg/s.

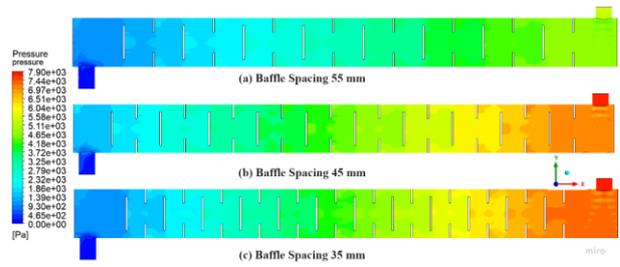


Gambar 10. Grafik *heat transfer coefficient* lokal rata-rata fluida variasi *baffle spacing* mass flow rate 0.5 Kg/s.

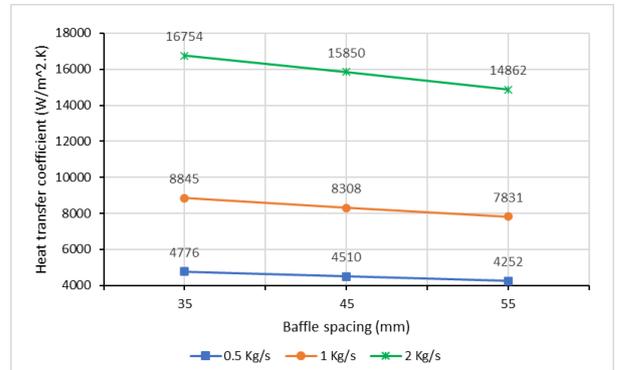
ditunjukkan pada Gambar 12. Setiap *mass flow rate* menunjukkan hasil yang sama bahwa *heat transfer coefficient* semakin besar seiring mengecilnya *baffle spacing*. Tren semakin kecil *baffle spacing* meningkatkan *h* lokal rata-rata merupakan pengaruh dari persebaran dari data *h* lokal pada Gambar 10. Didapatkan *h* lokal rata-rata antar variasi *mass flow rate* terjadi peningkatan rata-rata sebesar 6.26% pada *spacing* 45 mm dan 12.67% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm.

E. Pengaruh Spacing Terhadap Pressure Drop Fluida Shell

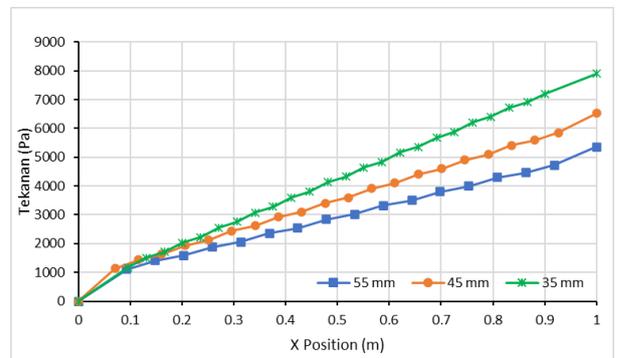
Distribusi tekanan pada variasi *baffle spacing* ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 13. Berdasarkan kontur, dapat terlihat dengan jelas perbedaan tekanan yang dibutuhkan *heat exchanger*. *Baffle spacing* 55 mm membutuhkan tekanan yang paling kecil untuk memompa fluida dari inlet hingga outlet. Tekanan paling besar terjadi pada *baffle spacing* 35 mm. Hal ini terjadi karena semakin kecil *baffle spacing* maka *heat exchanger* memiliki banyak *baffle* sehingga memiliki banyak belokan berupa aliran *cross flow* yang mengakibatkan



Gambar 11. Kontur tekanan variasi *baffle spacing* mass flow rate 0.5 Kg/s.



Gambar 12. Grafik *heat transfer coefficient* lokal rata-rata overall fluida shell variasi *baffle spacing* dan variasi *mass flow rate*.

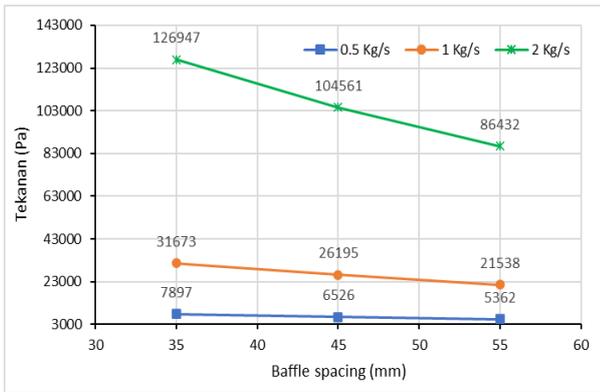


Gambar 13. Grafik distribusi tekanan variasi *baffle spacing* pada *mass flow rate* 0.5 Kg/s.

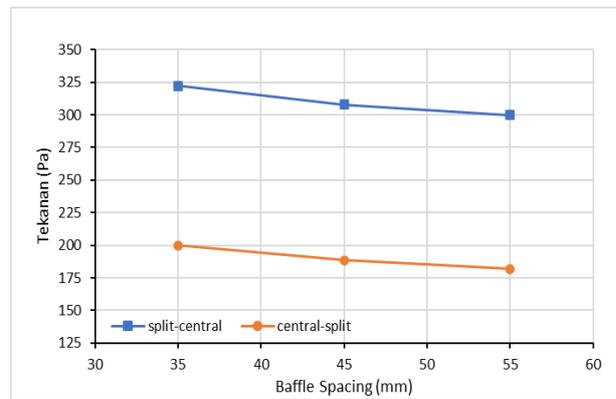
semakin banyak tekanan fluida yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida dari inlet hingga outlet.

Pressure drop overall heat exchanger ditunjukkan pada Gambar 14. Semakin kecil *baffle spacing* akan meningkatkan *pressure drop* total secara linear, tetapi meningkatnya *mass flow rate* akan membuat peningkatan *pressure drop* menjadi curam. Pada variasi *mass flow rate*, terjadi peningkatan *pressure drop* total rata-rata 21.43% pada *spacing* 45 mm dan 47.07% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm.

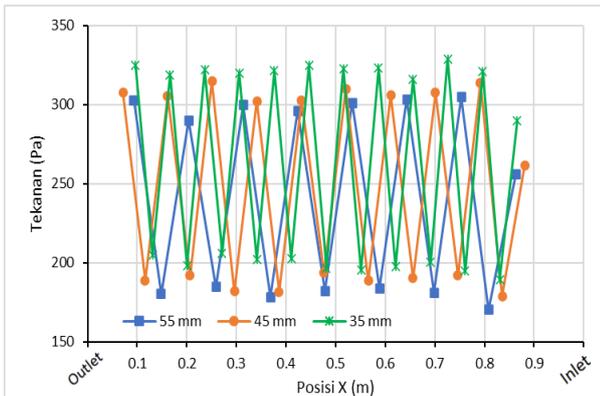
Perlakuan variasi *baffle spacing* memberikan pengaruh pada *pressure drop* lokal pada *baffle* seperti ditunjukkan pada Gambar 15. *Pressure drop* lokal pada setiap variasi *baffle spacing* memiliki pola fluktuasi yang sama dimana aliran split-central *baffle* menghasilkan *pressure drop* terbesar dan central-split *baffle* menghasilkan *pressure drop* kecil. Pada 55 mm, didapatkan *pressure drop* rata-rata split-central *baffle* sebesar 299.75 Pa dan *pressure drop* rata-rata central-split *baffle* sebesar 181.82 Pa. Split-central *baffle* menghasilkan *pressure drop* 65% lebih besar dibandingkan central-split *baffle*. Pada 45 mm, *pressure drop* rata-rata split-central *baffle* sebesar 307.78 Pa dan central-split *baffle* menghasilkan 187.55 Pa. Split-central *baffle* menghasilkan



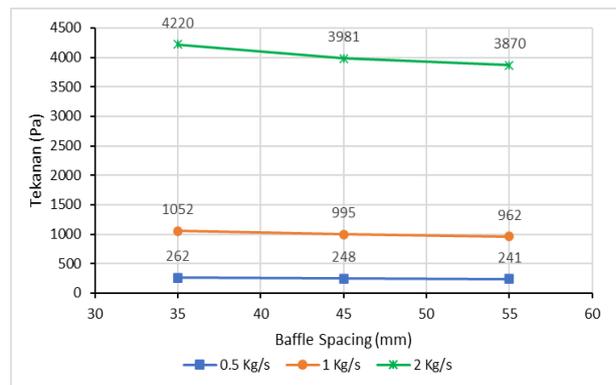
Gambar 14. Grafik *pressure drop overall* variasi *baffle spacing* dan *mass flow rate*.



Gambar 16. Grafik *pressure drop lokal rata-rata* pada variasi *baffle spacing* *mass flow rate* 0.5 Kg/s.



Gambar 15. Grafik *pressure drop local* variasi *baffle spacing* pada *mass flow rate* 0.5 Kg/s.



Gambar 17. Grafik *pressure drop lokal rata-rata* variasi *baffle spacing* dan *mass flow rate*.

pressure drop 63% lebih besar dibandingkan *central baffle*. Pada 35 mm, *pressure drop* rata-rata *split-central baffle* sebesar 322.21 Pa dan akibat *central-split baffle* sebesar 199.95 Pa. Terdapat peningkatan 61% *pressure drop* akibat *split-central baffle*.

Perbedaan nilai *pressure drop* berdasarkan Gambar 16 pada aliran *split-central* dan *central-split baffle* dipengaruhi oleh karakteristik *pressure drop*. *Split-central* memiliki *pressure drop* besar karena terdapat tekanan stagnasi yang hilang dimana aliran menabrak *central baffle* sehingga aliran berhenti dan separuh dari tekanan stagnasi di *split baffle* dari penggabungan *streamline*. *Central-split* memiliki *pressure drop* kecil karena hanya meliputi *vortex* dan *elbow 90*.

Perbedaan nilai *pressure drop* antar variasi *baffle spacing* dipengaruhi oleh kecepatan fluida. Berdasarkan Gambar 17, semakin kecil *baffle spacing* maka semakin besar *pressure drop*. Berdasarkan kontur Gambar 4, semakin kecil *baffle spacing*, aliran fluida *shell* akan semakin cepat. Pada *split baffle*, aliran akan lebih cepat sesaat sebelum masuk *split baffle* pada semakin rendah *baffle spacing*. Pada *central baffle*, *streamline* aliran yang terpecah akan semakin kecil yang diiringi peningkatan kecepatan pada semakin kecilnya *baffle spacing*. Berdasarkan teoritis, kecepatan dan tekanan merupakan perbandingan terbalik.

Peningkatan *pressure drop* terhadap variasi *mass flow rate* sudah sesuai dengan teoritis. Besarnya *pressure drop* pada *heat exchanger* dipengaruhi dari *variable mass velocity* (\dot{G}) kuadratis. Dari hasil simulasi *mass flow rate* 1 Kg/s terhadap 0,5 Kg/s, perbesaran rata-rata 4,02 sudah sesuai karena peningkatan *mass flow rate* 2 kali lipat akan menjadikan

eksponensial *pressure drop* 2 kali lipat. Hal tersebut juga berlaku pada hasil *pressure drop mass flow rate* 2 Kg/s terhadap 0.5 Kg/s dikarenakan perbesaran *mass flow rate* 4 kali lipat maka eksponensial *pressure drop* yang terjadi akan 16 kali lipat. *Pressure drop lokal* antar *baffle* rata rata setiap variasi *mass flow rate* terjadi peningkatan rata-rata 3.1% pada *spacing* 45 mm dan 9% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) Semakin kecil *baffle spacing* akan menghasilkan *vortex* yang semakin kecil baik dan meningkatkan kecepatan aliran *cross flow* di *split baffle* dan *central baffle*. Terjadi peningkatan kecepatan aliran rata-rata sebesar 0.9% pada *spacing* 45 mm dan 2.5% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. (2) Semakin kecil *baffle spacing* akan meningkatkan *heat transfer coefficient*. Pada variasi *mass flow rate*, *h lokal* rata-rata *overall* mengalami peningkatan rata-rata sebesar 6.26% pada *spacing* 45 mm dan 12.367% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. (3) Semakin kecil *baffle spacing* akan meningkatkan *pressure drop* secara lokal antar *baffle* dan *overall*. Pada *pressure drop lokal*, variasi *mass flow rate* mengalami peningkatan rata-rata sebesar 3.1% pada *spacing* 45 mm dan 9% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm. Pada *pressure drop overall*, mengalami peningkatan rata-rata pada *spacing* 45 mm sebesar 21.43% dan 47.07% pada *spacing* 35 mm terhadap *spacing* 55 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Bichkar, O. Dandgaval, P. Dalvi, R. Godase, and T. Dey, "Study of Shell and Tube Heat Exchanger with the Effect of Types of Baffles," in *2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering*, 2018, pp. 195–200. doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.028.
- [2] I. Martić, A. Maslarević, N. Milovanović, and M. Marković, "Effect of baffle cut and baffle spacing on pressure drop in shell and tube heat exchanger with U tubes," *Technium*, vol. 2, no. 2, pp. 72–78, 2020, doi: 10.47577/technium.v2i2.355.
- [3] M. A. Zebua and H. Ambarita, "A Study on The Effect of Baffle Spacing to The Performance of a Shell and Tube Heat Exchanger," 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1235/1/012097.
- [4] S. Kakaç, H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2012. ISBN: 978-1439849903.