



**Chemical Engineering
Journal Storage**

homepage jurnal:
<https://ojs.unimal.ac.id/cejs/index>

**Chemical
Engineering
Journal
Storage**

**ANALISA PENGARUH JARAK ANTAR *BAFFLE* TERHADAP
GETARAN PADA *HEAT EXCHANGER TYPE SHELL AND TUBE*
DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE HEAT
TRANSFER RESEARCH INC (HTRI)***

Nurrahmat Arif, Nasrul ZA, Azhari

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara-24355
Korespondensi: HP: 082164699680, e-mail: nasrulza@unimal.ac.id

Abstrak

Heat Exchanger adalah suatu alat yang memungkinkan *heat transfer* dan dapat berfungsi baik sebagai pemanas maupun pendingin. *Baffle* merupakan sekat-sekat pada *Shell and Tube Heat Exchanger (STHE)* yang berfungsi untuk menciptakan aliran yang turbulen sehingga *heat transfer* yang terjadi optimal. Masalah yang terjadi *STHE* ini adalah getaran yang dapat merusak *STHE* maupun menyebabkan kegagalan pada *heat exchanger*. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh jarak *baffle* serta jenis *baffle* single segment dan double segment terhadap getaran yang terjadi guna menghindari kerusakan maupun kegagalan pada *heat exchanger*. Pelaksanaan penelitian ini dengan cara menyiapkan model *STHE* pada *software heat transfer research inc (HTRI)* dan memasukkan variasi nilai jarak *baffle* beserta jenis *baffle* single segment dan double segment, selanjutnya dilakukan analisa terhadap report data hasil dari *software HTRI*. Hasil analisa yang didapatkan jumlah *baffle* terbanyak pada jarak *baffle* 650 mm baik jenis single segment maupun double segment dengan jumlah *baffle* 17, getaran maksimum pada jarak *baffle* 650 mm baik single segment dan double segment dengan tube natural frequency 35,2 Hz dan *heat transfer co-efficient* analisa ini dengan jenis *baffle* single segment pada jarak 800 mm didapat *heat transfer co-efficient* 1221,8 Kcal/m².hr. °C, sedangkan pada jenis *baffle* double segment pada jarak 1000 mm dengan *heat transfer co-efficient* 1188,6 Kcal/m².hr. °C.

Kata kunci: *Baffle, Shell and tube heat exchanger (STHE), Single segment, Tube natural frequency*

1. Pendahuluan

Suatu proses di dalam industri, kebutuhan memindahkan energi panas dari satu aliran ke aliran lain merupakan hal yang khas dilakukan, untuk itu penukar

panas memegang peranan penting. Penukar panas *shell-tube* adalah jenis yang paling umum digunakan dalam industri. Jenis ini biasanya dilengkapi dengan *baffle* sehingga diperoleh aliran sisi *shell* dengan turbulensi yang tinggi.

Penukar panas atau *heat exchanger* adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas, pendingin maupun pengubah fasa. Penukar panas atau *heat exchanger* perlu dirancang mungkin agar *heat transfer* antar fluida berlangsung secara efisien. Masalah utama dalam analisa *baffle* terhadap getaran pada *tube* adalah jarak *baffle* itu sendiri maupun jenis *baffle* yang digunakan (Serth, 2007).

Getaran pada alat penukar panas ini diketahui memiliki dampak yang sangat merugikan. (Dharmeshkumar, 2008) efek getaran yang terjadi dalam alat penukar panas dapat menimbulkan suara yang menderu disekitar alat hingga radius 10-15m. Adapun cara untuk menganalisa getaran tersebut dapat menggunakan *software Heat Transfer Research Inc (HTRI), Computational Fluid Dynamic (CFD), Ansys Fluent* dan lainnya.

2. Peralatan dan Metode

Peralatan yang digunakan pada penelitian berupa:

- a. Satu buah laptop Acer, *processor Amd E2-6110 APU, 64-Bit Operating System*
- b. *Software Heat Transfer Research, Inc. (HTRI) Suite 7.3.2 Software* pelengkap *Microsoft Office* dan *Microsoft Excel*

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu:

- a. Membuat model *shell & tube heat exchanger* pada HTRI
- b. Mengubah parameter jarak dan jenis *baffle shell & tube heat exchanger* pada HTRI
- c. Melakukan analisa jumlah *baffle*, getaran dan *heat transfer co-efficient required*
- d. Menganalisa efek getaran terhadap jarak *baffle*

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Analisa Jumlah Baffle, Getaran dan Overall Heat transfer Co-Efficient Required

Pengujian terhadap jarak *baffle* dan jenis *baffle* dilakukan untuk mengetahui kinerja *heat exchanger type shell and tube* terhadap getaran yang terjadi pada *heat exchanger type shell and tube* di PT. Pupuk Iskandar Muda-2 menggunakan *software heat transfer research inc (HTRI)*. Hasil analisa jarak *baffle* dan jenis *baffle single segmental* yang selanjutnya menjadi tinjauan dalam perancangan *heat exchanger type shell and tube* yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Table 3.1 Hasil Analisa Jumlah Baffle, Getaran dan Overall Heat transfer Co-Efficient Required (Ureq) pada Jenis Single segmental Baffle

Run	Baffle Spacing (mm)	Baffle Type	Baffle Quantity	Tube Natural frequency (Hz)	Heat transfer Co-Efficient (Kcal/m ² .hr.°C)
1.	650	Single Segment	17	35,2	1210,5
2.	700		15	30,4	1220,3
3.	800		14	23,3	1221,8
4.	900		12	18,7	1211,7
5.	1000		11	15,5	1207
6.	1100		10	12,8	1202,9
7.	1200		9	11	1191,4
8.	1300		9	9,3	1193,7
9.	1400		8	8,1	1188,7
10.	1500		7	7,4	1183,9

Sumber : *Heat transfer research inc (HTRI)*

Hasil analisa jarak *baffle* dan jenis *baffle double segmental* yang selanjutnya menjadi tinjauan dalam perancangan *heat exchanger type shell and tube* yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Table 3.2 Hasil Analisa Jumlah Baffle, Getaran dan Overall Heat transfer Co-Efficient (U) pada Jenis Double segmental Baffle

<i>Run</i>	<i>Baffle Spacing (mm)</i>	<i>Baffle Type</i>	<i>Baffle Quantity</i>	<i>Tube Natural frequency (Hz)</i>	<i>Heat transfer Co-Efficient (Kcal/m².hr.°C)</i>
1.	650	<i>Double Segment</i>	17	35,2	1187
2.	700		15	30,4	1182,8
3.	800		14	23,3	1183,5
4.	900		12	18,7	1187,5
5.	1000		11	15,2	1188,6
6.	1100		10	12,8	1182,5
7.	1200		9	10,7	1166
8.	1300		9	9,2	1187,3
9.	1400		8	8	1163,9
10.	1500		7	7	1175,6

Sumber : *Heat transfer research inc* (HTRI)

Masalah utama dalam mendesain *heat exchanger* merupakan getaran yang ditimbulkan dari alat *heat exchanger* itu sendiri yang salah satu penyebabnya yaitu akibat jarak *baffle* yang tidak sesuai dengan kondisi operasi sehingga menurunkan efektivitas dari alat *heat exchanger* itu sendiri (Serth, 2007).

Adapun jenis *baffle* yang divariasikan pada penelitian ini yaitu jenis *baffle single segmental* dan *double segmental baffle*. Variasi jenis *baffle* ini dilakukan guna menganalisa pengaruh terhadap getaran selain jarak *baffle*. Pemilihan jenis *single segmental* dikarenakan jenis tersebut merupakan jenis *baffle* standar dan umum digunakan dikarenakan distribusi aliran *shell* yang dihasilkan cukup baik (Serth, 2007). Sedangkan *double segmental baffle* merupakan jenis *baffle* yang memandu *fluida* pada sisi *shell* untuk mengalir dalam dua pola zigzag antara bundle *tube*. Intensitas turbulen pada *double segmental baffle* tidak setinggi pada *single segmental baffle* yang memiliki satu pola zigzag dan getaran yang diinduksi aliran cenderung lebih rendah (Ambekar et al., 2016).

Pada analisa getaran terhadap jarak *baffle* dan jenis *baffle* ini menggunakan *software heat transfer research inc* (HTRI). Lingkup cakupan HTRI ini mencakup

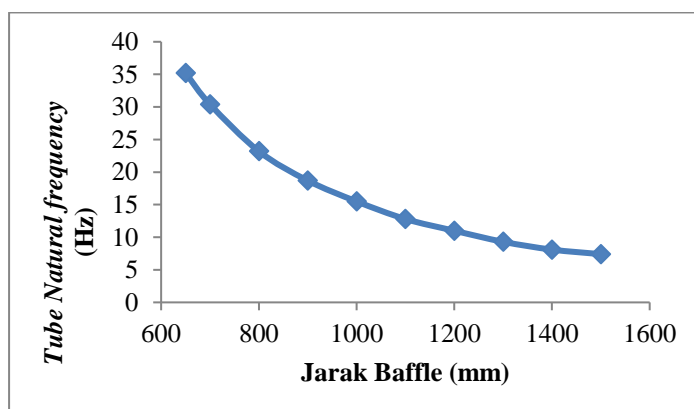
design, rating dan simulasi baik dalam keperluan industri maupun alat-alat penukar panas lainnya seperti *heat exchanger*, penjepit rambut, *boiler*, evaporator dan kondensor. Dalam hal keperluan analisa HTRI ini menambillkan hasil kalkulasi pada *report* yang ditampilkan pada *software* HTRI tersebut (Halle et al., 1980).

Tube natural frequency merupakan frekuensi alami pada *tube* akibat induksi dari aliran yang melewati sisi tabung sehingga menyebabkan tabung berosilasi dan menyebabkan getaran disisi *shell*. Oleh karena itu, *tube natural frequency* merupakan hal utama yang perlu ditinjau dalam menganalisa getaran pada *heat exchanger*. Untuk mendapatkan getaran minimum perlu dianalisa jarak *baffle* dan jenis *baffle* dikarenakan *baffle* merupakan komponen pada *heat exchanger* tipe *shell and tube* yang berfungsi untuk menyangga/menahan *tube* untuk tidak berosilasi terlalu tinggi (U. H. Patel & Bhojak, 2015).

Pengaruh jarak *baffle* dan jenis *baffle* terhadap getaran yang terjadi pada *heat exchanger* dimana *heat exchanger* dengan getaran tertentu menyebabkan timbulnya suara yang menderu akibat gesekan antar *tube*, terlepasnya *tube* dari *tubesheet* yang mengakibatkan kegagalan pada *heat exchanger*. Oleh karena itu, dalam memperoleh hasil getaran perlu dianalisa jarak-jarak *baffle* dengan batasan minimal didapat dari datasheet *heat exchanger* 127-C di PT. Pupuk Iskandar muda dan batasan maksimal hingga satu kali *inside* diameter *shell*. Dengan batasan variabel tetap panjang *tube* 12192 mm maka didapatkan dengan semakin besarnya jarak *baffle* maka semakin kecil jumlah *baffle* yang didapatkan.

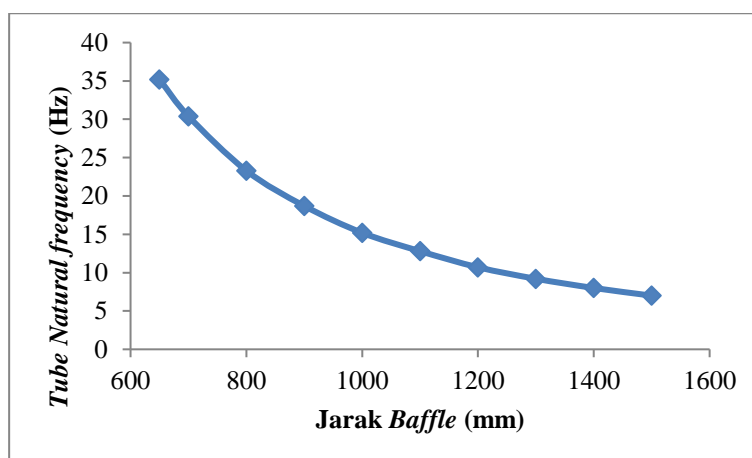
3.2. Baffle Spacing Terhadap Tube Natural Frequency

Tube natural frequency merupakan frekuensi alami *tube* yang bergerak diakibatkan pola aliran dan kecepatan aliran. Adapun pengaruh jarak *baffle* terhadap *tube natural frequency* jenis *single segmental baffle* dapat dilihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Jarak *baffle* terhadap *tube natural frequency*

Dari data yang didapat berdasarkan analisa menggunakan aplikasi *heat transfer research inc* (HTRI) diperoleh hasil analisa yang terlampir pada gambar 3.1. Analisa jarak *baffle* terhadap *tube natural frequency* dengan jenis *baffle single segmental* didapatkan *tube natural frequency* tertinggi pada jarak *baffle* 650 mm dengan *tube natural frequency* 35,2 Hz, sedangkan *tube natural frequency* terendah pada jarak 1500 mm dengan *tube natural frequency* 7,4 Hz. Pada jenis *baffle single segmental* dapat dilihat bahwa semakin tinggi jarak *baffle* maka *tube natural frequency* juga menurun. Pola getaran yang terjadi dengan posisi *parallel cut baffle* menimbulkan pola osilasi kekanan dan kekiri dikarenakan fluida ammonia yang melintasi bundle tube bergerak dengan sumbu X-Z lebih dominan dibandingkan dengan sumbu X-Y. Selanjutnya analisa *tube natural frequency* terhadap jarak *baffle* jenis *double segmental* seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Jarak *baffle* terhadap *tube natural frequency*

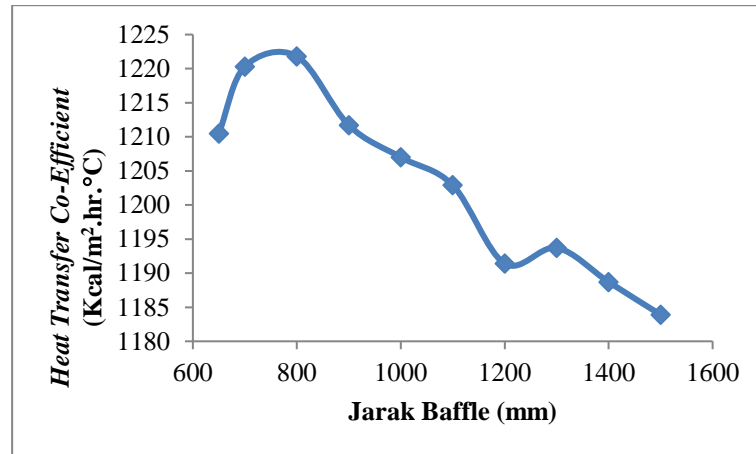
Dari data yang didapat berdasarkan analisa menggunakan aplikasi *heat transfer research inc* (HTRI) diperoleh hasil analisa yang terlampir pada gambar 3.2. Analisa jarak *baffle* terhadap *tube natural frequency* dengan jenis *baffle double segmental* didapatkan *tube natural frequency* tertinggi pada jarak *baffle* 650 mm dengan *tube natural frequency* 35,2 Hz, sedangkan *tube natural frequency* terendah pada jarak 1500 mm dengan *tube natural frequency* 7 Hz. Pada jenis *baffle single segmental* dapat dilihat bahwa semakin tinggi jarak *baffle* maka *tube natural frequency* juga menurun.

Dari gambar 3.1 dan 3.2 dapat diketahui bahwa pada jenis *baffle double segmental* untuk *tube natural frequency* dalam jarak *baffle* 1200 mm, 1300 mm, 1400 mm, 1500 mm lebih kecil dari *tube natural frequency* pada jenis *baffle single segmental*. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi jarak *baffle* maka kemungkinan *fluida* disisi sel untuk bergejolak dan kecepatan aliran yang ditimbulkan ketika melintasi tabung menurun (U. H. Patel & Bhojak, 2015). Serta pola aliran yang ditimbulkan pada jenis *baffle double segmental* yaitu dua pola zigzag sehingga induksi yang ditimbulkan tidak seperti pola aliran pada jenis *single segmental* yang hanya satu pola zigzag (Ambekar et al., 2016). Nilai *tube natural frequency* terbesar yang didapat pada jarak *baffle* 650 mm dengan nilai *tube natural frequency* 35,2 Hz baik menggunakan jenis *baffle single segmental* maupun *double segmental* dianggap tidak merusak ataupun menimbulkan permasalahan pada *heat exchanger type shell and tube* dikarenakan jarak *baffle* tersebut merupakan jarak *baffle design heat exchanger*

Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh (B. M. Patel, 2013) yang mendapatkan nilai *tube natural frequency* sebesar 292,4 Hz. Hal ini terjadi dikarenakan kurangnya penyangga *tube* sehingga ketika aliran *fluida* melintasi sisi *tube* terjadi osilasi yang mengakibatkan *tube* bergetar dan dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal. Aliran sisi *shell* juga dapat menghasilkan gaya eksitasi yang menghasilkan getaran *tube* yang merusak. Kerentanan *heat exchanger* terhadap aliran getaran yang diinduksi aliran tergantung pada laju aliran, material *tube* dan *baffle*, bentang *tube* yang tidak didukung, tata letak bidang *tube* serta diameter *shell* (Byrne, 2007).

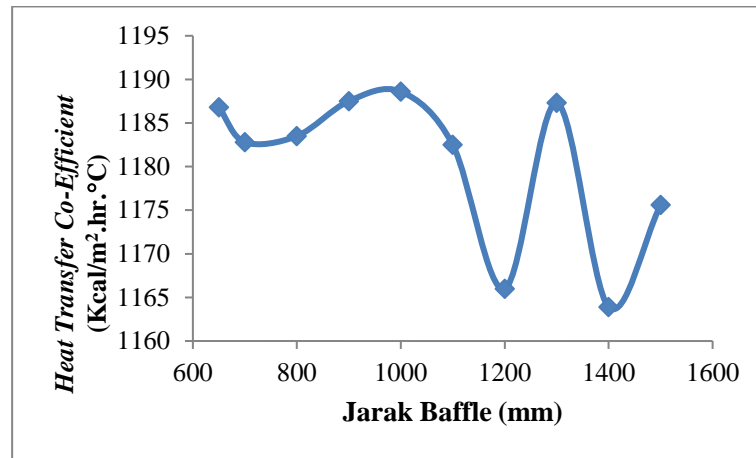
3.3 Baffle Spacing Terhadap Heat Transfer Co-Efficient Required

Adapun pengaruh jarak baffle yang lainnya yaitu *heat transfer co-efficient* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jarak *baffle* terhadap *Heat transfer Co-Efficient* (U)

Dari data yang didapat berdasarkan analisa menggunakan aplikasi *heat transfer research inc* (HTRI) diperoleh hasil analisa yang terlampir pada gambar 3.3. Analisa jarak *baffle* terhadap *heat transfer co-efficient* dengan jenis *baffle single segmental* didapatkan nilai *heat transfer co-efficient* yang didapatkan dari software *heat transfer research inc* (HTRI) tertinggi pada jarak *baffle* 800 mm sebesar 1221,8 Kcal/m².hr.°C. Namun nilai *heat transfer* pada jarak 800 mm mencapai *heat transfer* yang optimum dengan mempertimbangkan getaran yang terjadi juga tidak mengganggu serta merusak sistem dari kinerja *heat exchanger*. Hal ini disebabkan karena semakin kecil jarak *baffle* maka transfer panas yang terjadi maksimum (Bangun et al., 2016). Selanjutnya dalam pemilihan jarak *baffle* 650mm pada *heat exchanger type shell and tube* 61-127-C di PT. Pupuk Iskandar Muda dianggap baik dengan nilai *heat transfer* 1210,5 Kcal/m².hr.°C (Engineering, 1999) yang tidak terpaut terlalu jauh dari nilai optimum di jarak *baffle* 800 mm dengan mempertimbangkan kondisi dinamis pada saat *start up* seperti perubahan laju alir, *fouling rate* pada *fluida* dan factor-faktor lainnya. Tingkat terbaik efektivitas *heat transfer* dalam *heat exchanger* terjadi pada aliran *cross flow* (Hewitt et al., 1994). Selanjutnya analisa *heat transfer co-efficient* terhadap jarak *baffle* jenis *double segmental* seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 3.4 Jarak *baffle* terhadap *Heat transfer Co-Efficient (U)*

Dari data yang didapat berdasarkan analisa menggunakan aplikasi *heat transfer research inc (HTRI)* diperoleh hasil analisa yang terlampir pada gambar 3.3. Analisa jarak *baffle* terhadap *heat transfer co-efficient* dengan jenis *baffle single segmental* didapatkan nilai *heat transfer co-efficient* yang didapatkan dari *software heat transfer research inc (HTRI)* tertinggi pada jarak *baffle* 1000 mm sebesar 1188,6 Kcal/m².hr.°C. Namun nilai *heat transfer co-efficient* pada jenis *baffle double segmental* lebih tidak stabil berdasarkan jarak yang dianalisa diakibatkan tumpang tindihnya aliran yang melintasi *baffle* tidak secara bersamaan sehingga munculnya *vortex shedding* pada aliran disisi *shell*. Dari data analisa diatas dapat diketahui dengan menggunakan jenis *baffle double segmental* didapatkan nilai *heat transfer* terbaik dalam jarak *baffle* 1000 mm dengan *heat transfer* 1188,6 Kcal/m².hr.°C. Namun, nilai *heat transfer* optimum pada jenis *baffle single segmental* lebih besar dibandingkan nilai optimum pada jenis *baffle double segmental*. Hal ini dikarenakan pada jenis *baffle double segmental* jumlah baris *tube* tumpang tindih sehingga aliran *cross flow* pada *bundle tube* kurang tercapai (Byrne, 2007).

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar jarak *baffle* maka semakin sedikit jumlah *baffle* baik dengan jenis *baffle single segmental* maupun *double segmental*.
2. Pola getaran yang terjadi kekanan dan kekiri dengan sumbu X-Z.
3. *Tube natural frequency* yang terjadi akibat gaya eksitasi yang ditimbulkan induksi aliran yang melintasi *tube*.
4. Getaran yang terjadi pada *heat exchanger* dapat diabaikan karena *frequency* terbesar hanya 35,2 Hz.
5. *Heat transfer co-efficient* tertinggi pada jenis *baffle single segmental* pada jarak *baffle* 800 mm dan 1000 mm pada jenis *baffle double segmental*.
6. Keefektifan *heat transfer* sangat dipengaruhi oleh aliran *cross flow* pada *bundle tube*.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disarankan pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisa menggunakan *computational fluid dynamic* (CFD) untuk melihat dinamika getaran yang terjadi.

5. Daftar Pustaka

- Ambekar, A. S., Sivakumar, R., Anantharaman, N., & Vivekenandan, M. (2016). CFD simulation study of shell and tube heat exchangers with different baffle segment configurations. *Applied Thermal Engineering*, 108, 999–1007. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.08.013>
- Bangun, J. M., ZA, N., & Azhari. (2016). Analisa Pengaruh Jarak Antar Baffle Terhadap Perpindahan Panas pada Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube dengan Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia* (p. 347).
- Byrne, R. C. (2007). *Standard of the Tubular Exchanger Manufacturers Association* (9th ed.). http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias/pagina_nuevas/INSTALACIONES_TERMICAS_MECANICAS_Y_FRIGORIFICAS/material/apuntes/TEMA_9TH_EDITION_2007.pdf
- Dharmeshkumar, P. (2008). *Vibration Analysis Of Heat Exchanger Using CFD* [Sardar Vallabhbai National Institute of Technology]. <https://doi.org/10.1109/et2ecn.2012.6470056>
- Engineering, T. (1999). *Equipment Data Sheet* (Patent No. BA-0456). Toyo

engineering Corporation.

- Halle, H., Chenoweth, M., Wambsganss, M. W., & Division, C. T. (1980). *DOE/ANL/HTRI Heat Exchanger Tube Vibration Data Bank*.
- Hewitt, G. F., Shires, G. L., & Bott, T. R. (1994). *Process Heat Transfer*. CRC Press.
- Patel, B. M. (2013). Vibration Analysis of AES Type Shell and Tube Heat Exchanger By HTRI Software. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*.
- Patel, U. H., & Bhojak, K. N. (2015). Design Optimization of Shell and Tube Heat Exchanger by Vibration Analysis through HTRI. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research (IJMTER)*, 02(04), 115–122.
- Serth, W. R. (2007). *Process Heat Transfer Principles and Applications*. In *Elsevier's Science & Technology* (First).