

Studi Numerik Pengaruh Multiple Helical Fin Terhadap Efektivitas Fin Dari Modul Low Pressure (LP) Economizer

Kaleb Ryanto^{1*}, Erik Tridianto², Wahyu Nur Fadilah³

Program Studi D4 Sistem Pembangkit Energi
Departemen Teknik Mekanika dan Energi
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Tel: (031) 594 7280; Fax: (031) 594 6114

*) Corresponding author: ryantokaleb170598@gmail.com

Abstract

Economizer is a component in PLTGU that applies the principle of heat exchanger. By using economizer in the heating process of PLTU or PLTGU. It can reduce 1% of fuel consumption every 5° C of the feedwater temperature increase. Adding fin to the economizer is one of method or ways to increase heat transfer in the economizer. Increased heat transfer, the efficiency value on HRSG will increase. This study was conducted to determine the effect of the use multiple helical fins on the effectiveness of fins. By variations of fin pitch or distance between the centerline of fins. This research is a numerical method by performing simulations. The simulation results show that the initial geometry using serrated fins has a higher vapor out temperature compared to the use of multiple helical fins, this is due to the large base surface area on the fins. The use of multiple helical fins has a great effect on the surface temperature value of fin which is able to receive heat from the flue gas side which is much larger with a maximum average temperature of 404.72 K by using a 0.09 m fin pitch variation. The use of multiple helical fins with a 0.09 m fin pitch variation gives a greater effectiveness than the initial geometry, which is 1,692 while the effectiveness of the initial geometry is 1,664. In addition, by reducing the fin pitch value of multiple helical fin the temperature changes along the pipe, the fin surface temperature distribution and the effectiveness will increase.

Abstrak

Economizer pada PLTGU merupakan alat yang menerapkan prinsip dari alat penukar kalor (heat exchanger). Dengan menggunakan economizer dalam proses pemanasan PLTU atau PLTGU diperkirakan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar sebesar 1% setiap kali meningkatnya temperatur pengisi sebesar 5°C. Penambahan fin pada economizer merupakan salah satu cara untuk meningkatkan perpindahan panas pada economizer. Dengan peningkatan perpindahan panas maka nilai efisiensi pada HRSG akan meningkat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan multiple helical fin terhadap efektivitas fin. Dengan variasi fin pitch atau jarak antar centerline dari fin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik dengan melakukan simulasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa geometri awal dengan menggunakan serrated fin mempunyai temperatur keluar vapor yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan multiple helical fin. Hal ini disebabkan besarnya luas permukaan dasar pada sirip. Sedangkan penggunaan multiple helical fin mempunyai efek yang besar terhadap nilai permukaan temperatur fin yang mampu menerima panas dari sisi flue gas yang jauh lebih besar dengan temperatur rata-rata maksimal 404,72 K dengan menggunakan variasi fin pitch 0,09 m. Penggunaan multiple helical fin dengan variasi fin pitch 0,09 m memberikan nilai efektivitas yang lebih besar dibandingkan dengan geometri awal, yaitu 1,692 sedangkan efektivitas geometri awal sebesar 1,664. Selain itu dengan memperkecil nilai fin pitch dari multiple helical fin perubahan temperatur sepanjang pipa, distribusi temperatur permukaan fin dan efektivitas akan semakin meningkat

Kata kunci: *economizer, ANSYS, fin, efektivitas fin*

PENDAHULUAN

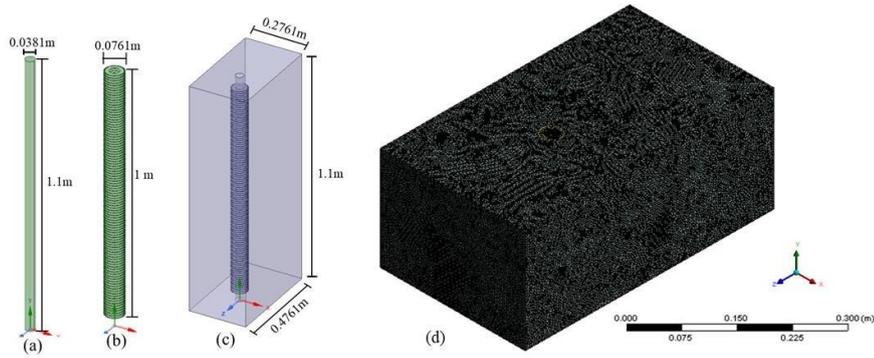
PLTGU merupakan pembangkit listrik tenaga gas uap yang menggunakan sistem daur ganda (*combined cycle*). Sistem daur ganda ini memanfaatkan gas buang dari turbin gas untuk digunakan dalam pemanasan *steam* menjadi bertekanan rendah hingga bertekanan tinggi [1]. Proses pemanasan kembali tersebut terjadi di dalam HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). *Heat Recovery Steam Generator* dibagi menjadi dua jenis, yaitu HRSG tipe vertikal dan HRSG tipe horizontal. Di dalam HRSG terdapat *tube* diantaranya adalah *evaporator*, *superheater*, *economizer*. *Economizer* digunakan sebagai pemanasan awal dalam HRSG. Dengan menggunakan *economizer* dalam proses pemanasan PLTU atau PLTGU diperkirakan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar sebesar 1% setiap kali meningkatnya temperatur pengisi sebesar 5°C [2]. *Economizer* merupakan komponen yang menerapkan prinsip dari alat penukar kalor (*heat exchanger*), yang terdiri dari *tube* dan *shell*. *Tube* dialiri oleh air yang akan dipanaskan dan *shell* berisi gas yang berasal dari turbin gas. Kinerja suatu alat penukar kalor dapat diketahui dari nilai efektivitas. Efektivitas didapat dengan membandingkan laju perpindahan panas aktual dengan laju perpindahan panas maksimum. [3] Sehingga semakin besarnya nilai efektivitas maka semakin baik kinerja dari alat penukar kalor.

Menurut Awaluddin, M (2007) nilai perpindahan kalor pada *heat exchanger* dipengaruhi oleh berbagai hal yaitu luas permukaan, arah aliran, bahan yang digunakan pada *heat exchanger*, dan lain-lain. Dengan melakukan penambahan berbagai jenis *fin* pada bagian luar *inner tube*. Penambahan tersebut akan memperbesar luas permukaan kontak, sehingga dapat memperbesar nilai koefisien perpindahan panas dan juga nilai perpindahan panas pada alat penukar kalor tersebut [4]. Berdasarkan alasan tersebut, untuk meningkatkan nilai perpindahan panas dari *economizer* dapat dilakukan dengan memodifikasi bentuk *fin* pada HRSG khususnya *Low Pressure Economizer (LPE)*. Proses modifikasi *Low Pressure Economizer (LPE)* dengan penambahan *multiple helical fin* tidak dapat langsung diterapkan, karena dapat mengganggu sistem produksi listrik pada PLTGU, bahkan dapat membuat kondisi sistem mati (*shutdown*). Hal ini perlu digunakan metode pendekatan berupa simulasi dengan *software ANSYS 19.2*. Penggunaan simulasi dengan ANSYS 19.2 dapat memodelkan dan melakukan pendekatan sesuai dengan keadaan aktualnya. Selain itu, dengan menggunakan ANSYS dapat meminimalisir biaya, tidak mengganggu sistem, dan lebih efisien dalam waktu pelaksanaan [5]. Setelah itu dilakukanlah analisa efisiensi termal dan efektivitas *fin* dari *Low Pressure Economize*

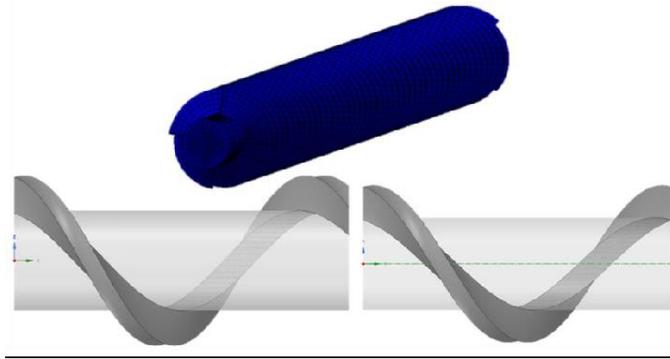
METODE PENELITIAN

Melakukan pengambilan data thermal dan geometri. Dalam proses simulasi menggunakan ANSYS tahapan yang dilakukan terbagi menjadi tiga bagian yaitu *pre-processing*, *processing*, dan *post processing*. Tahap *pre-processing* merupakan tahap pendesaianan gambar dan pencacahan atau *meshing*. Desain geometri dilakukan dengan menggunakan *software space calim 19.2*. *Tube* yang digambar sepanjang 1 meter dan juga ruang *flue gas* yang berukuran masing-masing 0,4761 meter, 0,2761 meter, dan 1,1 meter untuk lebar, panjang dan tinggi.

Berdasarkan hasil *meshing* yang telah dilakukan (gambar 1) didapat nilai rata-rata *skewnees* sebesar 0,2445 sedangkan untuk *orthogonal quality* nilainya 0,7566. Setelah itu, memberikan penamaan pada domain. Pada tahap *processing* dilakukan pengaturan pada model *turbulence* dengan menggunakan K-Omega, karena digunakan untuk aliran yang membentuk *swirling* pada suatu permukaan [6]. Memasukkan properti dari material, dan mendefinisikan *boundary condition*. Pada *post processing* dilakukan pengambilan data yang digunakan untuk perhitungan dan juga pengambilan data kontur.



Gambar 1 Tahap pendesainan geometri actual

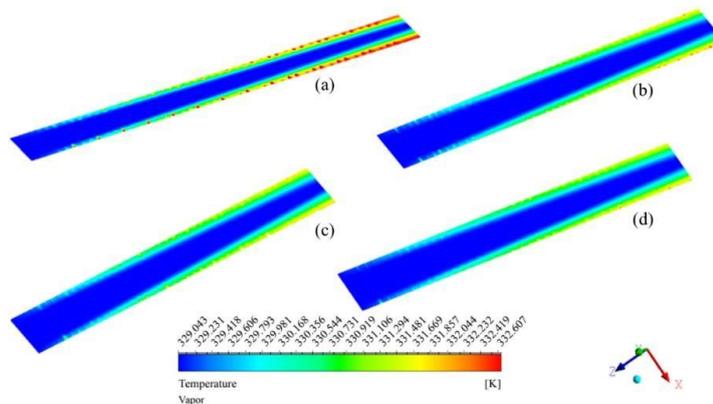


Gambar 2. Hasil pendesainan multiple helical *fin* dan contoh *fin pitch* 0.09 m & 0.1 m

Pendesainan *multiple helical fin* dilakukan dengan memvariasikan *fin pitch* diantaranya 0,09 meter, 0,1 meter, dan 0,11 meter. Pendesainan dilakukan dengan menggunakan *spaceclaim19.2*. Panjang *tube* yang digunakan adalah 1 m. dengan tebal *fin* sebesar 0,8 mm. Hasil pendesainan variasi *fin pitch* seperti gambar 2 *fin pitch* sendiri merupakan jarak antar center line dari *fin*.

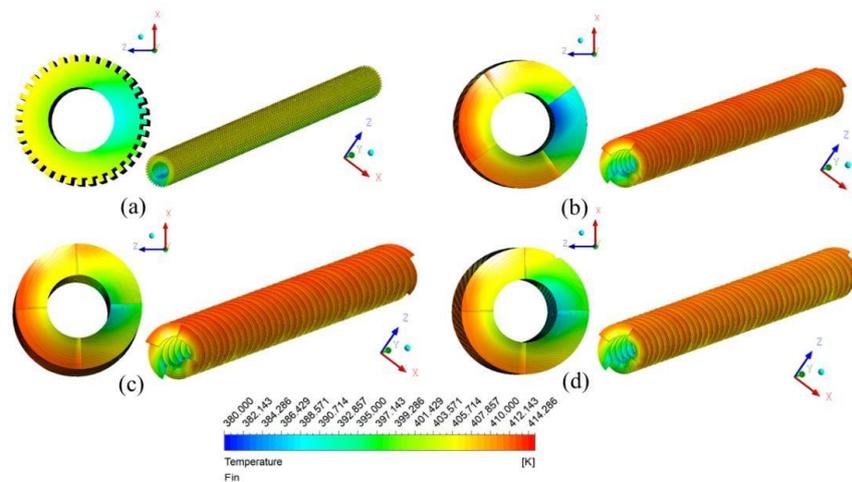
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *multiple helical fin* dengan jumlah *fin* 4 buah. Terdapat beberapa analisa, yaitu analisa distribusi temperatur di sepanjang pipa, analisa perubahan temperatur permukaan *fin*, dan juga analisa mengenai distribusi kecepatan.



Gambar 3. Kontur distribusi temperatur vapor

Gambar 3 (a) merupakan distribusi temperatur *vapor* pada geomtri awal yang menggunakan *fin* dengan jenis *annular serrated*. Sedangkan gambar 3 (b), (c), dan (d) merupakan distribusi temperatur *vapor* untuk variasi *fin pitch* 0,09 m, 0,1 m dan 0,11m. Pada gambar 3 menunjukkan bahwa panas yang dihasilkan dari adanya sebuah *fin* membentuk seperti sebuah titik merah yang tidak beraturan. Panas ini dikarenakan adanya proses perpindahan panas dari dasar permukaan *fin* menuju ke *outer tube* yang untuk selanjutnya akan mengalami perpindahan panas menuju *vapor* yang terletak didalam *tube*. Selain itu, titik panas paling dominan berada pada geometri awal lalu variasi *fin pitch* 0,09, *fin pitch* 0,1 dan *fin pitch* 0,11. Hal ini juga yang menyebabkan perubahan temperatur sepanjang *tube* geometri awal lebih besar dibanding dengan penggunaan *multiple helical fin*. Adapun semakin kecil *fin pitch* dari *multiple helical fin* maka perubahan temperatur sepanjang pipa akan lebih besar.

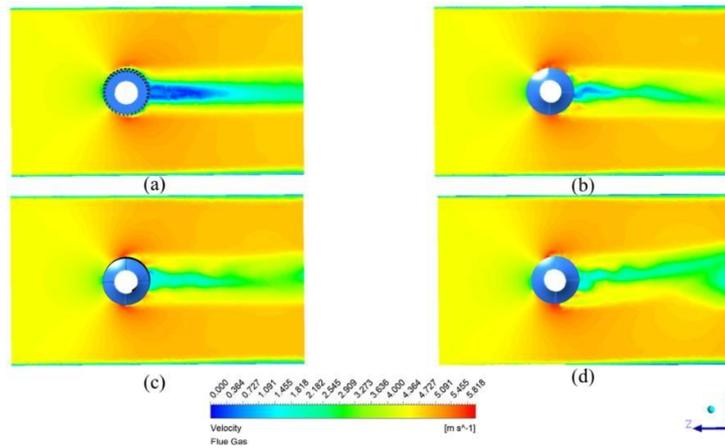


Gambar 4. Temperatur Permukaan pada *fin*

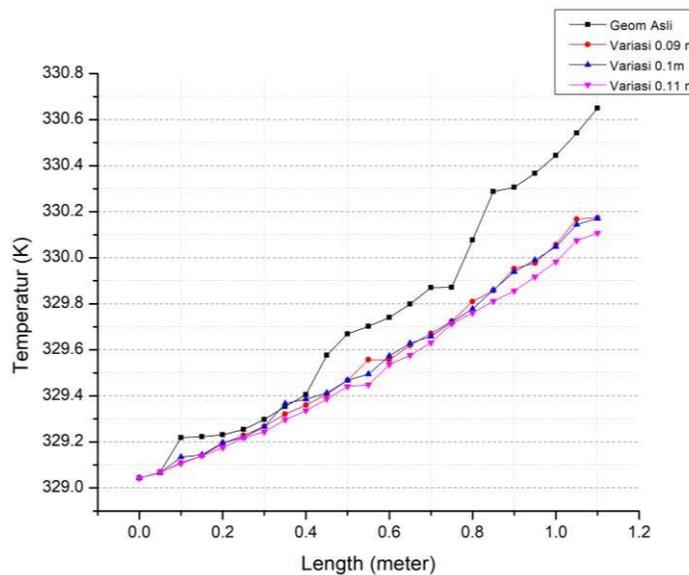
Temperatur permukaan *fin* mempengaruhi perpindahan panas didalam *tube* atau ke *vapor*. Selain jenis material dari *fin*, bentuk geometri *fin* mempunyai pengaruh dalam proses perpindahan panas. Mulai dari tebal *fin*, luas permukaan kontak *fin* dan juga bentuk dari jenis *fin* [7]. Berikut merupakan distribusi temperatur pada permukaan *fin* hasil simulasi.

Berdasarkan gambar 4 distribusi temperatur pada permukaan *fin* berbeda-beda. Variasi *fin pitch* 0,09 mempunyai distribusi temperatur permukaan *fin* yang lebih tinggi dibandingkan geometri awal ataupun dengan variasi *fin pitch* 0,1 dan 0,11. Pada *range* temperatur 380 K-414,286 K, variasi *fin pitch* 0,09 mempunyai gradasi warna merah yang lebih banyak dibandingkan dengan geometri pembangkit atau dengan variasi *fin pitch* lainnya. Lalu dilanjutkan dengan variasi *fin pitch* 0,1 dan 0,11. Sedangkan geometri awal mempunyai gradasi warna merah yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan variasi *fin pitch*.

Bentuk *fin* juga mempunyai pengaruh dalam distribusi kecepatan. Sehingga, apabila distribusi kecepatan pada tiap permukaan merata maka panas yang dipindahkan akan jauh lebih baik. Bentuk *helical* mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam proses penerimaan panas dibandingkan dengan geometri *longitudinal* ataupun *annular* [8]. Berdasarkan gambar 5 diketahui bahwa pada sisi yang tidak terkena *fin* mempunyai kontur warna yang berwarna biru. Sehingga dapat diketahui bahwa distribusi kecepatan pada geometri awal jauh lebih rendah dibandingkan dengan *multiple fin*.

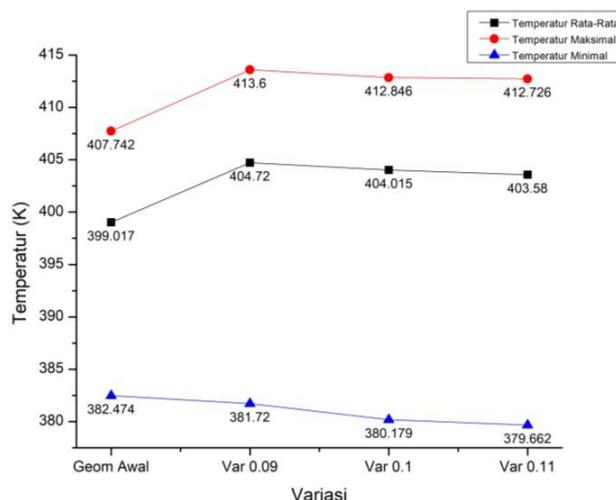
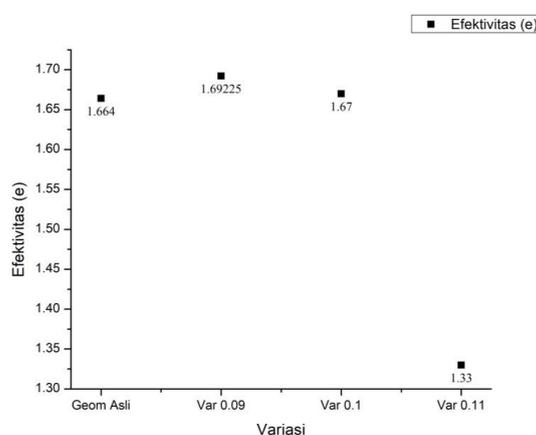


Gambar 5. Kontur *velocity* sekitar *fin*



Gambar 6. Grafik perubahan temperatur sepanjang tube

Pada gambar 6 mengenai grafik perubahan temperatur sepanjang *tube* menjelaskan terkait perubahan temperatur sepanjang pipa dari hasil simulasi. Geometri aktual mempunyai nilai kenaikan temperatur yang lebih besar dibandingkan dengan variasi *multile helical fin*. Hal ini ada hubungannya terkait dengan luas permukaan *fin* sisi dalam atau pertemuan antara permukaan *outer tube* dan juga *fin*. Apabila luas permukaan sisi dalam semakin besar maka panas yang merambat akan semakin banyak. Dengan begitu *fluida* sisi dalam *tube* (*vapor*) akan menerima panas yang jauh lebih besar dari sisi *flue gas*. Hal itu pun berlaku dengan variasi *fin pitch*. Variasi *fin pitch* sebesar 0,09 m mempunyai nilai temperatur keluar *vapor* yang jauh lebih besar dibandingkan dengan variasi lainnya. Dengan semakin kecilnya nilai *fin pitch* dari *multiple helical fin*, maka luas permukaan sisi dalam *fin* akan jauh lebih besar dan menyebabkan perubahan temperatur sisi *tube* berubah secara signifikan.

Gambar 7. Grafik variasi terhadap temperatur permukaan *fin*

Gambar 8. Grafik efektivitas terhadap variasi

Pada variasi *fin pitch* 0,09 mempunyai temperatur maksimal dan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan yang lainnya yaitu 413,6 K untuk temperatur permukaan *fin* maksimal dan 404,72 untuk temperatur rata-rata permukaan *fin*. Variasi *fin pitch* 0,1 mempunyai temperatur maksimal 412,86 K dan temperatur rata-rata 404,15 K. Lalu untuk variasi *fin pitch* 0,11, temperatur maksimal permukaan *fin* sebesar 412,726 K dan temperatur rata-rata 403,58. Sedangkan geometri awal mempunyai temperatur maksimal dan rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan yang lainnya yaitu 399,017 K dan 407,742 K. Walaupun distribusi temperatur permukaan *fin* dengan bentuk *multiple helical fin* lebih besar dibandingkan dengan geometri awal dengan bentuk *annular serrated* tetapi panas yang dapat di *transfer* ke *vapor* lebih kecil dibandingkan dengan geometri awal. Hal ini disebabkan oleh pertemuan luas permukaan *outer tube* dan *fin* pada geometri awal yang lebih besar dibandingkan dengan bentuk *fin* variasi [9] atau *multiple helical*.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai efektivitas, didapat bahwa variasi *fin pitch* 0,09 mempunyai nilai efektivitas tertinggi yaitu 1,69. Lalu untuk geom awal mempunyai nilai efektivitas sebesar 1,664. Sedangkan untuk variasi 0,1 dan 0,11 masing-masing mempunyai efektivitas *fin* sebesar 1,67 dan 1,33. Nilai efektivitas yang lebih dari 1 mempunyai arti bahwa *fin* melakukan perpindahan panas dari sisi luar (*flue gas*) menuju kesisi dalam (*vapor*) [10], atau terjadi proses pemanasan perpindahan panas dari permukaan *fin* ke permukaan dasar *fin* yang berbatasan dengan *tube*.

Variasi *fin pitch* mempunyai pengaruh yang sangat signifikan pada proses perpindahan panas. Dimana semakin kecil nilai dari *fin pitch* maka perpindahan panas yang diterima akan jauh lebih

besar. Hal tersebut terjadi karena beberapa hal. Pertama, semakin besarnya luas permukaan *fin* yang berkontak langsung dengan *flue gas* maka panas yang diterima *fin* akan jauh lebih besar. Lalu kedua, semakin besarnya luas permukaan dasar sirip maka perpindahan panas dari *fin* menuju permukaan *tube* akan jauh lebih besar, dan juga alirannya akan menjadi berotasi dan saling rapat [11].

KESIMPULAN

Berdasarkan data-data yang telah didapat dan telah dianalisis mengenai penggunaan *multiple helical fin* pada *low pressure economizer* dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Simulasi yang dilakukan menggunakan ANSYS 19.2 dengan ukuran geometri sepanjang 1 meter.
2. Efektivitas *fin* maksimal didapat pada geometri *multiple helical fin* dengan *fin pitch* 0.09 sebesar 1.6925. Geometri awal sebesar 1.664, variasi *fin pitch* 0.1 sebesar 1.67 dan variasi *fin pitch* sebesar 1.37.
3. Semakin kecil nilai *fin pitch* pada *multiple helical fin*, maka perubahan temperatur pada sisi *vapor*, distribusi temperatur rata-rata pada permukaan *fin* dan nilai efektivitasnya akan semakin meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sadar pengerjaan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, dari bantuan materil maupun moril. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan hormat kepada kedua orang tua yang sudah memberikan semangat dan juga dukungan materil, kepada kakak dan adik, serta kepada pemimbing penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukatnak, Rian. (2013). *Analisis Unjuk Kerja HRSG Blok 1 Pada PLTGU Muara Tawar*, Jakarta: STT-PLN.
- [2] Putri Jati, Aisyah., (2017). *Analisis Pengaruh Fin Pitch Terhadap Efisiensi Thermal High Pressure Economizer Heat Recovery Steam Generator PLTGU Pt. Pjb Up Gresik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] K. Shah, R., & P. Sekulic, D. (2003). *Fundamentals Of Heat Exchanger Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Awwaluddin, Muhammad. (2007). *Analisis Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda Dengan Sirip Berbentuk Delta Wing*. Semarang: Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang
- [5] Vinayak R. Tayade. (2015). *Structural Analysis Of Truck Chassis Using Finite Element Method*. International Journal Of Engineering Science Research Technology.
- [6] Yazicuoğlu, B. & Yuncu, H. (2009). *A Correlation for Optimum Fin Spacing of Vertically-Based Regular Fin Arrays Subjected to Natural Convection Heat Transfer*.
- [7] Guvenc & Yuncu. (2001). *An Experimental Investigation on Performance of Fins on a Horizontal Base in Free Convection Heat Transfer*
- [8] Maakoul, A. E. (2017). *Numerical Investigation Of Thermohydraulic Performance Of Air To Water*. Maroko.
- [9] Wais, P. (2012). *Fin-Tube Heat Exchanger Optimization*
- [10] Micheli, Leonardo. (2015). *General Correlations Among Geometry, Orientation And Thermal Performance Of Natural Convective Micro-Finned Heat Sinks*. Elsevier, 711-724
- [11] Serth, R. W. (2007). *Process Heat Transfer Principles And Applications*. Texas: Elsevier Ltd.