

ANALISIS VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER MENGGUNAKAN DUA VARIASI DESAIN TERHADAP PENGARUH LAJU KALOR PADA SISTEM *INDIRECT HEAT EXCHANGER* DALAM PROSES KRISTALISASI GARAM DENGAN METODE *FLOW SIMULATION*

Badruzzaman¹⁾, Felix Dionisius²⁾, Rudi Handoyo³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu
E-mail: badruzzaman@polindra.ac.id

Abstract

The salt production process in Indramayu is still done conventionally and depends on the weather, in the rainy season this method will not be optimal which requires sunlight as a heat source. In addition to fire and electricity, where the heater element is used as a heating medium, there is fluid as a heating medium. The heat exchanger system is a heat exchanger system with liquid fluid as the heating medium. In this study, the fluid used as a heater is oil and saturated seawater as the heated medium. The computation fluid dynamics (CFD) method used in this study is to solve the fluid flow problem on the effect of variations in the diameter of the capillary tube using a design variation as a heat transfer system. Optimal results based on CFD simulations on solidworks software at a diameter of 3/4 inches from the two pipe models have a more even distribution of heat seen from the saturated seawater temperature, which is 64-65 degrees from both designs, the second design has a more even distribution of heat with an average saturated seawater temperature is 65.89 °C .

Keywords: *salt crystallization, heat exchanger, capillary tube*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan kepulauan dengan total garis pantai 96 ribu km. Wilayah perairan lautnya lebih luas dibanding wilayah daratannya menjadikan Indonesia sebagai negara maritim dengan potensi kelautan dan perikanan yang melimpah. Salah satu potensi sektor kelautan dan perikanan yang perlu digali dan di kembangkan adalah garam (KKP, 2022).

Garam merupakan komoditas penting karena merupakan salah satu kebutuhan pokok yang dikonsumsi. Garam juga dibutuhkan untuk industri dalam jumlah yang banyak seperti pengasinan dan aneka pangan. Di Indonesia, garam banyak diproduksi dengan cara menguapkan air laut pada sebidang tanah pantai dengan bantuan angin dan sinar matahari sebagai sumber energi penguapan. Produksi garam dapat dilaksanakan oleh masyarakat pesisir, tanpa di perlukan keahlian khusus (Widiarto, S. B., dkk, 2013).

Produksi garam dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan garam nasional. Hal ini mengakibatkan Indonesia masih melakukan impor garam (KKP, 2022). Dengan potensi kelautan yang besar, Indonesia seharusnya mampu memproduksi dan memenuhi

kebutuhan garam sendiri. Oleh karena itu, upaya pengembangan usaha garam melalui penguatan partisipasi masyarakat perlu ditingkatkan.

Kabupaten Indramayu merupakan daerah pesisir yang memiliki potensi sebagai lahan produksi garam. Terletak tepat di Utara Pulau Jawa dan perbatasan langsung dengan Laut Jawa menjadikan Indramayu memiliki potensi laut dan perikanan yang cukup besar di Jawa Barat. Suhu rata-rata di Indramayu relatif panas, berkisar antara 22.9 °C hingga 32 °C. Dari total 31 kecamatan yang ada di Indramayu, 11 diantaranya merupakan daerah pesisir yang sebagian besar mata pencaharian masyarakatnya bergantung pada hasil laut (Noval, I, A., 2021).

Kabupaten Indramayu sendiri menjadi salah satu penyumbang produksi garam nasional tertinggi di Jawa Barat. Pada tahun 2011 rata-rata produksi garam rakyat di Indramayu sekitar 60 ton per hektar per musim dan pada tahun 2021 mencapai 130 ton per hektar per musim (KKP, 2021).

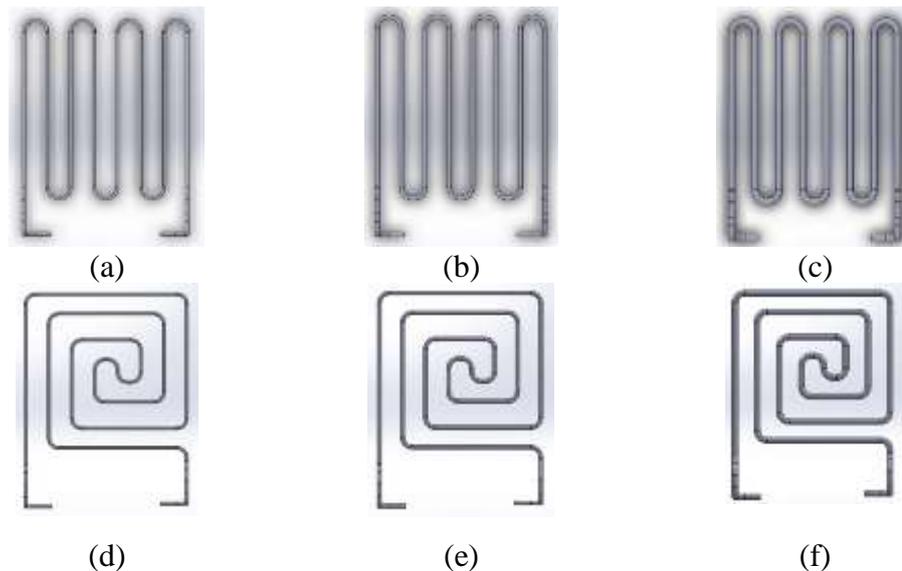
Proses produksi garam di Indramayu masih dilakukan secara konvensional dan bergantung pada cuaca, pada musim penghujan metode ini akan tidak maksimal yang dimana pada metode tersebut membutuhkan sinar matahari. Selain metode konvensional ada juga metode yang lebih efektif dari segi waktu maupun tenaga, seperti metode perebusan air laut jenuh dengan menggunakan bara api sebagai sumber panas dan juga menggunakan elemen heater sebagai pengganti panas matahari.

Selain metode di atas, konsep ini juga menggunakan sistem *heat exchanger* dengan fluida sebagai media pemanas. Berdasarkan proses perpindahan panas antara dua fluida yang terdapat dinding pembatas biasa disebut *indirect heat exchanger*. Pada kesempatan ini juga membuat dan menganalisa pengaruh panas dari variasi diameter dan bentuk pipa kapiler pada produksi pembuatan garam. Intinya pada proses pembuatan garam adalah sumber panas untuk memisahkan kandungan H₂O dan NaCl.

METODE PENELITIAN

Kajian literatur dilakukan untuk mencari informasi mengenai *heat transfer* menggunakan sistem *indirect heat transfer* sebagai panduan dilakukannya penelitian. Selanjutnya pembuatan desain terdapat tiga variasi dan dua variasi desain pipa kapiler.

Diameter yang digunakan pada penelitian ini yakni $3/8$ inch, $1/2$ inch, dan $3/4$ inch. Untuk desain pertama (Zig-zag) memiliki panjang pipa kapiler sebesar 5,2 m dan desain kedua (spiral) memiliki panjang 5,1 m. Jarak antar pipa sebesar 70 mm dari *centre to centre*. Setelah pembuatan desain dilakukan *assembly part* dari pipa kapiler dengan balok, yang dimana balok diasumsikan sebagai air laut jenuh.



Gambar 1. Variasi 1 (a) $3/8$ inch (b) $1/2$ inch (c) $3/4$ inch Variasi 2 (d) $3/8$ inch (e) $1/2$ inch (f) $3/4$ inch



Simulasi CFD atau bisa disebut *Computational Fluid Dynamics*. penelitian ini mengambil metode simulasi CFD untuk mengetahui aliran fluida pada oli dan air laut jenuh, temperatur, dan penyebaran panas pada setiap variasi diameter dan bentuk pipa kapiler. Dari hasil simulasi disini akan menentukan variasi diameter dan variasi desain yang optimal dalam penyebaran panasnya. Kegiatan penyusunan data yang diambil dari pengujian simulasi yang dimana akan didapat kesimpulan data yang optimal. Parameter simulasi CFD akan di jelaskan pada tabel 1 dibawah ini.

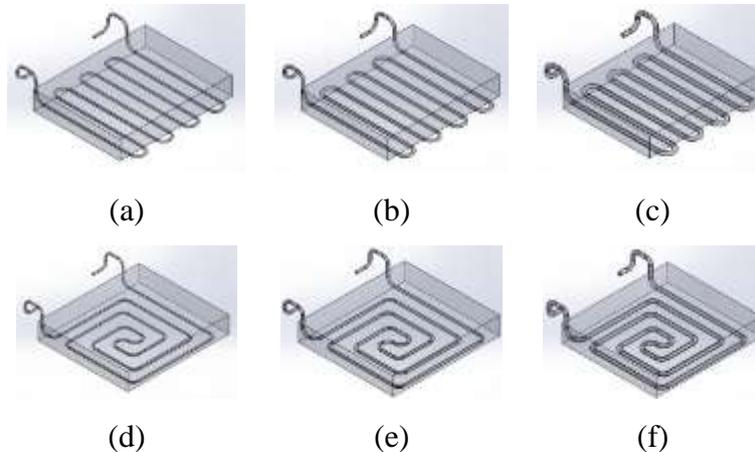
Gambar 2. Diagram alir simulasi

Tabel 1
Parameter simulasi CFD

Parameter	Value
Type Analisis	<i>External</i>
Fluida	Oli dan Air
Material	<i>Stainless Steel dan Copper</i>
<i>Initial Temperature Condition</i>	30°C
Type Aliran	<i>Laminar dan Turbuent</i>
<i>Inlet Temperature</i>	82°C
Laju Aliran Masa	0,259 kg/s
<i>Velocity In Direction</i>	4,21 m/s 2,37 m/s 1,05 m/s

HASIL DAN PEMBAHASAN

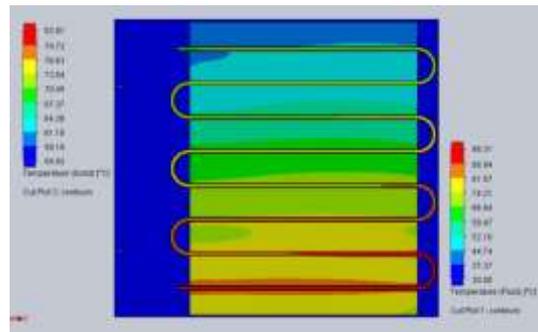
Desain produk menggunakan *software solidwork*. Desain pada gambar 3 yang akan digunakan pada simulasi CFD sebagai berikut.



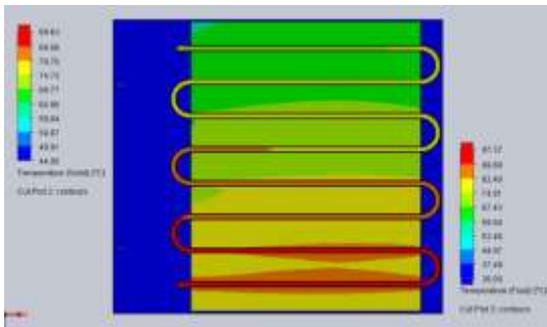
Gambar 3. Variasi 1 (a) 3/8 inch (b) 1/2 inch (c) 3/4 inch Variasi 2 (d) 3/8 inch (e) 1/2 inch (f) 3/4 inch.

Gambar diatas menunjukkan variasi diameter dengan menggunakan dua variasi desain dengan balok alat bantu air laut jenuh. Variasi pertama ditunjukkan gambar a-c dan variasi kedua d-f.

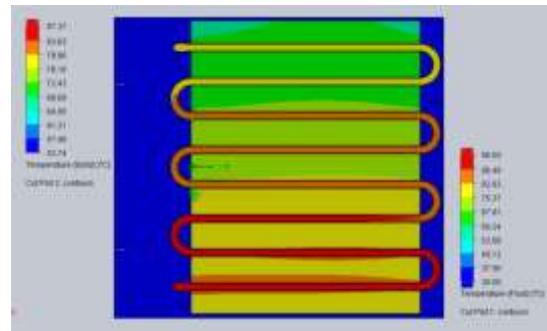
Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal dari variasi bentuk dan diameter pipa kapiler terhadap air laut jenuh dalam penyebaran panasnya. Hasil simulasi desain pertama diameter 3/8 inch ditunjukkan pada gambar 4 diameter 1/2 inch pada gambar 5 dan pada diameter 3/4 inch pada gambar 6, sedangkan pada desain kedua diameter 3/8 inch ditunjukkan pada gambar 7, diameter 1/2 inch pada gambar 8, dan diameter 3/4 inch pada gambar 9.



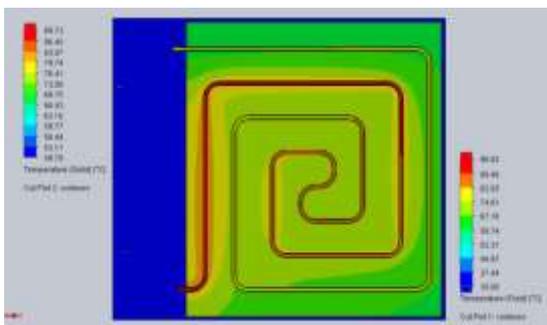
Gambar 4. Hasil simulasi variasi 1 diameter 3/8 inch



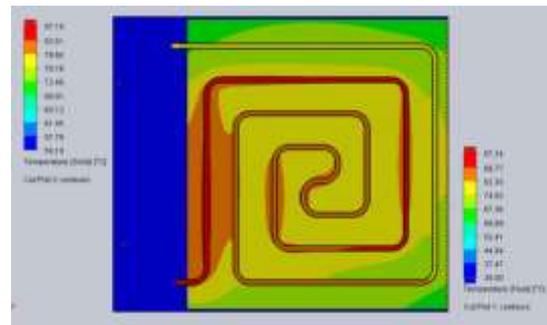
Gambar 5. Hasil simulasi variasi 1 diameter 1/2 inch



Gambar 6. Hasil simulasi variasi 1 diameter 3/4 inch



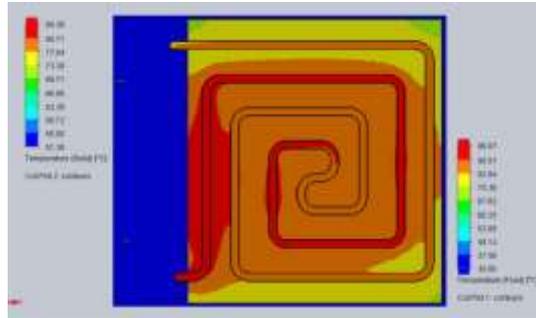
Gambar 7. Hasil simulasi variasi 2 diameter 3/8 inch



diameter 3/8 inch

Gambar 8. Hasil simulasi variasi 2

diameter 1/2 inch



Gambar 9. Hasil simulasi variasi 2 diameter 3/4 inch

Simulasi (*flow simulation*) temperatur 80-100°C ditunjukkan oleh warna merah sedangkan untuk temperatur 30-50°C berwarna biru. Pada penelitian ini temperatur inlet oli sebesar 100°C menyebar ke seluruh pipa yang akan mentransfer panas terhadap air laut jenuh. Hasil dari simulasi di atas menunjukkan pada diameter 3/4 inch dari kedua model pipa tersebut penyebaran panasnya lebih merata dilihat dari temperatur air laut jenuh yaitu 74-77°C dari kedua desain, desain kedua penyebaran panasnya lebih merata dengan rata-rata temperatur air laut jenuh 77°C. Nilai yang didapat dari simulasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2
Temperatur air dan oli hasil simulasi

Hasil Simulasi									
Variasi Perama (zig-zag)									
Parameter	Diameter 3/8 inch			Diameter 1/2 inch			Diameter 3/4 inch		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Temperature (Oli) [°C]	59.52	82.00	70.85	61.93	82.00	72.28	66.11	82.00	74.54
Temperature (Air) [°C]	55.15	71.08	62.04	55.26	70.38	62.87	58.44	69.35	64.05
Variasi Kedua (spiral)									
Parameter	Diameter 3/8 inch			Diameter 1/2 inch			Diameter 3/4 inch		
	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average
Temperature (Oli) [°C]	60.85	82.00	71.56	64.60	82.00	73.54	68.18	82.00	75.16
Temperature (Air) [°C]	57.90	70.10	62.40	60.01	71.75	64.60	61.27	70.90	65.89

SIMPULAN

Pada penelitian pengaruh kalor terhadap variasi diameter pipa kapiler menggunakan dua variasi desain pada sistem *indirect heat exchanger* untuk proses kristalisasi garam dengan metode simulasi CFD dapat disimpulkan:

1. Laju kalor terhadap variasi diameter pipa kapiler pada sistem *indirect heat exchanger*

sangat berpengaruh, terbukti dari nilai temperatur pada air laut jenuh untuk variasi 1 diameter $\frac{3}{8}$ inch dengan nilai 68,02 °C, diameter $\frac{1}{2}$ inch dengan nilai 72,68 °C, diameter $\frac{3}{4}$ inch dengan nilai 74,35 °C dan untuk variasi 2 diameter $\frac{3}{8}$ inch dengan nilai 73,33 °C, diameter $\frac{1}{2}$ inch dengan nilai 76,36 °C, diameter $\frac{3}{4}$ inch dengan nilai 77,44 °C.

2. Laju kalor terhadap variasi desain pipa kapiler pada sistem *indirect heat exchanger* sangat berpengaruh terbukti dari nilai temperatur pada air laut jenuh untuk variasi 1 pada simulasi dengan nilai 74,35 °C, variasi 2 dengan nilai 77,44 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- KKP, 2022. Pengembangan Usaha Garam Rakyat (PUGAR). Tersedia di <https://kkp.go.id/djprl/bpsplpadang/page/4779-pugar-pengembangan-usaha-garam-rakyat> [Diakses pada tanggal 9 Agustus 2022].
- Widiarto, S. B., dkk. (2013). Efektivitas Program Pemberdayaan Usaha Garam Rakyat. *Manajemen IKM*, 8(2), 145-154.
- Noval, I, A., (2021). Pengaruh Laju Kalor Dari Variasi Panjang Pipa Kapiler Pada Sistem *Indirect Heat Exchanger* Untuk Proses Kristalisasi Garam. Program Diploma 4 Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu.
- KKP. 2021 . Program SEGAR, Ubah Wajah Petambak Garam Indramayu. Tersedia di <https://kkp.go.id/djprl/artikel/33850-program-segar-ubah-wajah-petambak-garam-indramayu> [Diakses pada tanggal 9 Agustus 2022].
- Subiantoro, S. (2001). Mengenal Lebih Jauh Tentang Garam. 1-16.
- Tan Ali Al Ayubi. 2017. Laju Aliran Massa Dan Debit Aliran. Surabaya.
- Tukiman,. dkk., (2013). Perhitungan Dan Pemilihan Pompa Pad A Instalasi Pengolahan Air Bebas Mineral Iradiator Gamma Kapasitas 200 Kci. Prosiding Pertemuan Iilmiah Perekayasa Perangkat Nuklir. Batan.
- Nainggolan, I. R., (2019). *Analisis Keefektifan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube sebagai Pendingin Oli dengan Air sebagai Media Pendingin*. Medan: Universitas Sumatera Utara. Retrieved Juli 15, 2021
- Holman, J. P., (1997). *Perpindahan Kalor*, edisi ke-2. Jakarta : Erlangga
- Kreith, Frank., (1877). *Principles Of Heat Transfer*, 4th ed. New york : Harper and Row
- Serth, Robert W., (2007). *Proses Heat Transfer, Principles and Application*, Elsevier Science & Technology Books

Koestoer, Raldi Artono., (2002). *Perpindahan Kalor*, edisi ke-1. Jakarta: Salemba Teknik

Romulus Situmorang (2016), “Analisa Keefektivan Alat Penukar Kalor tipe Shell and Tube Satu Lualan Cangkang Dua Lualan Tabung Sebagai Pendinginan Oli dengan Fluida Pendingin Air”