



# ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN JUMLAH NOZZLE SPRAY PADA CONDENSOR TERHADAP EFEKTIVITAS CONDENSOR

Anjar Priangka Whisnumurti<sup>\*</sup>, Cecep Slamet Abadi<sup>1</sup>, Widiyatmoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

---

## Abstrak

*Condensor adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk melakukan kondensasi terhadap uap panas menjadi air kondensat. Studi kasus yang penulis ambil adalah condensor yang digunakan di PT. X yaitu condensor jenis Counter flow Jet Condensor. Air pendingin pada condensor pada PT.X bergerak karena beda ketinggian antara cooling tower dengan condensor dan tidak memiliki pompa untuk menambahkan debit aliran fluida pendinginnya. Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang akan digunakan adalah metode penelitian komparatif. Hal ini dipilih karena dalam penelitian ini, peneliti mencoba membandingkan 2 kondisi, yaitu kondisi 1 adalah efektivitas condensor tanpa dilakukan rekayasa penambahan jumlah nozzle spray dan kondisi 2 adalah efektivitas condensor dengan dilakukan rekayasa penambahan jumlah nozzle spray. Efektivitas saat operasi bulan Januari terjadi penurunan efektivitas sebesar 0,19% di bandingkan dengan kondisi spesifikasi. Sedangkan, kondisi operasi bulan Juli terjadi penurunan efektivitas sebesar 4,89% di bandingkan dengan spesifikasi. Dengan di tambahkan spray nozzle dari 8 s.d. 128 nozzle maka kondisi spesifikasi terjadi kenaikan efektivitas sebesar 0,12% s.d. 5,64%. Pada kondisi operasi bulan Januari terjadi kenaikan efektivitas sebesar 0,01% s.d. 0,72%. Pada kondisi operasi bulan Juli terjadi kenaikan efektivitas sebesar 0,02% s.d. 1,26%.*

*Kata Kunci: Condensor, PLTP, Efektivitas, Nozzle Spray*

---

## Abstract

*Condensor is a heat exchanger that serves to condense against hot steam into condensate water. The case study that the authors took was the condensor used in PT. X using type of Condensor is Counter flow Jet Condensor. Cooling water on condensor on PT. X moves because of the height difference between the cooling tower and the condensor and does not have a pump to add discharge to the cooling fluid flow. In this study, the type of research to be used is comparative research method. This was chosen because in this study, researchers tried to compare 2 conditions, namely condition 1 is the effectiveness of condensor without engineering the addition of the number of nozzle spray and condition 2 is the effectiveness of condensor with the engineering of adding the number of spray nozzles. Effectiveness during operation in January decreased effectiveness by 0.19% compared to the condition specifications. Meanwhile, operating conditions in July decreased effectiveness by 4.89% compared to specifications. By adding spray nozzle from 8 to 128 nozzles, the condition of specifications increased effectiveness by 0.12% s.d. 5.64%. In January operating conditions there was an increase in effectiveness by 0.01% to 0.72%. In July operating conditions there was an increase in effectiveness by 0.02% to 1.26%.*

*Keywords: Condensor, PLTP, Efektivitas, Nozzle Spray*

---

<sup>\*</sup> Corresponding author E-mail address: anjarpriangka67@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

### LATAR BELAKANG

Condensor adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk melakukan kondensasi terhadap uap panas menjadi air kondensat. Kondensasi adalah perubahan uap menjadi fasa cair yang terjadi ketika uap bersentuhan melalui permukaan kontak yang memiliki temperatur lebih rendah dari temperatur jenuh uap. Energi laten dilepas dan panas dipindahkan sehingga terjadi perubahan fasa pada uap-[1].

Condensor merupakan komponen perpindahan panas yang berperan penting untuk meningkatkan efisiensi pembangkit dalam sistem pembangkit tenaga uap. Secara umum condensor dibedakan atas dua tipe yaitu kontak langsung dan permukaan. Pada condensor kontak langsung, uap dikondensasikan dengan cara mencampurkannya secara langsung dengan air pendingin, sedangkan pada condensor permukaan, air pendingin dialirkan melewati pipa-pipa dengan uap berada di bagian luar pipa-[1].

Penelitian terhadap condensor sudah dilakukan di antaranya yang dilakukan oleh Budiman Sudia (2016) dengan judul “PENGARUH VARIASI DEBIT ALIRAN FLUIDA DINGIN TERHADAP EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR WL 110 TIPE CONCENTRIC TUBE DENGAN METODE NTU” memberikan kesimpulan “peningkatan debit aliran fluida dingin dapat meningkatkan kapasitas penukar baik fluida panas maupun fluida dingin”-[2]

Dan, penelitian terhadap condensor yakni yang dilakukan oleh Lekic dan Ford (1980) melakukan studi secara teoretis dan eksperimen kondensasi kontak langsung pada uap murni dengan air pendingin berupa spray. Dalam analisis teoretisnya diameter butiran merupakan parameter yang paling mempengaruhi nilai pemanfaatan termal (thermal utilization) dibandingkan pergerakan butir-[1].

Dan, penelitian yang dilakukan oleh Januarius Fraz (2018) dengan judul “Pengaruh Jumlah Nozzle Water Sprayer Terhadap Kinerja AC (Air Conditioning)” memberikan kesimpulan “Dengan penambahan nozzle water sprayer akan meningkatkan kerja AC terhadap nilai Coefficient Of Performance”-[3].

Studi kasus yang akan penulis ambil adalah condensor yang digunakan di PLTP PT. X yaitu condensor kontak langsung jenis Counter flow Jet Condensor. Pada condensor jenis ini, uap keluar dari turbin masuk ke dalam condensor melalui inlet condensor yang berada di samping condensor, dan air pendingin disemprotkan ke dalam condensor melalui nosel-nosel yang berada di sisi atas condensor, air tersebut akan bersentuhan langsung dengan uap panas yang keluar dari turbin sehingga terjadi kondensasi. Vakum pada condensor jenis ini di bantu dengan komponen bernama Steam Ejector-[4].

Air pendingin pada condensor pada PLTP PT.X bergerak di karenakan beda ketinggian antara dasar kolam cooling tower dengan condensor dan tidak memiliki pompa untuk menambahkan debit aliran fluida pendinginnya. Fluida pendingin untuk condensor memiliki temperature berdasarkan temperature udara sekitar. Saat, musim kemarau hal ini dapat membuat kenaikan temperature air pendingin dan menyebabkan penurunan efektivitas condensor tersebut. Untuk itu, penulis ingin melakukan penelitian bagaimana pengaruh penambahan jumlah nozzle spray terhadap efektivitas condensor tipe direct contact di PLTP PT.X.

## 2. METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

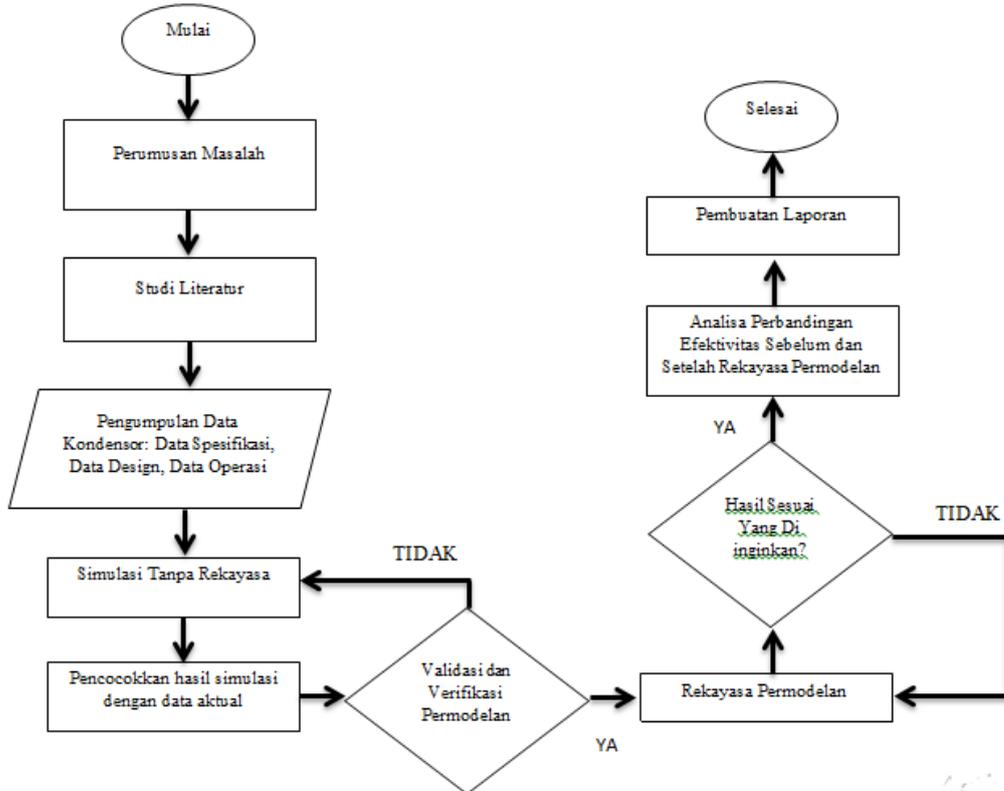
Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang akan digunakan adalah metode penelitian komparatif. Hal ini dipilih karena dalam penelitian ini, peneliti mencoba membandingkan 2 kondisi, yaitu kondisi 1 adalah efektivitas *condensor* tanpa dilakukan rekayasa permodelan penambahan jumlah *nozzle spray* dan kondisi 2 adalah efektivitas *condensor* dengan dilakukan rekayasa permodelan penambahan jumlah *nozzle spray*.

### Objek Penelitian

Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah *Condensor* tipe *direct contact (counter flow jet condensor)* di PLTP PT. X yang berlokasi di Desa Purwabhakti, Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.

### Diagram Alir Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis memiliki alir seperti gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Analisa Data

Dalam melakukan analisa data, penulis menggunakan perhitungan NTU-effectiveness untuk mencari nilai efektivitas *counter flow condensor* seperti persamaan 1 dan di jabarkan seperti berikut-[8]:

$$\epsilon = \frac{1 - \exp\left[-\left(\frac{Q/LMTD}{C_{min}}\right)\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]}{1 - \frac{C_{min}}{C_{max}} \exp\left[-\left(\frac{Q/LMTD}{C_{min}}\right)\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]} \quad [1]$$

Keterangan :

- ε = Efektivitas *Condensator* (%)
- C<sub>min</sub> = Kapasitas Panas Minimum (kJ/sK)
- C<sub>max</sub> = Kapasitas Panas Maksimum (kJ/sK)
- Q = Laju Perpindahan Panas (kJ/s)
- LMTD = Log Mean Temperature Differensial (K)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Spesifikasi

Data spesifikasi merupakan data yang penulis dapatkan dari lokasi penelitian penulis, data ini berisi tentang data-data parameter spesifikasi sesuai dengan manual book *condensor* tersebut, seperti temperatur, tekanan, flow yang di jabarkan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data Spesifikasi -[9]

No.	Parameter	Nilai Parameter	Keterangan
1	Tekanan Uap Masuk <i>Condensor</i>	0,1 Bar	Ps
2	Temperature Uap Masuk <i>Condensor</i>	45.7 C	Ts
3	Debit Uap Masuk <i>Condensor</i>	389864 kg/h	Fs
4	Tekanan Air Pendingin Masuk <i>Condensor</i>	0,3 bar	Pw
5	Temperature Air Pendingin Masuk <i>Condensor</i>	26 C	Tw
6	Debit Air Pendingin Masuk <i>Condensor</i>	5141 m <sup>3</sup> /h	Fw
7	Temperature Air Kondensat	35,7 C	Tc

#### Data Design

Data design merupakan data yang penulis dapatkan dari lokasi penelitian penulis, data ini berisi tentang data-data gambar teknik atau ukuran-ukuran dimensi dari *condensor* sesuai dengan manual book yang akan penulis gunakan dalam pembuatan geometri. Data gambar teknik di jabarkan seperti tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data Gambar Teknik-[9]

No.	Bagian	Nilai
1	Volume <i>Condensor</i> (Vertical)	313 m <sup>3</sup>
2	Tinggi <i>Condensor</i>	8,5 m
3	Tebal Dinding <i>Condensor</i>	16 mm
4	Jumlah <i>Spray</i> <i>Nozzle</i>	268
5	Jarak Antar <i>Spray</i> <i>Nozzle</i>	0,75 mm
6	Diameter <i>Nozzle</i>	15 mm

### Data operasi

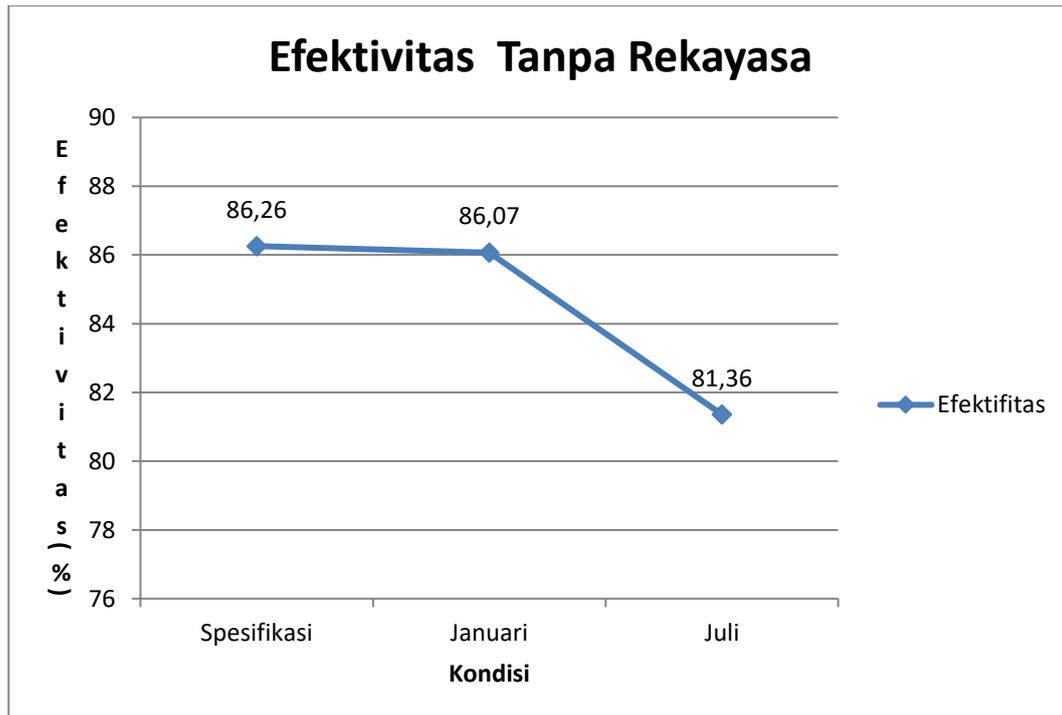
Data operasi merupakan data yang penulis dapatkan dari lokasi penelitian penulis, data ini di dapatkan dari control room. Penulis mengambil data selama 1 bulan di bulan Januari 2018 setiap jam 14.00 WIB sebagai asumsi kondisi saat musim hujan dan di ambil rata-rata. Sedangkan, asumsi kondisi saat musim kemarau, penulis ambil rata-rata selama 1 bulan di bulan Juli 2018 setiap jam 14.00 WIB yang di jabarkan dalam tabel 3 berikut.

Tabel 3 Data Operasi

No.	Kondisi	Aliran Air Masuk Kondensor (T/h)	Temperature Air Masuk Kondensor (C)	Aliran Uap Masuk Kondensor (T/h)	Temperature Uap Masuk Kondensor ( C )	Temperature Hotwell Kondensor (C)
1	Operasi Januari 2018	11636,81	27,44	662,79	77,77	52,59
2	Operasi Juli 2018	11677,97	38,83	662,79	77,81	58,34

### Efektivitas Condensor Tanpa Rekayasa

Penulis melakukan perhitungan efektivitas *condensor* secara manual baik sesuai dengan spesifikasi maupun saat kondisi operasi menggunakan metode NTU-*Efectiveness* seperti persamaan 1-[8].



Gambar 2. Grafik Efektivitas Tanpa Rekayasa

Efektivitas seperti gambar 3 menunjukkan bahwa saat kondisi operasi pada bulan Januari terjadi penurunan efektivitas sebesar 0,19% jika di bandingkan dengan kondisi spesifikasi dari 86,26% menjadi 86,07%. Sedangkan, kondisi operasi pada bulan Juli terjadi penurunan efektivitas sebesar 4,9% jika di bandingkan dengan kondisi spesifikasi dari 86,26% menjadi 81,36%, hal ini di sebabkan oleh temperature air pendingin pada bulan Juli lebih tinggi di bandingkan pada bulan Januari seperti tabel 3.

#### Efektivitas Condensor Dengan Rekayasa Kondisi Spesifikasi

Penulis melakukan perhitungan efektivitas *condensor* secara manual pada kondisi spesifikasi dengan rekayasa permodelan penambahan 8 *nozzle*, 16 *nozzle*, 32 *nozzle*, 64 *nozzle*, dan 128 *nozzle* menggunakan metode *NTU-Effectiveness* seperti persamaan 1-[8].

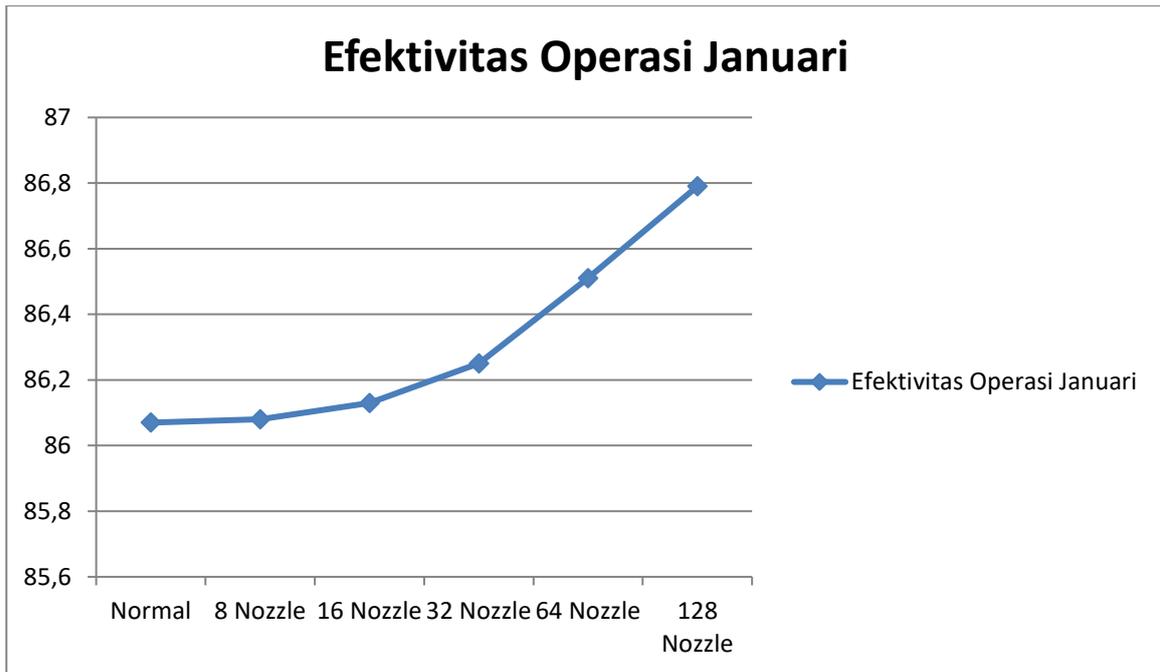


Gambar 3 Grafik Efektivitas Kondensor Kondisi Spesifikasi Dengan Rekayasa

Efektivitas *condensor* dengan rekayasa seperti gambar 3. Pada kondisi spesifikasi terjadi kenaikan sebesar 0,12% s.d. 5,63% dengan penambahan 8 *nozzle* s.d. 128 *nozzle* dari 86,26% menjadi 91,89%. Selisih kenaikan efektivitas antara penambahan 8 *nozzle* dengan 16 *nozzle* yakni 0,31%, 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yakni 0,85%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 1,99%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 2,35%. Sehingga di dapatkan penambahan jumlah *nozzle* yang optimum yaitu 64 *nozzle*.

#### Efektivitas Condensor Dengan Rekayasa Kondisi Operasi Januari

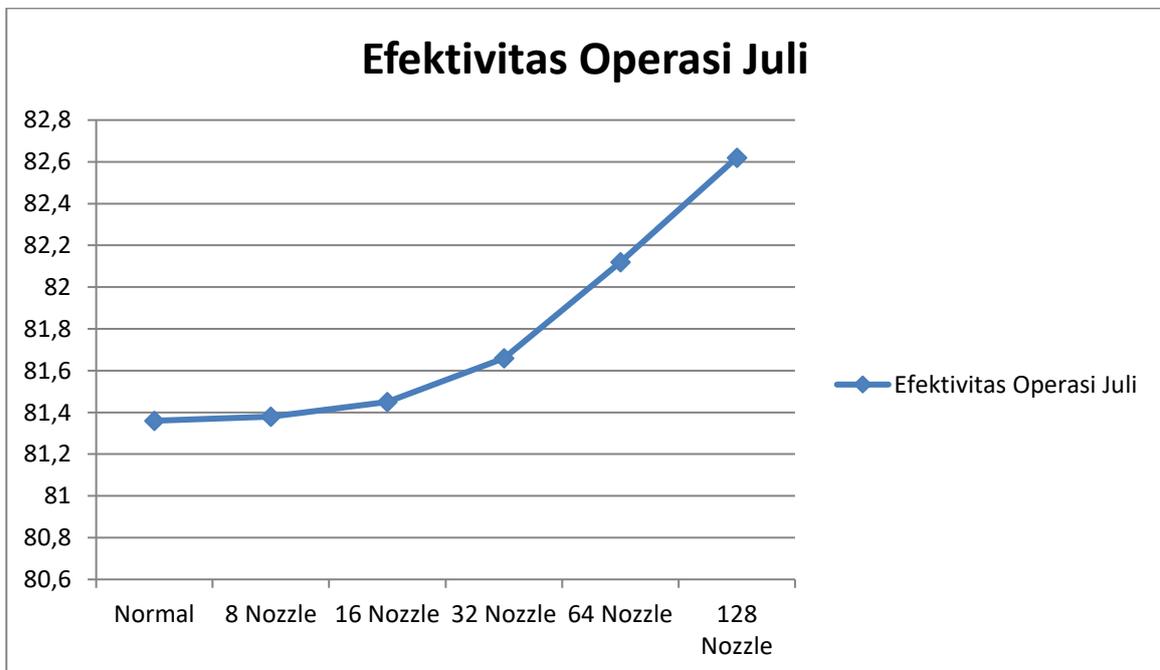
Penulis melakukan perhitungan efektivitas *condensor* secara manual pada kondisi operasi Januari dengan rekayasa permodelan penambahan 8 *nozzle*, 16 *nozzle*, 32 *nozzle*, 64 *nozzle*, dan 128 *nozzle* menggunakan metode NTU-*Effectiveness* seperti persamaan 1-[8].



Gambar 4 Grafik Efektivitas Kondensor Kondisi Januari Dengan Rekayasa

Efektivitas pada kondisi operasi bulan Januari seperti gambar 4 terjadi kenaikan sebesar 0,01% s.d. 0,72% dengan penambahan 8 *nozzle* s.d. 128 *nozzle* dari 86,07% menjadi 86,79%. Selisih kenaikan efektivitas antara penambahan 8 *nozzle* dengan 16 *nozzle* yakni 0,04%, 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yakni 0,12%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 0,26%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 0,28%. Sehingga di dapatkan penambahan jumlah *nozzle* yang optimum yaitu 64 *nozzle*.

#### Efektivitas Condensor Dengan Rekayasa Kondisi Operasi Juli



Gambar 5 Grafik Efektivitas Kondensor Kondisi Juli Dengan Rekayasa

Pada kondisi operasi bulan Juli seperti gambar 5 terjadi kenaikan sebesar 0,02% s.d. 1,25% dengan penambahan 8 *nozzle* s.d. 128 *nozzle* dari 81,36% menjadi 82,61%. Selisih kenaikan efektivitas antara penambahan 8 *nozzle* dengan 16 *nozzle* yakni 0,07%, 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yakni 0,2%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 0,45%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 0,49%. Sehingga di dapatkan penambahan jumlah *nozzle* yang optimum yaitu 64 *nozzle*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian penulis tentang penambahan jumlah *nozzle spray* pada *condensor* ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Efektivitas *condensor* turun sebesar 0,19% saat operasi bulan Januari jika di bandingkan dengan spesifikasi dari 86,26% menjadi 86,07% dan saat operasi bulan Juli turun sebesar 4,9% jika di bandingkan dengan spesifikasi dari 86,26% menjadi 81,36%.
2. Dengan menggunakan debit, dan temperature air pendingin yang sama lalu di tambahkan jumlah *spray nozzle* dapat meningkatkan efektivitas *condensor direct contact*. Dengan di tambahkan jumlah *nozzle* sebanyak 8 *nozzle* s.d. 128 *nozzle* terjadi kenaikan sebesar 0,12% s.d. 5,63% pada kondisi spesifikasi, 0,01% s.d. 0,72% pada kondisi operasi bulan Januari, 0,02% s.d. 1,25% pada kondisi operasi bulan Juli.
3. Penambahan jumlah *nozzle* yang optimum yaitu sebanyak 64 *nozzle spray* karena selisih kenaikan efektivitas antara 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yaitu sebesar 0,85%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 1,99%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 2,35% untuk kondisi spesifikasi. Untuk kondisi operasi bulan Januari, selisih kenaikan efektivitas antara 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yakni 0,12%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 0,26%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 0,28%. Dan untuk kondisi operasi bulan Juli, selisih kenaikan efektivitas antara 16 *nozzle* dengan 32 *nozzle* yakni 0,2%, 32 *nozzle* dengan 64 *nozzle* yakni 0,45%, dan 64 *nozzle* dengan 128 *nozzle* yakni 0,49%

## REFERENSI

1. Apriyanti, V., et al., Perancangan Perangkat Eksperimen Kondensasi Kontak Langsung dengan Keberadaan Non Condensable Gas. 2015.
2. Sudia, B., Pengaruh Variasi Debit Aliran Fluida Dingin terhadap Efektivitas Penukar Kalor WL110 tipe Concentric Tube dengan Metode NTU. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 7(2).
3. Fraz, J., PENGARUH JUMLAH NOZZLE WATER SPRAYER TERHADAP KINERJA AC. 2018.
4. Pavez, M., Steam Condenser. 2018.
5. Sihombing, C., Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. *Swara Patra*, 2020. 10(1): p. 5-12.
6. Putra, I.E.N., Kondensor dan Prinsip Kerja. 2018.
7. Yohana, E., et al., Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water Terhadap Efektivitas Kondensor di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng. *ROTASI*, 2019. 21(3): p. 155-159.
8. Holman, J., Heat transfer tenth edition. 2010, The McGraw-Hill Companies. USA.
9. Negara, P.P.L., Condensor And Ejector. 1990. 4.
10. Toulas, B., AISI 316 Stainless Steel: Specification and Datasheet. 2018.
11. Versteeg, H.K. and W. Malalasekera, An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. 2007: Pearson education.
12. ANSYS.Inc, RNG k-e Model. 2009.
13. Fluent, A., Ansys fluent theory guide. ANSYS Inc., USA, 2011. 15317: p. 724-746.
14. Patel, V. and R. Patel. Challenges In Multiphase Simulation of Condensation of Vapor In Presence of Non-Condensable Gases In Compact Heat Exchangers. in *ICTEA: International Conference on Thermal Engineering*. 2019.
15. ANSYS.Inc, ANSYS Fluent User Guide. 2019.
16. Solmaz, S., Verification and Validation in Computer-Aided Engineering – Explained. 2021.
17. Vink, B., et al., A Verification and Validation Study of CFD Simulations for the Flow Around a Tug.