

## Metode optimasi pada interkoneksi sistem suplai uap untuk kehandalan dan ekonomi pada *sea water desalination*

Angga Ridwan Pratama<sup>1\*</sup>, Muhammad Agus Sahbana<sup>2</sup>, Nova Risdiyanto Ismail<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang<sup>1,2,3</sup>

Jl. Taman Borobudur Indah No. 3, Lowokwaru Malang 65141, Indonesia

Email: [angga.ridwan.p@gmail.com](mailto:angga.ridwan.p@gmail.com)<sup>1</sup>, [sahbana@widyagama.ac.id](mailto:sahbana@widyagama.ac.id)<sup>2</sup>, [novajota@yahoo.com](mailto:novajota@yahoo.com)<sup>3</sup>

### Abstract

*Sea water desalination or desalination plant is an equipment that functions to change sea water into fresh water. Its reliability in supply water is important especially as raw material for the electricity generation process. Start-stop gas turbine operating mode as well as routine maintenance schedules or sudden damage in one of the desalination plants cause a reduction in steam supply readiness. This research purposed to maintain the availability of supply steam desalination plant by using a method design interconnection line which is analyzed in terms of pressure drop and flow in theoretical calculations. This research resulted is design the interconnection line supply steam of the desalination plant by removing and modifying the position of the check valve dividing between desalination plant 1, 2 and 3. The analysis of the supply steam interconnection design in terms of pressure and flow desalination plant is still in accordance with the reference manual book. The operational cost of the desalination plant is more economical using supply steam from Block 1 Low-Pressure Auxiliary with a profit of 154.01% or 82,318,148 rupiahs per day.*

**Keywords:** *Sea water desalination, interconnection line, pressure drop, flow, operational cost.*

### Abstrak

*Sea water desalination atau desalination plant adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk menyuling air laut menjadi air tawar. Kehandalannya dalam menyediakan air menjadi hal yang penting terutama sebagai bahan baku proses pembangkitan listrik. Mode pengoperasian gas turbin yang start-stop serta adanya schedule pemeliharaan rutin atau gangguan pada salah satu desalination plant menyebabkan berkurangnya kesiapan suplai uap. Penelitian ini bertujuan untuk menjaga ketersediaan suplai uap desalination plant dengan menggunakan metode perancangan line interkoneksi yang dianalisa dari segi pressure drop dan perubahan flow secara perhitungan teoritis. Penelitian ini menghasilkan rancangan interkoneksi line suplai uap desalination plant dengan cara melepas dan memodifikasi posisi check valve pemisah antara desalination plant 1, 2 dan 3. Analisa rancangan interkoneksi suplai uap dari segi pressure dan flow desalination plant masih sesuai dengan referensi manual book. Biaya operasional desalination plant lebih ekonomis menggunakan suplai uap dari Low Pressure Auxiliary Blok 1 dengan keuntungan sebesar 154,01% atau 82.318.148 rupiah per hari.*

**Kata Kunci:** *Sea water desalination, line interkoneksi, pressure drop, flow, biaya operasional.*

### Pendahuluan

*Sea water desalination atau desalination plant merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk menyuling air laut yang mempunyai conductivity di atas 50.000  $\mu$ mos/cm menjadi air tawar dengan conductivity di bawah 10*

*$\mu$ mos/cm. Secara proses desalination plant menggunakan bahan baku air laut yang dipanasi oleh uap. Air laut tersebut berubah menjadi uap di dalam brine heater. Kemudian uap tersebut didinginkan sehingga diperoleh distillate water atau air tawar [1].*

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Grati Pasuruan mempunyai 3 unit *desalination plant* (desal) yang pengoperasiannya dibantu dengan uap dari *Auxiliary boiler, low pressure* (LP) *Auxiliary Steam* Blok 1 dan *Cold Reheat* (CRH) *steam* blok 3. Desal 1 dan desal 2 disuplai dari *Auxiliary boiler* dan *LP Steam* Blok 1 [2]. Sedangkan desal 3 hanya disuplai dari *Auxiliary boiler* dan CRH blok 3 [3]. *Auxiliary boiler* dijadikan alternatif terakhir dikarenakan bahan bakar yang digunakan yaitu *high speed diesel* (HSD) yang notabene tidak ramah lingkungan. Sehingga pengoperasian *desalination plant* diutamakan disuplai oleh uap dari *LP steam* blok 1 untuk desal 1 dan 2 sedangkan CRH untuk suplai uap desal 3. Mode pengoperasian gas turbin yang *start-stop* serta adanya *schedule* pemeliharaan rutin atau gangguan pada salah satu *desalination plant* menyebabkan berkurangnya kesiapan suplai uap. Sehingga diperlukan suatu penelitian untuk menjaga ketersediaan suplai uap *desalination plant*.

Penelitian yang membahas mengenai sumber daya yang sesuai untuk *desalination plant*. Mengintegrasikan *multi-effect desalination* (MED) unit dengan *internal combustion engine* (ICE). Panas gas buang ICE digunakan untuk menghasilkan uap sesuai kebutuhan panas untuk efek pertama sistem MED [4]. Selain itu, juga menganalisa integrasi unit *multi-effect desalination* (MED) dengan sistem jaringan uap. Analisis termodinamika dan ekonomi menunjukkan bahwa memanfaatkan uap MP memiliki tingkat produksi air desalinasi tertinggi dan menggunakan uap LP memiliki efisiensi terbaik [5].

Penelitian untuk menganalisa mengenai *sea water desalination* yang cocok untuk masa depan. Analisa dilakukan dengan membandingkan *sea water desalination* dari segi energi, teknologi, dan peralatan [6].

Penelitian yang berisi tentang analisa *flow rate* dan *pressure drop* pada *compressible superheated steam* yang

dilakukan dengan metode eksperimen kemudian dibandingkan dengan perhitungan numerik [7].

Dari penelitian tersebut, maka penulis dapat mengambil referensi untuk memecahkan permasalahan pada *sea water desalination* terutama di PLTGU Grati dengan cara melakukan interkoneksi suplai uap sehingga menghasilkan *desalination plant* yang handal.

## Tinjauan Teoritis

Tinjauan teoritis dari penelitian ini menggunakan teori penurunan tekanan perpipaan. Penurunan tekanan pada sistem perpipaan disebabkan oleh faktor-faktor berikut [8]:

### 1. Rugi-rugi Mayor

Rugi *mayor* adalah rugi yang terjadi akibat adanya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa pada pipa lurus. Profil aliran fluida dalam pipa ditentukan dari bilangan *Reynolds*, yaitu:

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (1)$$

Keterangan:

V = Kecepatan fluida (m/s)

$\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

D = Diameter pipa (m)

$\mu$  = *Viscositas* dinamik fluida (N.s/m<sup>2</sup>)

Kecepatan fluida (V) pada Reynold dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad \text{jadi,} \quad V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Keterangan

V = Kecepatan (m/s)

Q = *Flowrate* (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang (m)

Jenis aliran berdasarkan bilangan Reynold ada tiga macam, yaitu:

1. Aliran laminar,  $Re < 2300$

2. Aliran transisi,  $2300 < Re < 4000$

3. Aliran turbulen,  $Re > 4000$

Aliran laminar memiliki profil aliran yang seragam dan memiliki kecepatan relatif rendah. Aliran turbulen memiliki profil aliran yang acak dan kecepatan aliran yang tinggi. Sedangkan aliran transisi

memiliki pola dimana profil aliran berubah dari seragam menjadi acak.

Untuk aliran turbulen, nilai faktor gesekan tergantung pada bilangan *Reynolds*, kekasaran relatif pipa, dan diameter pipa. Ada dua cara menghitung nilai faktor gesekan untuk aliran turbulen, yaitu menggunakan diagram *Moody* dan persamaan *Colebrook*. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, persamaan *Colebrook* lebih cocok digunakan. Akan tetapi, persamaan ini merupakan persamaan implisit sehingga perlu dilakukan beberapa kali iterasi untuk memperoleh nilai faktor gesekan. Sedangkan diagram *Moody* lebih mudah digunakan dan cepat, tetapi nilai faktor gesekan yang diperoleh tidak seakurat menggunakan persamaan *Colebrook*. Persamaan *Colebrook* dapat ditulis seperti persamaan berikut.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

- f = Faktor gesekan
- $\epsilon$  = Kekasaran relatif pipa (m)
- D = Diameter-dalam pipa (m)
- Re = Bilangan *Reynolds*

Selain itu, rugi-rugi *major* ditentukan oleh faktor gesekan yang terjadi pada dinding pipa yang ditunjukkan dengan nilai f atau *Friction factor*. Nilai f dapat dicari melalui diagram *moody* dan harus diketahui terlebih dahulu nilai *relative roughnes* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

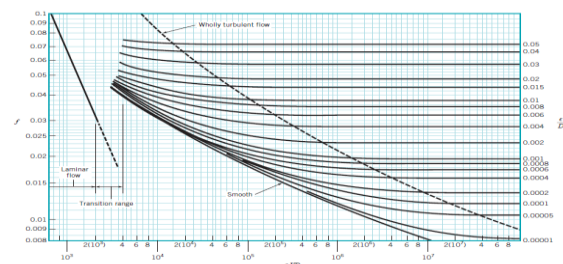
$$Relative\ Roughness = \epsilon/D \quad (4)$$

Keterangan:

- E = *Roughness* pipa
- D = Diameter pipa
- Roughness* pipa atau kekasaran pipa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kekasaran pipa

Pipe	Equivalent Roughness, $\epsilon$	
	Feet	Milimeters
Riveted steel	0.003-0.03	0.9-9.0
Concrete	0.001-0.01	0.3-3.0
Wood Stave	0.0006-0.003	0.18-0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Commercial steel or wrought iron	0.00015	0.045
Drawn tubing	0.000005	0.0015
Plastic, glass	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)



Gambar 1. Diagram *Moody*

Dari persamaan-persamaan di atas, perhitungan rugi-rugi *major* menurut *Darcy-Weisbach*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$hl = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

Keterangan:

- $h_l$  = Kehilangan tekanan *major* (Pa)
- f = *Friction factor*
- L = Panjang pipa (m)
- d = Diameter pipa (m)
- V = Kecepatan fluida (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

## 2. Rugi-rugi *Minor*

Rugi-rugi *minor* adalah kerugian tekanan yang disebabkan karena adanya sambungan pipa seperti katup, belokan, saringan, percabangan, losses pada bagian masuk, losses pada bagian keluar, pembesaran pipa, pengecilan pipa dan sebagainya. Rugi-rugi *minor* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_{lm} = k \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Keterangan:

- $h_{lm}$  = Kehilangan tekanan *minor* (Pa)
- k = Koefisien hambatan
- V = Kecepatan fluida (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

### 3. Penurunan tekanan total pemipaan

Penurunan tekanan total pemipaan yang disebabkan oleh jalur distribusi pemipaan dapat dicari dengan menjumlahkan rugi-rugi *mayor* dengan rugi-rugi *minor*. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Losses} = hl \text{ mayor} + hlm \text{ minor} \quad (7)$$

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode antara lain: studi literatur, studi lapangan, perancangan *line* interkoneksi sistem suplai uap, analisa kelayakan dan analisa ekonomi.

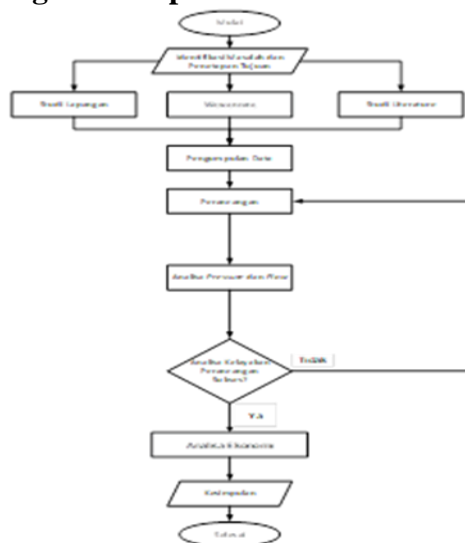
#### 1. Tempat dan waktu pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di PT. Indonesia Power UPJP Perak dan Grati yang beralamat di Jl Raya Surabaya Probolinggo Km 73 Desa Wates Kecamatan Lekok Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari 2019 sampai dengan Agustus 2019.

#### 2. Variabel penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini meliputi variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat terdiri dari *flow* dan *pressure* suplai uap yang menuju *desalination plant*. Sedangkan variabel bebas pada penelitian ini adalah desain *valve* dan pipa.

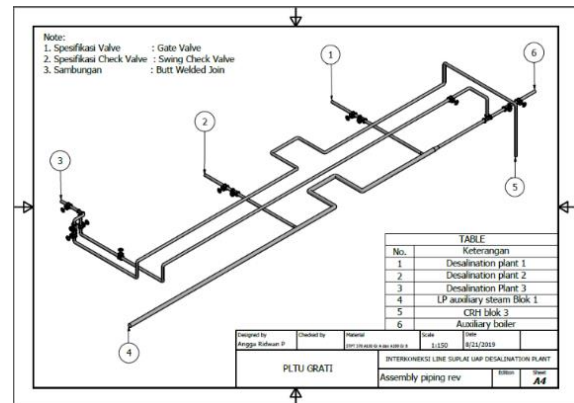
#### 3. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### Hasil dan pembahasan

#### 1. Hasil perancangan interkoneksi



Gambar 3. Perancangan interkoneksi

Desain dibuat dengan skala 1:50 menggunakan software *desaign inventor* 2020. Material pipa menggunakan STPT 370 A160 Gr A & B. Spesifikasi *valve* menggunakan tipe *Gate Valve* dan *check valve* menggunakan tipe *swing check valve*. Setiap sambungan pada pipa menggunakan tipe *Butt Welded Joint*.

#### 2. Parameter *desalination plant* berdasarkan *manual book*

Tabel 2. Parameter *desalination plant* [9, 10]

Parameter	Desalination Plant 1		Desalination Plant 2		Desalination Plant 3	
	Pressure (bar)	Flow (kg/h)	Pressure (bar)	Flow (kg/h)	Pressure (bar)	Flow (kg/h)
Load Setter 60 %	3-7	3400-3700	3-7	3400-3700	5-7	3863
80 %	3-7	4500-5000	3-7	4500-5000	5-7	5286
100 %	3-7	6190-6800	3-7	6190-6800	5-7	6800

#### 3. Data parameter *desalination plant* sebelum interkoneksi

Tabel 3. Parameter *desalination plant* 1

Suplai Uap dari LP Auxiliary Steam Blok 1				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	3665	5,12	1
2.	60	3623	4,96	1
3.	60	3634	4,95	1
4.	60	3641	5,15	1
5.	60	3669	5,08	1
Rata-rata		3646,88	5,09	

Tabel 4. Parameter *desalination plant 2*

Suplai Uap dari LP Auxiliary Steam Blok 1				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	3665	5,12	1
2.	60	3623	4,96	1
3.	60	3634	4,95	1
4.	60	3641	5,15	1
5.	60	3669	5,08	1
Rata-rata		3646,88	5,09	

Tabel 5. Parameter *desalination plant 3*

Suplai Uap dari CRH Blok 3				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	3745,22	5,29	1
2.	60	3751,07	5,30	1
3.	60	3758,87	5,31	1
4.	60	3749,12	5,30	1
5.	60	3749,12	5,29	1
Rata-rata		3749,37	5,29	

#### 4. Data parameter *desalination plant* setelah interkoneksi

Perhitungan *pressure drop* dan penurunan *flow* secara teoritis menggunakan persamaan teoritis dapat dirangkum pada tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6. Parameter *desalination plant 1* [1]

Suplai Uap dari LP Auxiliary Steam Blok 1				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	4115,86998	5,28548	1
2.	60	4122,47434	5,28576	1
3.	60	4131,04497	5,28568	1
4.	60	4120,33168	5,28564	1
5.	60	4120,15512	5,28545	1
Rata-rata		4121,97522	5,28560	

Tabel 7 Parameter *desalination plant 2*

Suplai Uap dari LP Auxiliary Steam Blok 1				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	4115,60545	5,28514	1
2.	60	4122,29768	5,28542	1
3.	60	4130,77944	5,28535	1
4.	60	4120,06684	5,28530	1
5.	60	4119,89030	5,28511	1
Rata-rata		4121,72794	5,28526	

Tabel 8. Parameter *desalination plant 3*

Suplai Uap dari CRH Blok 3				
No	Load Setter (%)	Flow (kg/h)	Pressure (Bar)	Waktu (Jam)
1.	60	3651,29817	5,11341	1
2.	60	3609,45519	5,11332	1
3.	60	3620,31941	5,11321	1
4.	60	3627,38789	5,11335	1
5.	60	3655,28321	5,11335	1
Rata-rata		3632,74877	5,11333	

#### 5. Nilai deviasi parameter *desalination plant*

Tabel 9. *Pressure* dan *flow desalination plant*

Parameter	Data Sebelum Perancangan		Data Setelah Perancangan	Nilai Deviasi
	Data Operasi	Manual book	Perhitungan Manual	
<i>Pressure desal 1</i> (Bar)	5,09	3-7	5,28	+ 0,17
<i>Flow desal 1</i> (Kg/h)	3646,88	3400-6800	4121,97	+ 475,09
<i>Pressure desal 2</i> (bar)	5,09	3-7	5,28	+ 0,17
<i>Flow desal 2</i> (Bar)	3646,88	3400-6800	4121,97	+ 475,09
<i>Pressure desal 3</i> (bar)	5,29	5-7	5,11	- 0,18
<i>Flow desal 3</i> (kg/h)	3749,37	3863-6800	3632,74	- 116,63

#### 6. Perhitungan ekonomi biaya operasional *desalination plant*

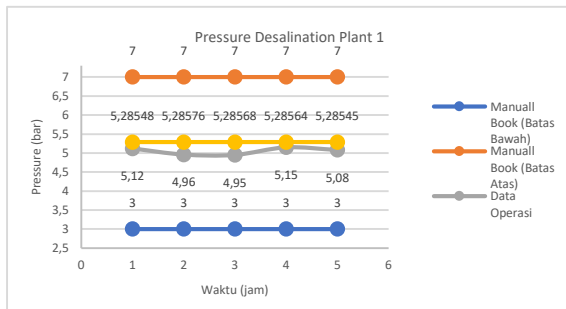
Ketika sudah terjadi interkoneksi *line* suplai uap *desalination plant*, maka pengoperasian *desalination plant* dapat lebih fleksibel dalam memilih suplai uap yang digunakan untuk mengoperasikan desal. Dengan adanya interkoneksi maka *desalination plant 1, 2* dan *3* dapat menggunakan suplai *steam* dari LP Aux Blok 1, CRH Blok 3 maupun Aux Boiler. Sehingga dapat menambah keuntungan ekonomi dengan mengoperasikan *desalination plant* menggunakan suplai *steam* yang paling murah. Untuk menghitung biaya operasional *desalination plant* dalam kurun waktu 24 jam menggunakan parameter pemakaian *steam* dan pemakaian listrik untuk mengoperasikan peralatan-peralatan pada *desalination plant*.

Tabel 10. Biaya operasional desal

Parameter	Suplai steam Steam dari LP Aux Blok 1	Steam dari CRH Blok 3	Steam dari Aux boiler
Desalination plant 1	Rp 53.451.420	Rp 69.339.420	Rp 135.769.568
Desalination plant 2	Rp 53.451.420	Rp 69.339.420	Rp 135.769.568
Desalination plant 3	Rp 53.469.834	Rp 69.357.834	Rp 135.787.982

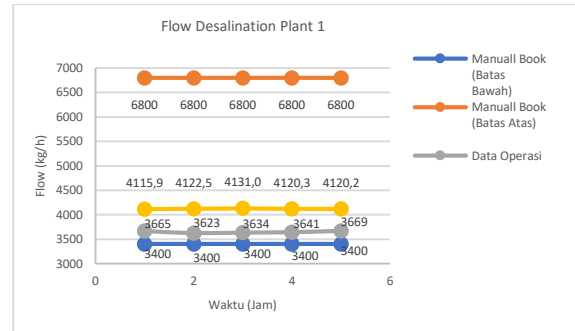
## 7. Pembahasan *pressure* dan *flow desalination plant 1*

Dari data *manual book*, operasi *desalination plant 1* dan perhitungan teoritis, maka dapat dibuat perbandingan *pressure desalination plant 1* seperti pada gambar 4 dan perbandingan *flow desalination plant 1* seperti pada gambar 5, sebagai berikut:



Gambar 4. Perbandingan *pressure desalination plant 1*

Dari gambar 4, data operasi merupakan data *pressure desalination plant 1* ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux blok 1. Perhitungan merupakan *pressure input desalination plant 1* setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH blok 3. Dari gambar 4, dapat dianalisa bahwa *pressure desalination plant 1* sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux blok 1 (data operasi) dan sesudah penelitian, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book*, sehingga interkoneksi dari CRH Blok 3 ke *Desalination plant 1* dapat dinyatakan layak digunakan.

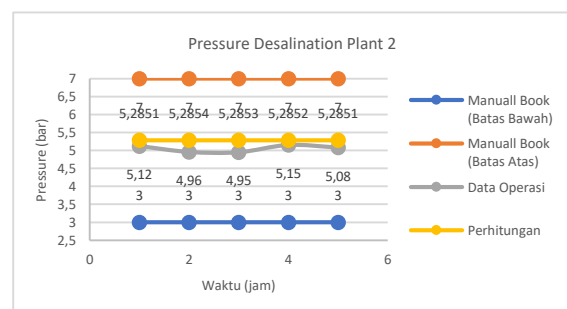


Gambar 5. Perbandingan *flow desalination plant 1*

Dari gambar 5, data operasi merupakan data *flow desalination plant 1* ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux blok 1. Perhitungan merupakan *flow input desalination plant 1* setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH blok 3. Dari gambar 5, dapat dianalisa bahwa *flow desalination plant 1* sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux blok 1 (data operasi) dan sesudah penelitian yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book* sehingga interkoneksi dari CRH Blok 3 ke *Desalination plant 1* dapat dinyatakan layak digunakan.

## 8. Pembahasan *pressure* dan *flow desalination plant 2*

Dari data *manual book*, operasi *desalination plant 2* dan perhitungan teoritis, maka dapat dibuat perbandingan *pressure desalination plant 2* pada gambar 6 dan gambar 7 perbandingan *flow desalination plant 2*, sebagai berikut:

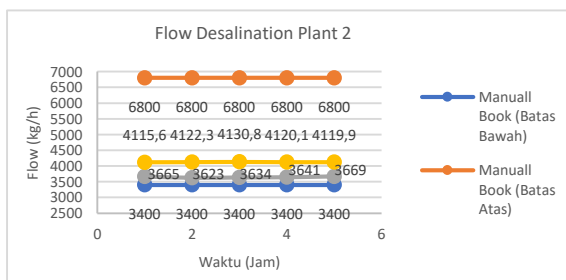


Grafik 6. Perbandingan *pressure desalination plant 2*



Dari gambar 6, data operasi merupakan data *pressure desalination plant 2*, ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* blok 1. Perhitungan merupakan *pressure input desalination plant 1* setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH blok 3. Dari gambar 6, dapat dianalisa bahwa *pressure desalination plant 2* sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* blok 1 (data operasi) dan sesudah penelitian, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book*, sehingga interkoneksi dari CRH Blok 3 ke *Desalination plant 2* dapat dinyatakan layak digunakan.

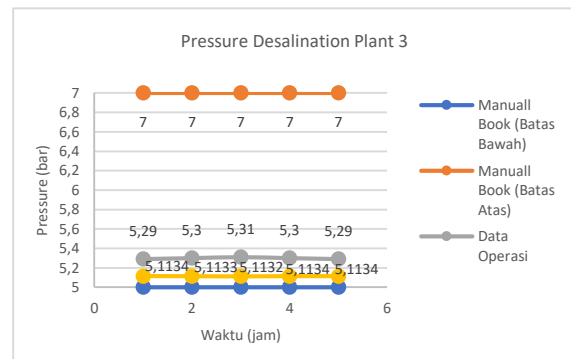
Dari gambar 7, data operasi merupakan data *flow desalination plant 2* ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* blok 1. Perhitungan merupakan *flow input desalination plant 2* setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH blok 3. Dari gambar 7, dapat dianalisa bahwa *flow desalination plant 2* sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* blok 1 (data operasi) dan sesudah penelitian, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book*, sehingga interkoneksi dari CRH Blok 3 ke *desalination plant 2* dapat dinyatakan layak digunakan.



Gambar 7. Perbandingan *flow desalination plant 2*

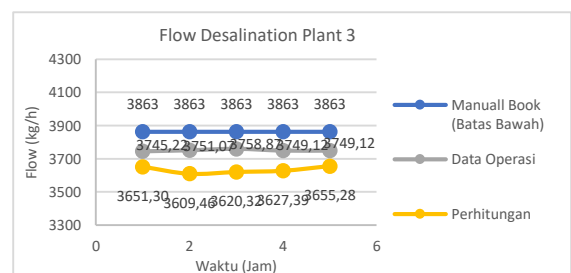
## 9. Pembahasan *pressure* dan *flow desalination plant 3*

Dari data *manual book*, operasi *desalination plant 3* dan perhitungan teoritis, maka dapat dibuat perbandingan *pressure desalination plant 3* seperti pada gambar 8 dan perbandingan *flow desalination plant 3* seperti pada gambar 9, sebagai berikut:



Gambar 8. Perbandingan *pressure desalination plant 3*

Dari gambar 8, data operasi merupakan data *pressure desalination plant 3* ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3. Perhitungan merupakan *pressure input desalination plant 3* setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* Blok 1. Dari gambar 8 dapat dianalisa bahwa *pressure desalination plant 3* sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (data operasi) dan sesudah penelitian, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Aux* Blok 1 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book*, sehingga interkoneksi dari LP *Aux* Blok 1 ke *desalination plant 3* dapat dinyatakan layak.



Gambar 9. Perbandingan *flow desalination plant 3*

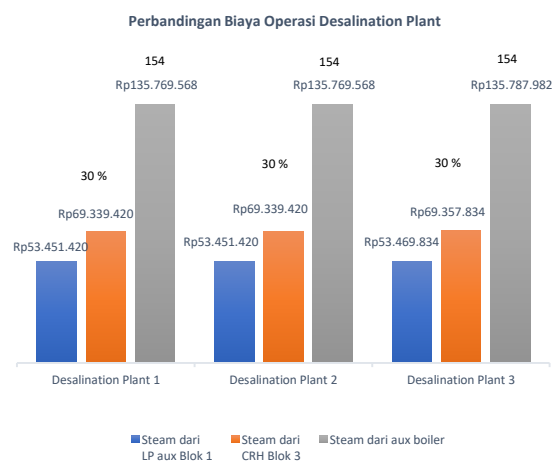
Sedangkan dari gambar 9, data operasi merupakan data *pressure desalination plant* 3 ketika beroperasi sebelum adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3. Perhitungan merupakan *pressure input desalination plant* 3 setelah adanya interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux Blok 1. Dari gambar 9 dapat dianalisa bahwa data *flow* operasi sebelum penelitian berada dibawah referensi *manual book* dengan deviasi 3 %, hal ini dipengaruhi oleh pembukaan *control valve* suplai uap ke *desalination plant* 3. Deviasi sebesar 3 % tidak mempengaruhi *performance desalination plant* karena masih bisa diatasi dengan pengaturan pembukaan *control valve* sesuai kebutuhan, sehingga *desalination plant* 3 tetap mampu beroperasi normal dalam *load setter* 60%. Kemudian dari data perhitungan teoritis didapatkan nilai deviasi sebesar 5 % dari referensi *manual book*. Sama seperti kondisi sebelum penelitian, deviasi sebesar 5 % masih dapat dilakukan dengan pengaturan pembukaan *control valve* sesuai kebutuhan, sehingga *desalination plant* 3 tetap mampu beroperasi normal dalam *load setter* 60%. Dari pembahasan diatas dapat dianalisa bahwa *flow desalination plant* 3 sebelum interkoneksi, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari CRH Blok 3 (data operasi) dan sesudah penelitian, yakni ketika menggunakan suplai *steam* dari LP Aux Blok 1 (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book*, sehingga interkoneksi dari LP Aux Blok 1 ke *desalination plant* 3 dapat dinyatakan layak

Dengan adanya interkoneksi *line* suplai *desalination plant* ini, maka *desalination plant* 1, 2 dan 3 dapat disuplai dari LP Aux Steam Blok 1 maupun CRH Blok 3. Sehingga ketersediaan suplai uap untuk operasional *desalination plant* akan terjaga, walaupun kondisi operasi gas turbin yang *start-stop* dan adanya *schedule* pemeliharaan rutin maupun gangguan yang tidak diperkirakan. Sehingga *desalination plant* akan menjadi lebih handal untuk

menunjang kegiatan operasional pembangkitan listrik di PLTGU Grati pasuruan.

## 10. Pembahasan Ekonomi Biaya Operasi *Desalination plant*

Biaya pengoperasian *desal* 1, 2 dan 3 beroperasi dengan menggunakan *steam* dari LP Aux Blok 1 paling murah karena ketika menggunakan *steam* dari LP Aux Blok 1, maka penurunan daya *steam* turbin blok 1 sebesar 26.400 kwh dan penggunaan listrik hanya untuk peralatan-peralatan area *desalination plant*. Sedangkan ketika *desal* 1, 2 dan 3 beroperasi dengan menggunakan *steam* dari CRH, penurunan daya *steam* turbin blok 3 sebesar 36.000 kwh, lebih banyak dibanding ketika menggunakan *steam* dari LP Aux Blok 1. Ketika *desal* 1, 2, dan 3 beroperasi dengan menggunakan *steam* dari Aux boiler, maka biaya pengoperasian *desal* paling mahal karena biaya penggunaan HSD (*high speed diesel*) yang mahal dan pemakaian listrik tidak hanya pada area *desalination plant* saja, namun juga pada area Aux boiler. Dari data diatas, maka dapat dibuat perbandingan biaya pengoperasian *desal* 1, 2, dan 3 seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan biaya operasi *desalination plant*

Dari gambar 10, dapat dianalisa bahwa penggunaan *steam* untuk *desalination plant* yang paling murah yakni dari LP Aux steam Blok 1 dengan selisih 30% dibanding CRH Blok 3 dan



selisih 154% dibanding *Steam* dari *Aux* boiler. Keuntungan yang diperoleh dari segi ekonomi dari interkoneksi, yakni dengan menghindari penggunaan *Aux* boiler karena suplai *steam* bisa disuplai dari LP *Aux steam* blok 1 dan CRH Blok 3. Sehingga diperoleh keuntungan dari penurunan biaya operasi sebesar 154% atau sebesar 82.318.148 rupiah per hari.

### Kesimpulan

Desain interkoneksi pada sistem suplai uap *desalination plant* dengan cara melepas dan memodifikasi posisi *check valve* pemisah antara desal 1, 2 dan 3 sehingga *steam* dari LP *Aux* blok 1 maupun CRH Blok 3 dapat mensuplai desal 1, 2, dan 3. Hasil analisa kelayakan desain interkoneksi suplai uap dari segi *pressure* dan *flow desalination plant* 1, 2 dan 3 sebelum penelitian (data operasi) dan sesudah penelitian (perhitungan) masih sesuai dengan referensi *manual book* sehingga dapat dinyatakan layak digunakan. Biaya operasional *desalination plant* 1, 2, dan 3 lebih murah ketika menggunakan suplai *steam* dari LP *Auxiliary* Blok 1 dengan selisih 30 % dibanding CRH Blok 3 dan selisih 154% dibanding *Steam* dari *Aux* boiler. Keuntungan yang diperoleh dari penurunan biaya operasi sebesar 154 % atau sebesar 82.318.148,4 rupiah per hari.

### Referensi

- [1] PT. Indonesia Power UPJP Perak Grati., 2016. Modul Pengoperasian *Desalination plant* . Pasuruan.
- [2] Heavy Industries, M., 1995. *Manual book* Grati Combined Cycle Power Plant 1x500MW 3x100MW. Yokohama
- [3] PT. PLN., 2017. *Manual book* Grati CCPP Extension Project 450 MW. Pasuruan.
- [4] Salimi, M. and Amidpor, M., 2017. Modeling, simulation, parametric study and economic assessment of

reciprocating internal combustion engine integrated with multi-effect desalination unit. Department of Mechanical Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Energy Systems Division, Iran.

- [5] Salimi, M., et al., 2018. Thermodynamic and economic optimization of multi-effect desalination unit integrated with utility *steam* network. Department of Mechanical Engineering, K.N. Toosi University of Technology.
- [6] Elimelech, M. and Phillip, W., A., 2017. The Future of Seawater Desalination: Energy, Technology, and the Environment. American Association for the Advancement of Science.
- [7] Qian, J., et al., 2017. *Flow* rate analysis of compressible superheated *steam* through *pressure* reducing valves. Water Research Center, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait. Department of Energy Sciences, Lund University, Sweden.
- [8] Munson, B. R., 2009. Fundamentals of Fluid Mechanics. United States of America: Don Fowley
- [9] PT. PLN., 1996. Book Design, Operation & Maintenance Manual Part 1 Design Manual B1. Sasakura Engineering,.co.ltd
- [10] PT. PLN., 2017. Book GR-MPO2118-M30-0034 Grati O & M Manual (Combined Cycle). Pasuruan