

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

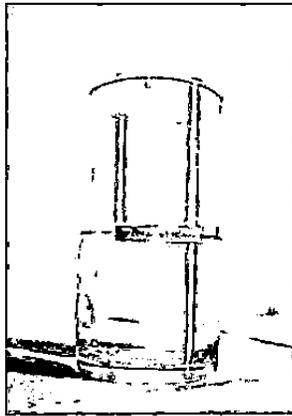
4.1 Mengetahui Salinitas Bahan Uji.

Air laut memiliki tingkat salinitas bervariasi, menunjukkan jumlah konsentrasi garam terlarut tidak sama. Dalam penelitian ini dilakukan proses destilasi menggunakan air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda. Air laut bahan uji yang digunakan dari tiga lokasi panatai berbeda, berasal wilayah pantai selatan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Air laut bahan uji pertama diambil dari air laut dari Pantai Trisik yang berada di Kabupaten Kulon Progo, air laut bahan uji kedua diambil dari air laut Pantai Depok yang berada di Kabupaten Bantul, dan untuk air laut bahan uji ketiga berasal dari air laut Pantai Krakal, di Kabupaten Gunung Kidul.

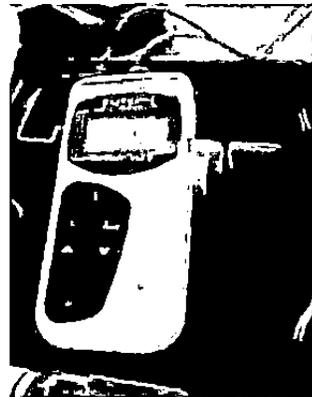
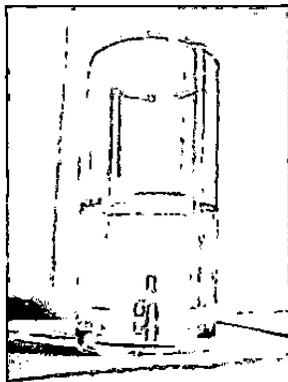
Air laut memiliki dominan rasa asin karena terdapat garam terlarut cukup tinggi. Untuk mengetahui kadar garam terlarut dari ketiga sampel air laut yang diproses, dilakukan uji salinitas menggunakan alat salinometer dengan nilai satuan ppt (*parts per thousand*) “ bagian perseribu ” dikarenakan konsentrasi garam yang terlarut cukup tinggi. Hasil uji salinitas dari ketiga sampel air laut bahan uji didapatkan nilai salinitas 38,0 ppt/38.000 ppm, 36,8 ppt/36.800 ppm, dan 35,8

35,8 ppt/35.800 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa air laut yang digunakan memiliki nilai salinitas

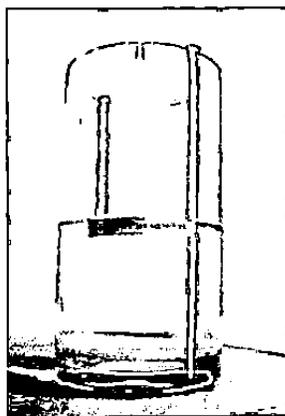
Mengetahui tingkat salinitas air laut bahan uji menggunakan salinometer :



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1. Hasil pengamatan kadar salinitas air laut (bahan uji).

a) Salinitas air laut pantai Trisik (38.000 ppm).

b) Salinitas air laut pantai Depok (36.800 ppm).

c) Salinitas air laut pantai Krakal (35.800 ppm).

4.2 Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Trisik

Proses *destilasi* pertama menggunakan air laut yang berasal dari pantai Trisik dengan nilai salinitas (38.000 ppm) menunjukkan kadar garam terlarut cukup tinggi. Secara kimia larutan air laut dengan salinitas tinggi terdapat prosentase jumlah garam Cl (terlarut) di atas rata-rata salinitas air laut (>35,0 ppt). Dalam satu liter air laut pantai Trisik terdapat partikel garam terlarut sebanyak 38 gram. Dari ketiga sampel air laut yang di uji, air laut pantai Trisik memiliki konsentrasi garam terlarut paling tinggi.

A. Proses Pemanasan (evaporasi)

Proses uji *destilasi* pertama menggunakan 25 liter air laut yang berasal dari pantai trisik. Temperatur awal air laut (30°C) dipanaskan di dalam tabung evaporasi sampai terjadi penguapan pada temperatur (95°C). Waktu proses pemanasan sampai terjadi pendidihan selama 75 menit. Setiap penambahan waktu proses pemanasan 5 menit, terjadi kenaikan temperatur air laut di dalam tabung evaporasi rata-rata (4°C). Proses pemanasan tabung evaporasi dalam keadaan vakum ($< 1\text{ atm}$) difungsikan untuk mempercepat proses penguapan.

Selama proses pemanasan produksi uap panas di dalam tabung evaporasi masih sedikit, menyebabkan belum terjadi aliran uap panas ke *kondenser*. Dapat diketahui dari temperatur (T_{in}) dan (T_{out}) pada *kondenser* masih sama = 27°C ,

Waktu pemanasan, perubahan temperatur air laut dan temperatur kondenser ditampilkan Tabel.4.2 dibawah ini:

Tabel. 4.2. Proses pemanasan (air laut pantai Trisik) pada temperatur 95 °C.

No.	Waktu pemanasan (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara kondenser, (T_{in}) (°C)	Temperatur udara kondenser, (T_{out}) (°C)
1	05:00	30	27	27
2	10:00	32	27	27
3	15:00	36	27	27
4	20:00	40	27	27
5	25:00	44	27	27
6	30:00	49	27	27
7	35.00	55	27	27
8	40.00	61	27	27
9	45.00	66	27	27
10	50.00	73	27	27
11	55.00	80	27	27
12	60.00	86	27	27
13	65.00	92	27	27

B. Proses Produksi Air Destilat (air laut pantai Trisik).

Produksi air *destilat* pada proses *destilasi* setelah terjadi konversi air laut menjadi uap melalui proses pemanasan di dalam tabung evaporasi. Untuk mempercepat proses penguapan dan mendapatkan temperatur pendidihan maksimal (95 °C), perlu proses vakum di dalam tabung evaporasi pada tekanan ($P_{vac} = 20 \text{ cm Hg} < 1 \text{ atm}$). Uap panas selanjutnya dialirkan melewati *kondenser* untuk dikondensasi menjadi cair yang merupakan air *destilat*/air tawar. Proses kondensasi uap menjadi cair menggunakan pendinginan udara yang dihasilkan dari putaranan *fan* pada kecepatan maksimal 2,5 m/s.

Proses kondensasi diamati dari perubahan temperatur *kondenser* (T_{in} *kondenser* = 27 °C) dan (T_{out} *kondenser* rata-rata = 52 °C). Konveksi kalor uap panas yang dilepaskan *kondenser* pada proses kondensasi (ΔT rata-rata = 25,4 °C).

Untuk mengetahui debit produksi *destilat* pada proses *destilasi* air laut pantai Trisik, pengambilan hasil *destilat* dilakukan sebanyak lima kali. Hasil produksi *destilat* dapat dialirkan keluar tabung tampungan dengan cara membuka keran pada tabung tampungan. Pengambilan *destilat* dilakukan saat alat dalam keadaan (off)/ tidak ada proses pemanasan dalam jangka waktu 5 menit.

Proses pengambilan hasil *destilat* akan terjadi penurunan tempertur dan penurunan tekanan vakum di dalam tabung evaporasi. Oleh karena itu pada proses produksi berikutnya perlu dilakukan proses vakum di dalam tabung evaporasi. Waktu proses pemanasan sampai pendidihan pada proses produksi berikutnya; proses produksi kedua sampai dengan proses produksi kelima, selama 8 menit

Debit produksi *destilat* pada proses *destilasi* air laut pantai trisik, rata-rata = 0,424 liter/5 menit, dan dalam satu jam dihasilkan volume produksi *destilat* = 5,303 liter/jam.

Tabel 4.2.1. Produksi air *destilat* 5 menit pertama.

No.	Waktu Pengambilan Air <i>destilat</i> (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada <i>kondenser</i> (°C)				Debit produksi <i>destilat</i> (l/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	70.00	95	27	27	27	0,210	7,3	
2..	75.00	90	27		48			

Tabel 4.2.2. Produksi air destilat 5 menit kedua.

No.	Waktu pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	83.00	95	27	27	52	55	0,370	9,5
2.	88.00	90	27		58			

Tabel 4.2.3. Produksi air destilat 5 menit ketiga.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	96.00	95	27	27	51	54.5	0,505	6,1
2.	101.00	90	27		58			

Tabel 4.2.4 Produksi air destilat 5 menit keempat.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	109.00	95	27	27	50	57	0,750	4,4
2.	114.00	90	27		64			

Tabel 4.2.5. Produksi air *destilat* 5 menit kelima.

No.	Waktu Pengambilan Air <i>destilat</i> (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi <i>destilat</i> (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	121.00	95	27	27	53	60	0,350	5,8
2.	126.00	90	27		68			

Perhitungan :

1. Pengambilan hasil produksi *destilat* 5 menit pertama setelah pemanasan pada kurun waktu 70 menit sampai dengan 75 menit.
2. Waktu proses pemanasan untuk mencapai temperatur 95 °C pada setiap tahap proses produksi, rata – rata selama 8 menit.

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Debit produksi } \textit{destilat} \text{ rata-rata} &= \frac{0,210 + 0,370 + 0,505 + 0,750 + 0,350}{5} \\
 &= 0,424 \text{ (ℓ/5menit)} \\
 &= 0,00147333 \text{ ℓ/s} \\
 &= 1,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 5,303 \text{ ℓ/jam}
 \end{aligned}$$

4. Dari 5 kali pengambilan produksi *destilat*, maka dapat diketahui :

$$\bullet \quad T_{in \text{ rata-rata}} = \frac{27 + 27 + 27 + 27 + 27}{5} = 27 \text{ °C}$$

$$\bullet \quad T_{out \text{ rata-rata}} = \frac{37,5 + 55 + 54,5 + 57 + 60}{5} = 52,4 \text{ °C}$$

$$\bullet \quad \Delta T_{\text{rata-rata}} = T_{out \text{ rata-rata}} - T_{in \text{ rata-rata}} = 52,4 \text{ °C} - 27 \text{ °C} = 25,4 \text{ °C}$$

$$7,3 + 9,5 + 6,1 + 4,4 + 5,8$$

4.3. Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Depok

Proses *destilasi* kedua menggunakan air laut yang berasal dari pantai Depok yang memiliki kadar salinitas (36.800 ppm). Secara kimia larutan air laut tersebut memiliki garam Cl terlarut 36,8 %. Dalam satu liter air laut pantai Depok terdapat garam terlarut 36,8 gram. Nilai kadar salinitasnya lebih rendah dari air laut pantai Trisik (Sampel bahan uji yang pertama).

A. Proses Pemanasan (evaporasi)

Proses uji *destilasi* kedua menggunakan 25 liter air laut pantai Depok. Temperatur awal air laut (30°C) dipanaskan di dalam tabung evaporasi sampai temperatur penguapan maksimal (95°C). Sebelum proses pemanasan di dalam tabung evaporasi dilakukan pemvakuman, untuk mendapatkan tekanan ($< 1\text{ atm}$) pada tabung evaporasi. Proses vakum untuk mempercepat proses penguapan air laut dan menurunkan titik didih air laut $< 100^{\circ}\text{C}$. Waktu proses pemanasan sampai terjadi pendidihan selama 75 menit. Setiap penambahan waktu proses pemanasan 5 menit, terjadi kenaikan temperatur air laut dalam tabung evaporasi rata-rata (4°C).

Selama proses pemanasan belum terjadi konversi air laut menjadi uap secara maksimal, menyebabkan belum terjadi aliran uap panas untuk sampai ke kondenser. Proses pemanasan belum terjadi perubahan temperatur pada kondenser (T_c) dan (T_k), masih sama dengan temperatur lingkungan yaitu

(27 °C). Waktu proses pemanasan, perubahan temperatur air laut di dalam tabung evaporasi dapat diamati dari Tabel.4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3. Proses Pemanasan (air laut pantai Depok) pada temperatur 95 °C.

No.	Waktu pemanasan (menit)	Temperatur Air laut, (T_{air}) (°C)	Temperatur udara kondenser, (T_{in}) (°C)	Temperatur udara Kondenser, (T_{out}) (°C)
1	05:00	30	27	27
2	10:00	34	27	27
3	15:00	39	27	27
4	20:00	43	27	27
5	25:00	47	27	27
6	30:00	52	27	27
7	35:00	58	27	27
8	40:00	64	27	27
9	45:00	72	27	27
10	50:00	75	27	27
11	55:00	83	27	27
12	60:00	89	27	27
13	65:00	92	27	27

B. Proses Produksi Air *Destilat* (air laut pantai Depok).

Produksi air *destilat* pada proses *destilasi* kedua, dimana proses konversi air laut dari fase cair menjadi uap melalui proses pemanasan di dalam tabung evaporasi. Untuk mempercepat penguapan air laut di dalam tabung evaporasi dan mendapatkan pendidihan air laut pada temperatur (95 °C), diperlukan proses pemvakuman di dalam tabung evaporasi pada tekanan ($P_{vac} = 20 \text{ cm Hg} < 1 \text{ atm}$). Uap panas selanjutnya dialirkan melewati *kondenser* untuk dikondensasi menjadi cair yang merupakan air *destilat*/air tawar. Proses kondensasi uap menjadi cair memerlukan pendinginan udara yang dihasilkan dari putaran fan pada

Proses kondensasi dapat diamati dari perubahan temperatur *kondenser* ($T_{in} \text{ kondenser} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$) dan ($T_{out} \text{ kondenser rata-rata} = 58,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Konveksi kalor uap panas yang dilepaskan saat melewati *kondenser* (ΔT rata-rata = $31,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Untuk mengetahui debit produksi *destilat* pada proses *destilasi* air laut pantai Depok, pengambilan produksi *destilat* dilakukan sebanyak lima kali. Dengan cara membuka keran pada tabung tampungan, air *destilat* yang dihasilkan dapat dialirkan keluar tabung tampungan saat alat dalam keadaan (off)/tidak ada proses pemanasan dalam jangka waktu 5 menit. Proses pengambilan hasil *destilat* akan terjadi penurunan tempertur dan penurunan tekanan vakum di dalam tabung evaporasi, disebabkan adanya sebagian udara yang masuk ke dalam tabung evaporasi. Untuk itu diperlukan proses pemvakuman di dalam tabung evaporasi dan proses pemanasan kembali pada proses produksi berikutnya. Waktu proses pemanasan sampai penguapan pada proses produksi *destilat* kedua sampai proses produksi kelima selama 8 menit.

Debit produksi *destilat* pada proses *destilasi* air laut pantai Depok didapatkan rata-rata = $0,547 \text{ liter}/5 \text{ menit}$ dan volume produksi air *destilat* dalam satu jam rata-rata = $6,552 \text{ liter}/\text{jam}$. Proses *destilasi* air laut dari pantai Depok menghasilkan volume produksi air *destilat* lebih banyak = $1,219 \text{ liter}/\text{jam}$ dari hasil produksi sebelumnya (proses *destilasi* air laut pantai Trisik).

Waktu pengambilan air *destilat*, perubahan tempertaur air laut, debit

... dapat diketahui dari Tabel 4.2.1 sebagai

Tabel 4.3.1. Produksi air destilat 5 menit pertama.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	70.00	95	27	27	28	47	0,360	6,5
2.	75.00	90	27		66			

Tabel 4.3.2. Produksi air destilat 5 menit kedua.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	83.00	95	27	27	54	58,5	0,460	3,9
2.	88.00	90	27		63			

Tabel 4.3.3. Produksi air destilat 5 menit ketiga.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	96.00	95	27	27	55	57,5	0,560	7,0
2.	101.00	90	27		60			

Tabel 4.3.4. Produksi air destilat 5 menit keempat.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	109.00	95	27	27	57	63	0,820	4,9
2.	114.00	90	27		70			

Tabel 4.3.5. Produksi air destilat 5 menit kelima.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	120.00	95	27	27	58	64	0,474	3,5
2.	125.00	90	27		70			

Perhitungan :

1. Pengambilan hasil produksi destilat 5 menit pertama setelah pemanasan pada kurun waktu 70 menit sampai dengan 75 menit.
2. Waktu proses pemanasan untuk mencapai temperatur 95 °C pada setiap tahap proses produksi, rata – rata selama 8 menit.

$$2. \text{ Debit produksi destilat rata-rata} = \frac{0,360 + 0,460 + 0,560 + 0,820 + 0,474}{5}$$

4. Dari 5 kali pengambilan produksi *destilat*, maka dapat diketahui :

$$\bullet T_{\text{in rata-rata}} = \frac{27 + 27 + 27 + 27 + 27}{5} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\bullet T_{\text{out rata-rata}} = \frac{47 + 58,5 + 57,5 + 63,5 + 64}{5} = 58,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\bullet \Delta T_{\text{rata-rata}} = T_{\text{out rata-rata}} - T_{\text{in rata-rata}} = 58,5 \text{ }^{\circ}\text{C} - 27 \text{ }^{\circ}\text{C} = 31,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$5. \text{ Tingkat } \textit{salinitas} \text{ rata-rata} = \frac{6,5 + 3,9 + 7,0 + 4,9 + 3,5}{5} = 5,1 \text{ ppm}$$

4.4. Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Krakal.

Proses *destilasi* ketiga menggunakan input air laut yang berasal dari pantai Krakal yang memiliki kadar salinitas paling rendah dari ketiga sampel air laut yang diproses. Air laut pantai krakal memiliki kadar salinitasnya 35.800 ppm, menunjukkan terdapat garam Cl terlarut 35,8 gram per liter atau sama dengan 35,8 ‰ dalam satu liter air laut pantai Krakal terdapat garam terlarut 35,8 gram.

A. Proses Pemanasan (air laut pantai Krakal).

Proses uji *destilasi* ketiga menggunakan 25 liter air laut pantai Krakal. Temperatur awal (30 $^{\circ}\text{C}$) dipanaskan di dalam tabung evaporasi sampai temperatur pendidihan maksimal (95 $^{\circ}\text{C}$). Proses pemanasan di dalam tabung evaporasi dalam tekanan vakum (< 1 atm). Waktu proses pemanasan sampai

5 menit terjadi kenaikan temperatur air laut dalam tabung evaporasi rata-rata sebesar (4°C). Selama proses pemanasan belum terjadi konversi air laut menjadi uap secara maksimal, menyebabkan belum terjadi aliran uap panas untuk sampai ke *kondenser*. Perubahan temperatur *kondenser* dapat diamati dari Tabel 4.4 menunjukkan belum terjadi perubahan temperatur pada *kondenser* (T_{in}) dan (T_{out}) = 27°C sama dengan temperatur lingkungan.

Waktu proses pemanasan, perubahan temperatur air laut, dan temperatur *kondenser* dapat diketahui seperti pada Tabel.4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4. Proses pemanasan (air laut pantai Krakal) pada temperatur 95°C

No.	Waktu pemanasan (menit)	Temperatur Air, T_{air} ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur udara <i>kondenser</i> , (T_{in}) ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur udara <i>kondenser</i> (T_{out}) ($^{\circ}\text{C}$)
1	05:00	30	27	27
2	10:00	35	27	27
3	15:00	39	27	27
4	20:00	40	27	27
5	25:00	44	27	27
6	30:00	49	27	27
7	35:00	55	27	27
8	40:00	61	27	27
9	45:00	66	27	27
10	50:00	73	27	27
11	55:00	80	27	27
12	60:00	86	27	27
13	65:00	92	27	27

B. Proses Produksi Air *Destilat* (air laut pantai Krakal).

Produksi air *destilat* pada proses destilasi ketiga, dimana proses konversi air laut dari fase cair menjadi uap melalui proses pemanasan di dalam tabung

evaporasi. Untuk memisahkan penguapan air laut di dalam tabung evaporasi dan

mendapatkan temperatur pendidihan maksimal ($95\text{ }^{\circ}\text{C}$) diperlukan proses pemvakuman di dalam tabung evaporasi ($P_{\text{vac}} = 20\text{ cm Hg} < 1\text{ atm}$). Uap panas yang dihasilkan kemudian dikondensasi menjadi cair melalui *kondenser*, proses kondensasi menggunakan pendinginan udara yang dihasilkan dari putaranan *fan* pada kecepatan maksimal $2,5\text{ m/s}$. Proses kondensasi dapat diamati dari perubahan temperatur *kondenser* ($T_{\text{in}}\text{ kondenser} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan ($T_{\text{out}}\text{ kondenser rata-rata} = 58,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Konveksi kalor uap panas yang dilepaskan saat melewati *kondenser* ($\Delta T\text{ rata-rata} = 31,9\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Untuk mengetahui debit produksi *destilat* pada proses *destilasi* air laut pantai Depok, pengambilan hasil produksi *destilat* dilakukan sebanyak lima kali. Dengan cara membuka keran pada tabung tampungan, air *destilat* yang dihasilkan dapat langsung dialirkan keluar tabung saat alat dalam keadaan (off)/ tidak ada proses pemanasan dalam jangka waktu 5 menit.

Proses pengambilan hasil *destilat* akan terjadi penurunan temperatur dan penurunan tekanan (vakum) di dalam tabung evaporasi akibat adanya sebagian udara masuk ke dalam tabung evaporasi. Untuk mendapatkan temperatur evaporasi konstan $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada proses produksi *destilat* selanjutnya (proses produksi *destilat* kedua sampai proses produksi kelima), diperlukan proses pemvakuman di dalam tabung evaporasi dan proses pemanasan kembali selama 8 menit.

Proses *destilasi* air laut pantai Krakal didapatkan debit produksi *destilat*

satu jam rata-rata = 8,28 liter/jam. Hasil produksi air *destilat* = 1,705 liter/jam lebih banyak dari hasil proses sebelumnya (proses *destilasi* pertama dan kedua).

Waktu pengambilan air *destilat*, perubahan temperatur air laut yang diproses, debit produksi, hingga kadar salinitasnya dapat diketahui dari Tabel. 4.4.1 sampai Tabel 4.4.5 di bawah ini :

Tabel 4.4.1. Produksi air *destilat* 5 menit pertama.

No.	Waktu Pengambilan Air <i>destilat</i> (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada <i>kondenser</i> (°C)				Debit produksi <i>destilat</i> (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	70.00	95	27	27	27	46	0,475	4,6
2.	75.00	90	27		65			

Tabel 4.4.2. Produksi air *destilat* 5 menit kedua.

No.	Waktu Pengambilan Air <i>destilat</i> (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada <i>kondenser</i> (°C)				Debit produksi <i>destilat</i> (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	83.00	95	27	27	55	62	0,725	3,3
2.	88.00	90	27		69			

Tabel 4.4.3. Produksi air destilat 5 menit ketiga.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	96.00	95	27	27	56	60	0,750	5,1
2.	101.00	90	27		65			

Tabel 4.4.4. Produksi air destilat 5 menit keempat.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	109.00	95	27	27	57	63,5	0,870	2,3
2.	114.00	90	27		70			

Tabel 4.4.5. Produksi air destilat 5 menit kelima.

No.	Waktu Pengambilan Air destilat (menit)	Temperatur Air laut, T_{air} (°C)	Temperatur udara pada kondenser (°C)				Debit produksi destilat (ℓ/5menit)	Salinitas (ppm)
			T_{in}	T_{in} rata-rata	T_{out}	T_{out} rata-rata		
1.	119.00	95	27	27	56	63	0,625	3,7
2.	124.00	90	27		70			

Perhitungan :

1. Pengambilan hasil produksi *destilat* 5 menit pertama terjadi pada kurun waktu 70 menit sampai dengan 75 menit.
2. Waktu proses pemanasan untuk mencapai temperatur 95 °C pada setiap tahap proses produksi, rata – rata selama 8 menit.

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Debit produksi } \textit{destilat} \text{ rata-rata} &= \frac{0,475 + 0,725 + 0,750 + 0,870 + 0,625}{5} \\
 &= 0,689 \text{ (}\ell/\bar{5}\text{menit)} \\
 &= 0,00229667 \ell/s \\
 &= 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/s \\
 &= 8,28 \ell/\text{jam}
 \end{aligned}$$

4. Dari 5 kali pengambilan produksi *destilat*, maka dapat diketahui :

$$\bullet T_{\text{in rata-rata}} = \frac{27 + 27 + 27 + 27 + 27}{5} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bullet T_{\text{out rata-rata}} = \frac{46 + 62 + 60 + 63,5 + 63}{5} = 58,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bullet \Delta T_{\text{rata-rata}} = T_{\text{out rata-rata}} - T_{\text{in rata-rata}} = 58,9^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C} = 31,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$4.6 + 3.3 + 5.1 + 2.3 + 3.7 \dots$$

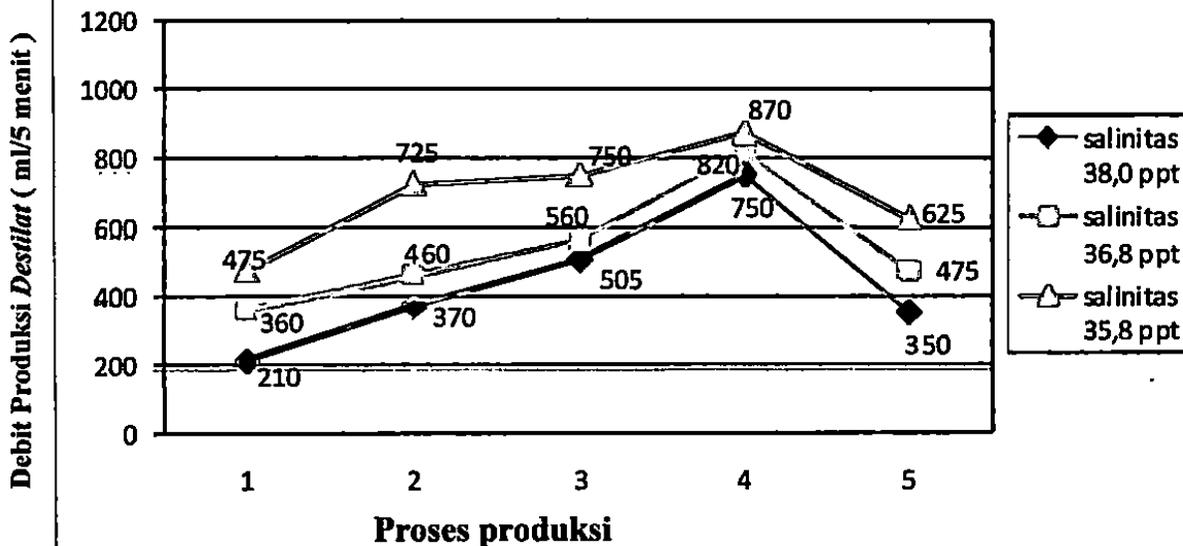
4.5. Debit Produksi *Destilat* Masing – Masing Air Laut Yang Diproses.

Proses *destilasi* menggunakan air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap debit produksi air *destilat* yang dihasilkan. Pada penelitian ini variabel penentu produksi air *destilat* seperti, temperatur evaporasi, proses kondensasi, dan volume air laut yang diproses (dibuat sama). Faktor yang dibedakan dalam penelitian ini adalah tingkat salinitas air laut yang diproses.

Nilai salinitas air laut yang tinggi memiliki jumlah konsentrasi garam (Cl) yang terlarut banyak. Secara teori jumlah garam (Cl) terlarut akan meningkatkan titik didih pada larutan air laut, semakin tinggi titik didih larutan air laut maka tekanan uap jenuhnya akan semakin rendah. Tekanan uap semakin rendah menyebabkan menurunnya tingkat penguapan molekul air (pelarut) saat dilakukan proses evaporasi. Sebaliknya semakin rendah tingkat salinitas air laut, penguapannya semakin banyak, sehingga jumlah produksi uap air pelarut yang akan dikondensasi menjadi air *destilat* semakin banyak.

Proses *destilasi* menggunakan air laut dari pantai Krakal dengan tingkat salinitas rendah (35.800 ppm), didapatkan debit produksi *destilat* = 0,689 ml/5 menit. Proses *destilasi* air laut pantai Depok dengan tingkat salinitas medium (36.800 ppm) menghasilkan debit produksi *destilat* = 0,547 ml/5 menit. Debit produksi *destilat* rendah dihasilkan dari proses *destilasi* air laut pantai Trisik,

Proses *destilasi* menggunakan tiga sampel air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda menghasilkan debit produksi air *destilat* yang juga berbeda. Adanya perbedaan debit produksi hasil *destilat* menunjukkan adanya perbedaan tingkat penguapan dari masing-masing air laut saat dilakukan proses pemanasan/evaporasi. Perbedaan debit produksi air *destilat* pada proses *destilasi* menggunakan air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda ditampilkan pada Grafik 4.2. berikut ini :



Gambar 4.2. Grafik perbedaan debit produksi air *destilat* proses *destilasi* pada temperatur penguapan 95 °C, kecepatan *fan* kondensor 2,5 m/s.

Hasil penelitian yang ditampilkan Grafik 4.2 adalah perbedaan debit produksi air *destilat* dari tiga proses *destilasi* air laut yang memiliki salinitas berbeda. Debit produksi *destilat* akan semakin banyak jika air laut yang diproses memiliki tingkat salinitas semakin rendah.

Hasil produksi *destilat* pada Grafik 4.2 menunjukkan kenaikan debit produksi pada proses pertama sampai dengan proses keempat. Produksi air *destilat* semakin meningkat dikarenakan proses pemanasan menggunakan

memberikan energi kalor yang cukup di dalam tabung evaporasi untuk melepaskan ikatan molekul -- molekul air pelarut pada larutan air laut untuk menghasilkan produksi uap optimal. Pengaruh proses vakum dalam tabung evaporasi saat proses pemanasan akan menurunkan titik didih larutan (air laut). Semakin rendah titik didih air laut yang diproses, tingkat penguapan molekul air pelarut semakin banyak. Penguapan molekul air pelarut semakin banyak menyebabkan uap panas yang dihasilkan untuk dikondensasi menjadi cair semakin banyak dan hasil produksi air *destilat* semakin meningkat.

Hasil produksi air *destilat* pada Grafik 4.2 juga terjadi penurunan debit produksi signifikan pada proses produksi kelima. Menurunnya debit produksi dimungkinkan terjadi karena semakin berkurangnya volume air laut yang diproses di dalam tabung evaporasi. Volume air laut yang diproses akan semakin berkurang setelah proses pemanasan dan penguapan pada proses produksi sebelumnya. Volume air di dalam tabung evaporasi semakin rendah mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur tabung evaporasi melebihi (95°C). Dimana untuk menstabilkan proses pemanasan pada temperatur konstan, dilakukan (off) pada alat secara manual. Saat alat dimatikan elemen pemanas *heater* dalam posisi (off) dipastikan tidak ada proses pemanasan di dalam tabung evaporasi dan akan terjadi penurunan produksi uap. Hal tersebut menyebabkan

..... hasil produksi air *destilat* pada proses kelima

4.6 Kadar Salinitas Air *Destilat* Yang Dihasilkan.

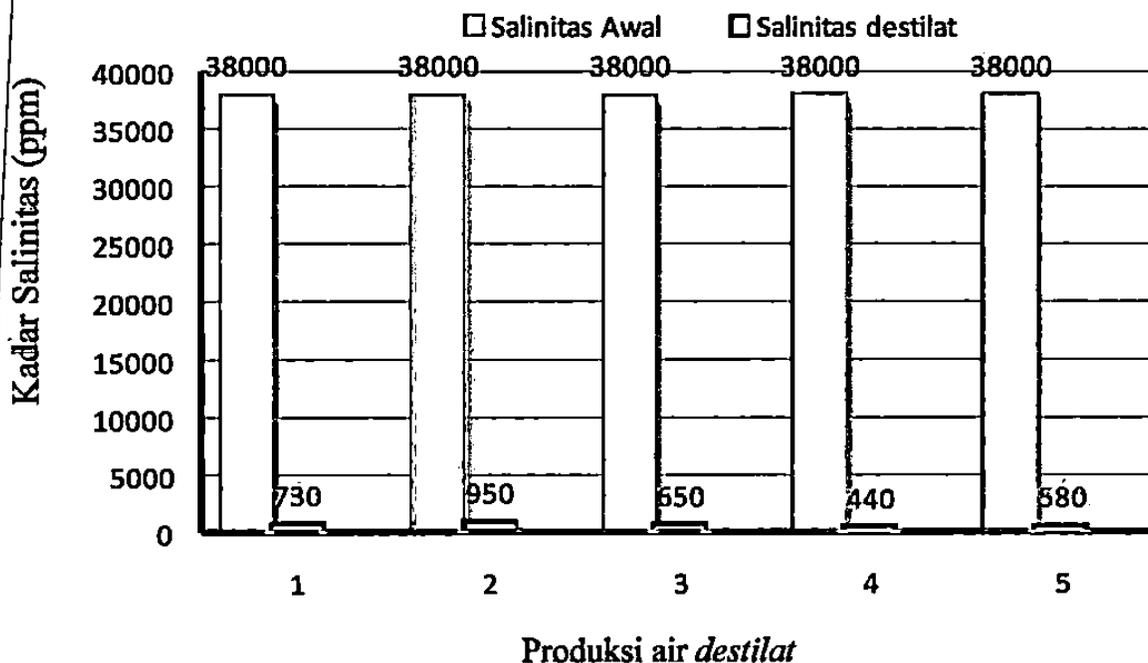
Parameter keberhasilan proses *destilasi* air laut adalah menghasilkan air *destilat* dengan kadar garam (Cl) yang terlarut rendah. Semakin rendah nilai salinitas air *destilat* yang dihasilkan, menunjukkan kemampuan kinerja alat *destilasi* yang digunakan semakin baik.

Air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda, pada penelitian ini menggunakan proses evaporasi pada temperatur maksimal 95 °C dan proses kondensasi menggunakan pendinginan udara pada kecepatan 2,5 m/s. Produk air *destilat* yang dihasilkan memiliki kadar salinitas yang berbeda. Pengukuran kadar salinitas dari lima sampel air *destilat* yang dihasilkan, nilainya bervariasi. Untuk memudahkan penentuan nilai penurunan salinitas dari masing – masing air *destilat* yang dihasilkan, diambil nilai rata – rata salinitas dari kelima sampel air *destilat*.

Penurunan kadar salinitas air *destilat* dari tiga proses *destilasi* menggunakan air laut dengan tingkat salinitas berbeda, hasilnya ditampilkan dalam bentuk diagram 4.3, 4.4, 4.5, diperoleh pola penurunan tingkat salinitas

A. Penurunan Kadar Salinitas Pada Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Trisik.

Proses *destilasi* menggunakan air laut dari pantai Trisik yang memiliki salinitas awal (38.000 ppm) setelah melalui proses *destilasi*, dihasilkan produk air *destilat* dengan tingkat penurunan salinitas seperti pada diagram 4.3 di bawah ini:



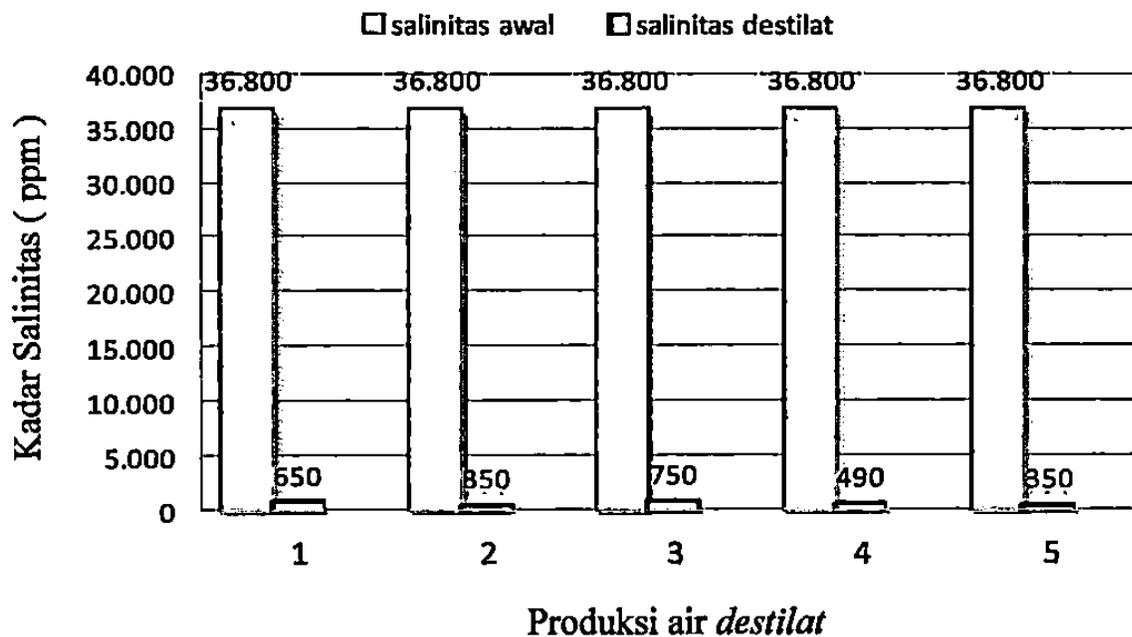
Gambar 4.3. Diagram tingkat penurunan salinitas air laut pantai Trisik.

Nilai salinitas air laut pantai Trisik sebelum dilakukan proses *destilasi* adalah 38 ppt atau (38.000 ppm). Setelah melalui proses *destilasi* diketahui tingkat penurunan salinitas air *destilat* yang dihasilkan. Penurunan kadar salinitas dapat diamati dari diagram 4.3, diketahui tingkat penurunan kadar salinitas air laut. Nilai salinitas air *destilat* rendah dihasilkan pada proses produksi air *destilat* keempat, nilai salinitasnya (4,4 ppm) dan untuk nilai salinitas air *destilat* tinggi

11. Nilai salinitas air laut pantai Trisik sebelum dilakukan proses *destilasi* adalah 38 ppt atau (38.000 ppm).

B. Penurunan Kadar Salinitas Pada Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Depok.

Proses *destilasi* menggunakan air laut dari pantai Depok yang memiliki salinitas awal (36.800 ppm) setelah melalui proses *destilasi* dihasilkan penurunan salinitas air *destilat* seperti pada diagram 4.4 di bawah ini:

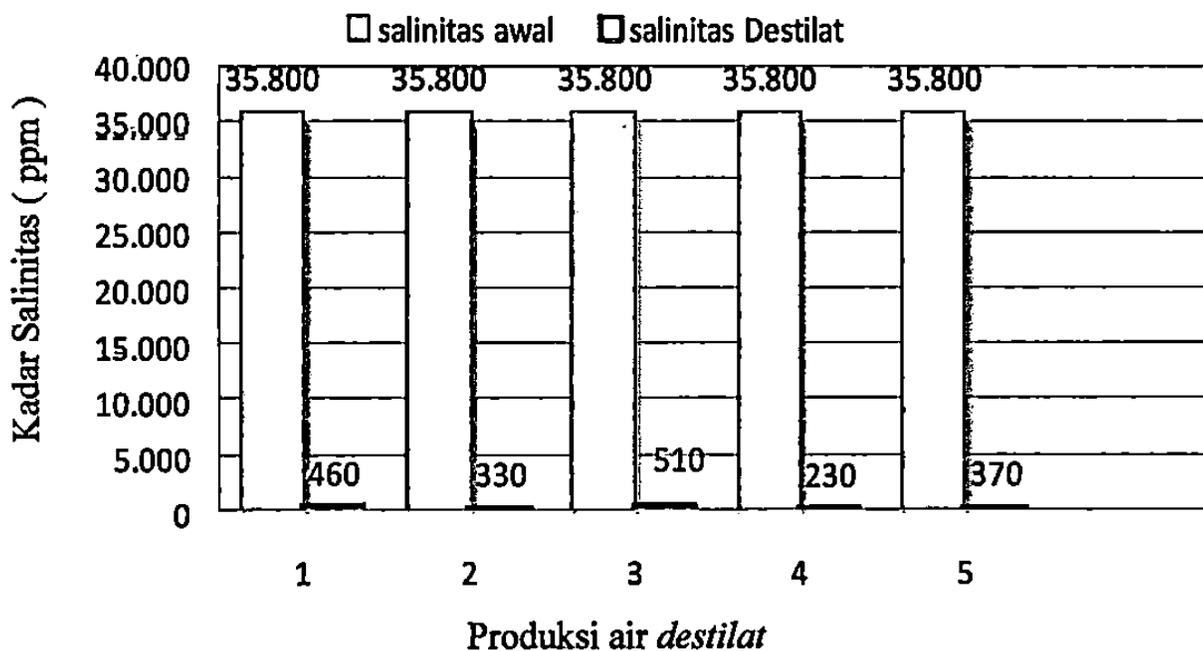


Gambar 4.4. Diagram penurunan salinitas air laut pantai Depok.

Nilai salinitas air laut pantai Depok sebelum dilakukan proses *destilasi* adalah 36 ppt atau (36.800 ppm). Setelah melalui proses *destilasi* diketahui tingkat penurunan salinitas air *destilat* yang dihasilkan. Penurunan kadar salinitas dapat diamati dari diagram 4.4 diketahui penurunan kadar salinitas air laut. Nilai salinitas air *destilat* rendah dihasilkan pada proses produksi air *destilat* kelima, nilai salinitasnya (3,5 ppm) dan untuk nilai salinitas air *destilat* tinggi dihasilkan pada proses produksi air *destilat* ketiga dengan nilai salinitas (7,5 ppm).

C. Penurunan Kadar Salinitas Pada Proses *Destilasi* Air Laut Pantai Krakal.

Proses *destilasi* air laut dari pantai Krakal yang memiliki salinitas awal (35.800 ppm) setelah melalui proses *destilasi*, dihasilkan tingkat penurunan salinitas air *destilat* seperti pada diagram 4.5 di bawah ini:



Gambar 4. 5. Diagram penurunan salinitas air laut pantai Krakal.

Nilai salinitas air laut pantai Krakal sebelum dilakukan proses *destilasi* adalah 35,8 ppt atau (35.800 ppm). Setelah melalui proses *destilasi* diketahui penurunan salinitas air *destilat* yang dihasilkan. Penurunan kadar salinitas dapat diamati dari diagram 4.5, diketahui tingkat penurunan kadar salinitas air laut. Nilai salinitas air *destilat* rendah dihasilkan pada proses produksi air *destilat* keempat, nilai salinitasnya (2,3 ppm) dan untuk nilai salinitas air *destilat* tinggi dihasilkan dari

Diketahui tingkat penurunan kadar salinitas air *destilat* yang dihasilkan sebagaimana ditampilkan diagram 4.3, 4.4, dan 4.5, nilainya fluktuatif. Sifat larutan garam terlarut (NaCl) yang terdapat pada air laut memiliki titik didih lebih tinggi dari pelarut air (H_2O), partikel garam (terlarut) tidak mudah menguap ketika proses pemanasan pada temperatur evaporasi konstan ($< 95\text{ }^\circ\text{C}$).

Penguapan partikel garam dimungkinkan terjadi, saat terjadi kenaikan temperatur signifikan di dalam tabung evaporasi lebih tinggi dari ($> 95\text{ }^\circ\text{C}$), melebihi temperatur pendidihan air murni yang ditentukan. Kenaikan temperatur evaporasi di atas ($>100\text{ }^\circ\text{C}$) mendekati titik didih larutan garam akan memberi cukup energi bagi partikel garam terlarut untuk menguap bersama molekul air pelarut dan akan terkondensasi bersama air *destilat*.

4.7. Pengaruh Variasi Salinitas Air Laut Pada Proses *Destilasi*.

Proses *destilasi* air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda, berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas hasil air *destilat* yang dihasilkan. Tabel 4.5. menampilkan temperatur air laut, salinitas awal air laut, perolehan air *destilat*, dan juga kadar salinitas dari tiga proses *destilasi*.

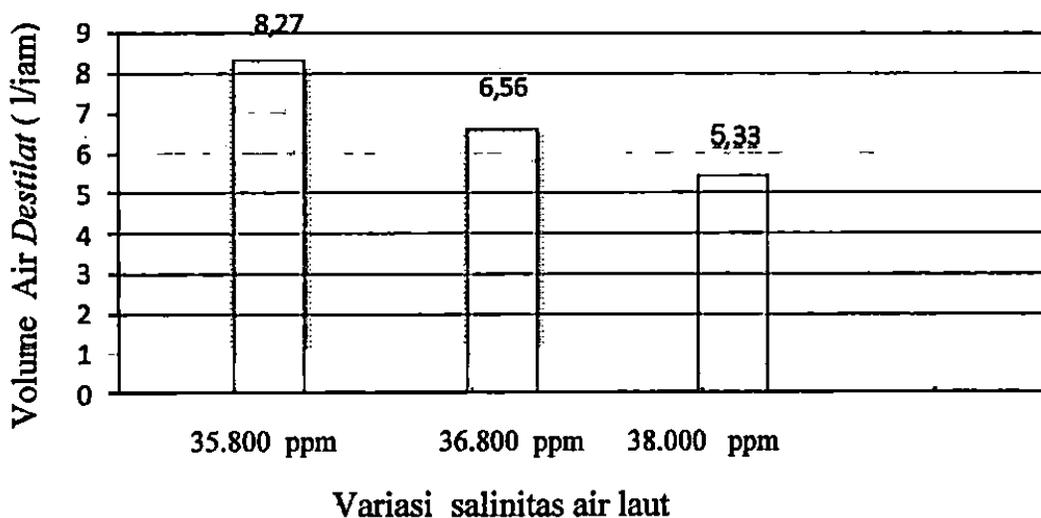
Tabel 4.5. Pengaruh salinitas air laut pada proses *destilasi*.

Sumber air laut dari pantai 25 liter	Temperatur awal air laut ($^\circ\text{C}$)	Salinitas awal air laut (ppm)	Temperatur pemanasan Maksimal ($^\circ\text{C}$)	<i>Fan</i> pendinginan Maksimal (m/s)	Rata-rata perolehan Air <i>Destilat</i> (liter/jam)	Rata-rata Salinitas Air <i>Destilat</i> (ppm)
Trisik	30	38.000	95	2,5	5,303	6,62
Depok	30	36.800	95	2,5	6,563	5,1
Krakal	30	35.800	95	2,5	8,268	3,8

A. Perbandingan Kuantitas Air *Destilat* Yang Dihasilkan.

Untuk mengetahui perbandingan kuantitas *destilat* pada proses *destilasi* air laut, proses uji *destilasi* menggunakan air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda diambil dari tiga wilayah pantai. Beberapa faktor penentu hasil produksi air *destilat* pada proses *destilasi* diantaranya; temperatur evaporasi, proses kondensasi pada *kondenser*, dan volume air laut yang diproses. Dalam penelitian ini ketiga aspek diatas (dibuat sama) yang divariasikan adalah salinitas air laut yang diproses (air laut yang digunakan tingkat salinitasnya tidak sama).

Proses uji *destilasi* menggunakan variasi salinitas air laut, diketahui adanya perbedaan volume air *destilat* yang dihasilkan. Volume air *destilat* ditampilkan dalam bentuk diagram 4.7 berikut ini :



Gambar. 4.6. Diagram perbandingan kuantita *destilat*, pada proses *destilasi* menggunakan tiga variasi salinitas air laut.

Kuantitas produksi air *destilat* maksimal = 8,28 liter/jam dihasilkan dari air laut pantai Krakal yang memiliki tingkat salinitas rendah (35.800 ppm).

Volume produksi air *destilat* = 6,56 liter/jam dihasilkan dari proses *destilasi*

air laut pantai Depok yang memiliki salinitas medium (36.800 ppm) dan

untuk proses *destilasi* air laut pantai Trisik yang memiliki salinitas relatif tinggi (38.000 ppm) menghasilkan volume air *destilat* = 5,33 liter/jam.

Semakin tinggi nilai salinitas air laut yang diproses memiliki (jumlah partikel garam terlarut semakin banyak), dan partikel garam terlarut pada air laut akan menurunkan tekanan uap jenuh larutan air laut saat dipanaskan. Tekanan uap jenuh larutan semakin rendah, produksi uap air pelarut akan semakin rendah. Produksi uap semakin rendah akan mengurangi jumlah uap yang dihasilkan untuk dikondensasi menjadi kondensat cair berupa air *destilat* pada proses *destilasi*.

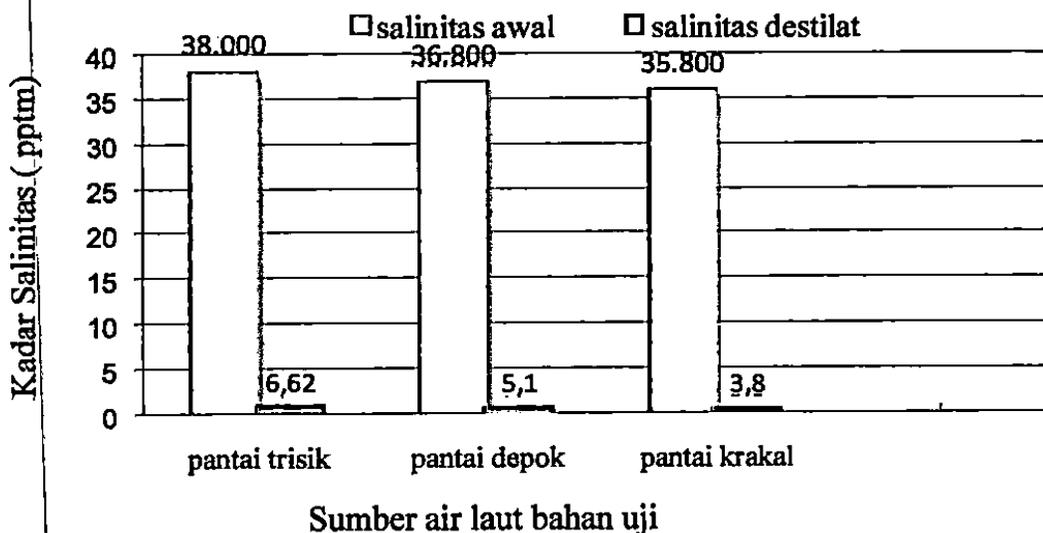
Perbandingan kuantitas hasil *destilat* pada proses *destilasi* menggunakan tiga sampel air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda :

- Kuantitas hasil *destilat* maksimal 8,268 liter/jam, dihasilkan dari proses *destilasi* air laut yang memiliki kadar salinitas rendah (35.800 ppm).
- Kuantitas hasil *destilat* medium 6,563 liter/jam, dihasilkan dari proses *destilasi* air laut yang memiliki kadar salinitas (36.800 ppm).
- Kuantitas hasil *destilat* minimal 5,303 liter/jam, dihasilkan dari proses *destilasi* air laut yang memiliki kadar salinitas (38.000 ppm).

B. Perbandingan Kualitas Air *Destilat* Yang Dihasilkan.

Keberhasilan proses *destilasi* adalah menghasilkan air *destilat* yang memiliki tingkat salinitas rendah. Semakin rendah kadar salinitas air *destilat* yang dihasilkan, menunjukkan kinerja alat *destilasi* yang digunakan semakin baik. Dalam penelitian ini parameter penentu proses *destilasi* yaitu; proses evaporasi, proses kondensasi dan volume air laut yang diproses (dibuat sama). Faktor yang divariasi adalah salinitas air laut yang diproses memiliki kadar salinitas berbeda. Air laut yang diproses berasal dari pantai Trisik dengan (salinitas tinggi 38.000 ppm), pantai Depok (salinitas medium 36.800 ppm), dan pantai Krakal dengan (salinitas rendah 35.800 ppm).

Proses *destilasi* menggunakan air laut yang memiliki tingkat salinitas berbeda, menghasilkan air *destilat* yang memiliki salinitas berbeda. Tingkat salinitas air laut yang diproses berpengaruh terhadap kadar salinitas air *destilat* yang dihasilkan. Perbedaan kualitas air *destilat* yang dipengaruhi salinitas awal air laut yang diproses ditampilkan pada diagram 4.7. di bawah ini :



Proses *destilasi* air laut pantai Trisik dengan (salinitas awal 38.000 ppm), nilai salinitas rata - rata dari lima kali proses produksi *destilat* yang dihasilkan = 6,62 ppm. Proses *destilasi* air laut pantai Depok dengan (salinitas awal 36.800 ppm), nilai salinitas rata – rata dari lima sampel produksi *destilat* = 5,1 ppm. Untuk proses *destilasi* air laut pantai Krakal dengan (salinitas awal 35.800 ppm) didapatkan nilai salinitas rata – rata dari lima sampel produksi air *destilat* yang dihasilkan = 3,8 ppm.

Proses *destilasi* menggunakan air laut dari tiga wilayah pantai yang memiliki tingkat salinitas berbeda, kualitas air *destilat* yang dihasilkan; 3,8 ppm, 5,1 ppm dan 6,62 ppm nilai salinitas air *destilat* yang dihasilkan < 800 ppm dikategorikan sebagai air tawar. Air *destilat* tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna menunjukkan telah sesuai dengan standar kualitas air tawar.

Pada penelitian ini kadar salinitas air *destilat* berbanding lurus dengan salinitas awal air laut yang diproses. Semakin tinggi salinitas air laut yang diproses, nilai salinitas rata-rata air tawar yang dihasilkan semakin tinggi. Sebaliknya salinitas air laut yang diproses semakin rendah, rata-rata salinitas air tawar yang dihasilkan nilai salinitasnya semakin rendah. Ada korelasi hubungan salinitas awal air laut yang diproses, terhadap (kualitas) nilai salinitas

Pengaruh tingkat salinitas awal air laut terhadap kadar salinitas air tawar yang dihasilkan pada proses *destilasi* sistem evaporasi, yaitu :

- Kualitas air *destilat* salinitas rendah (3,8 ppm), dihasilkan dari proses *destilasi* air laut pantai Krakal yang memiliki salinitas awal (35,8 ppt/35800 ppm).
- Kualitas air *destilat* salinitas medium (5,1 ppm), dihasilkan dari proses *destilasi* air laut pantai Depok yang memiliki salinitas awal (36,8 ppt/36800 ppm).
- Kualitas air *destilat* salinitas tinggi (6,62 ppm), dihasilkan dari proses *destilasi* air laut pantai Trisik yang memiliki salinitas awal (38,0 ppt/38000 ppm).

4.8 . Prosentase Penurunan Kadar Salinitas Air *Destilat*.

- Input air laut dari pantai Krakal dengan salinitas, 35.800 ppm setelah dilakukan proses *destilasi*, menghasilkan air tawar dengan salinitas 3,8 ppm.

Prosentase kemampuan alat *destilasi* untuk menurunkan kadar garam,

$$\frac{35.800 \text{ ppm} - 3,8 \text{ ppm}}{35.800 \text{ ppm}} \times 100\% = 99,89\%$$

- Input air laut dari pantai Depok dengan salinitas, 36.800 ppm setelah dilakukan proses *destilasi*, menghasilkan air tawar dengan salinitas

Prosentase kemampuan alat *destilasi* untuk menurunkan kadar garam,

$$\frac{36.800 \text{ ppm} - 5,1 \text{ ppm}}{36.800 \text{ ppm}} \times 100 \% = 99,89 \%$$

- Input air laut dari pantai Trisik memiliki salinitas, 38.000 ppm dan setelah dilakukan proses *destilasi*, menghasilkan air tawar dengan salinitas 6,6 ppm.

Prosentase kemampuan alat *destilasi* untuk menurunkan kadar garam