

STUDI PENGARUH PERUBAHAN KONDISI LINGKUNGAN TAPAK TERHADAP HARGA LISTRIK DAN AIR PADA SISTEM DESALINASI DENGAN SUMBER ENERGI NUKLIR DAN FOSIL

Moch. Djoko Birmano, Suparman^{)}*

ABSTRAK

STUDI PENGARUH PERUBAHAN KONDISI LINGKUNGAN TAPAK TERHADAP HARGA LISTRIK DAN AIR PADA SISTEM DESALINASI DENGAN SUMBER ENERGI NUKLIR DAN FOSIL. Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan kondisi lingkungan tapak; yaitu salinitas, suhu air laut dan suhu udara lingkungan terhadap harga listrik dan air, serta dapat menentukan jenis pembangkit dan teknologi desalinasi yang paling optimal ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi sesuai dengan karakteristik tapak yang diinginkan. Sebagai sumber energi adalah PLTU-Batubara, Daur Gabung, Turbin Gas dan PLTN SMART. Untuk jenis teknologi desalinasi dipilih jenis MSF, MED dan RO. Perhitungan harga listrik dan air menggunakan *tools* dari IAEA yaitu DEEP 2.1. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa salinitas air laut hanya berpengaruh terhadap harga air dan tidak berpengaruh terhadap harga listrik. Untuk PLTU-Batubara, Daur Gabung dan PLTN SMART yang dikopling dengan MED, MSF dan RO, peningkatan suhu air laut akan meningkatkan harga listrik dan menurunkan harga air. Untuk PLTU-Batubara dan SMART yang dikopling dengan semua jenis desalinasi, harga listrik dan air tidak terpengaruh dengan adanya perubahan suhu udara. Sedangkan pada Daur Gabung dan Turbin Gas, harga listrik dan air meningkat dengan kenaikan suhu udara.

ABSTRACT

STUDY ON ANALYSIS OF INFLUENCE OF SITE ENVIRONMENTAL CONDITIONS ALTERATION TO ELECTRICITY AND WATER PRICES IN DESALINATION SYSTEM WITH NUCLEAR AND FOSSIL ENERGY SOURCES. This study have purpose to know the alteration effect of site environmental conditions which are salinity, seawater temperature and ambient temperature towards electricity and water costs, as well as can determine best power plant and desalination technology type viewed from technical and economical aspects with suitable of site characteristic. The energy sources are Coal-Fired Power Plant (CFPP), Combined Cycle (CC), Gas Turbine (GT) and SMART (*System-integrated Modular Advanced Reactor*). Type of desalination technologies are choosed MED (*Multi-Effect Distillation*), MSF (*Multi-Stage Flash*) dan RO (*Reverse Osmosis*). The calculation of electricity and water costs are used DEEP 2.1 (*Desalination Economic Evaluation Program*) from IAEA (*International Atomic Energy Agency*). Results of calculation show that seawater salinity only influence towards water cost and not influence towards electricity cost. For CFPP, CC and SMART which coupled with MED, MSF and RO, increase of seawater temperature will raise electricity cost and decrease water cost. For CFPP and SMART that coupled with all types of desalination plant, electricity and water cost are not influenced by alteration of ambient temperature. Whereas for CC and GT which coupled with all types of desalination plant, electricity and water costs will increase by increasing the ambient temperature.

^{*)} Staf Bidang Partisipasi Industri Nasional – P2EN

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Di beberapa daerah di Indonesia, khususnya di wilayah pinggiran pantai diketahui telah terjadi kelangkaan air bersih, baik air minum (*potable water*) maupun air kualitas industri. Salah satu daerah dimana kondisi airnya kurang memenuhi standar untuk air minum ataupun industri adalah Pulau Madura. Di sebagian besar wilayah di Pulau Madura terutama daerah pantai, airnya kotor, berbau dan berwarna. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah dibangunnya fasilitas desalinasi air laut, dengan pertimbangan bahwa air laut tersedia sangat melimpah dan relatif belum terpolusi.

Desalinasi air laut dapat didefinisikan sebagai proses untuk memperoleh air jernih dari air laut yang mengandung garam dan pengotor lainnya. Pada proses desalinasi ini, kadar garam air laut diturunkan sampai pada tingkat tertentu sesuai kualitas air yang dibutuhkan. Pada proses ini diperlukan energi listrik dan/atau panas yang cukup besar, yang dapat dipasok dari sumber energi baik fosil maupun nuklir. Jadi di suatu lokasi bersama ada pabrik desalinasi dan sumber energi fosil atau nuklir, untuk pembangkitan panas (uap) dari pembangkit listrik fosil atau nuklir, atau berupa listrik, ataupun keduanya (listrik dan panas)⁽¹⁾.

Untuk memperoleh varian pembangkit dan teknologi desalinasi yang paling optimal perlu dilakukan studi komparasi yang menyeluruh, baik dari segi teknis maupun ekonomi. Ukuran optimal ditinjau dari aspek teknis (*technical aspect*) antara lain keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) yang tinggi sedangkan dari segi ekonomi (*economical aspect*) tentunya harga listrik dan air yang murah. Harga listrik dan air selain dipengaruhi oleh jenis teknologi pembangkit dan teknologi desalinasi, juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tapak, seperti salinitas, suhu air laut dan suhu udara lingkungan. Pengaruh faktor-faktor tersebut tingkatnya berlainan untuk setiap jenis pembangkit dan teknologi desalinasi.

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan salinitas, suhu air laut dan suhu udara lingkungan tapak terhadap harga listrik dan air, serta dapat menentukan jenis pembangkit dan teknologi desalinasi yang paling optimal ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi sesuai dengan karakteristik tapak yang diinginkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Harga listrik dan air dihitung dengan program DEEP (*Desalination Economic Evaluation Program*) versi 2.1^[2] untuk berbagai varian teknologi pembangkit dan teknologi desalinasi. Kemudian dilakukan studi sensitivitas terhadap besaran faktor-faktor lingkungan tapak yang berpengaruh dalam hitungan harga listrik dan air yaitu: salinitas, suhu air laut dan suhu udara lingkungan sekitar tapak yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan *updating* data baik teknis maupun ekonomi dari sistem pembangkit nuklir dan fosil serta sistem desalinasi.
2. Pengolahan data dan penentuan varian teknologi yang akan digunakan.
3. *Running* program DEEP 2.1
 - Memasukkan data
 - Melakukan variasi hitungan dengan varian pembangkit dan jenis teknologi desalinasi yang diinginkan
 - Melakukan studi sensitivitas terhadap faktor-faktor lingkungan tapak yang berpengaruh dalam hitungan harga listrik dan air yaitu: salinitas dan suhu air laut, serta suhu udara lingkungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Varian Teknologi Pembangkit

Panas atau energi listrik yang digunakan dalam proses desalinasi air laut dapat berasal dari pembakaran bahan bakar nuklir atau fosil. Beberapa pilihan pembangkit dapat diterapkan dan sekarang telah digunakan untuk desalinasi air laut di dunia.

Dalam studi ini untuk jenis bahan bakar fosil, baik batubara dan gas, dipilih pembangkit yang telah ada dan dapat mewakili varian fosil. Tiga (3) jenis pembangkit yang dipilih yaitu: pembangkit tenaga uap berbahan bakar batubara (PLTU-Batubara), pembangkit berbahan bakar gas; yaitu daur gabung (*Combined Cycle*) dan turbin gas (*Gas Turbine*). Tingkat daya untuk ketiga jenis pembangkit tersebut masing-masing adalah 600 MW(e), 194 MW(e) dan 123 MW(e).

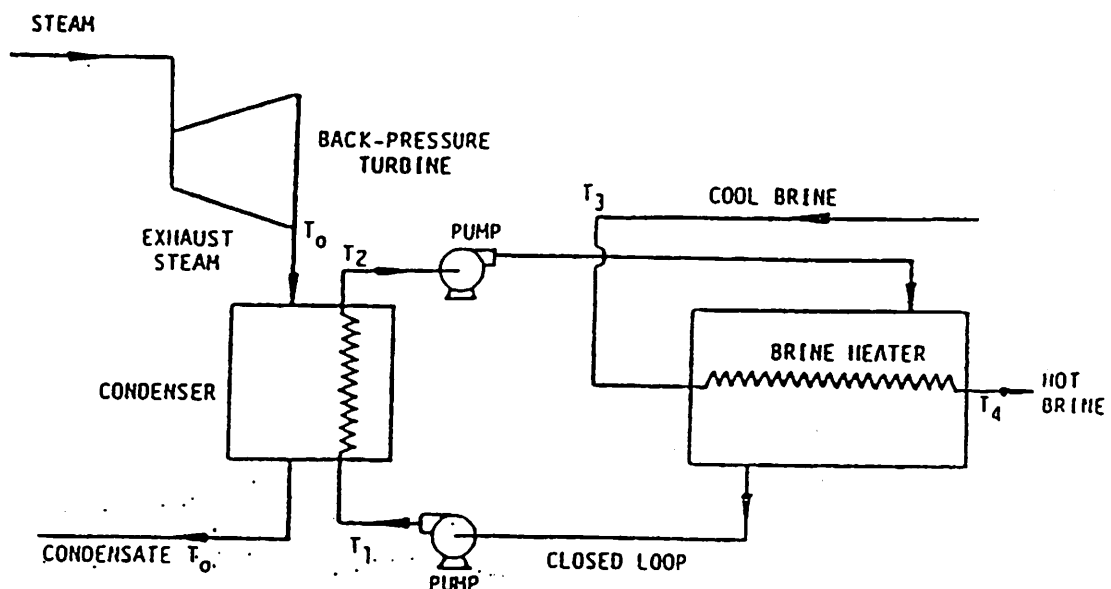
Sementara itu untuk jenis bahan bakar nuklir, dipilih jenis pembangkit berkapasitas kecil berdaya 100 MW(e) buatan Korea, yaitu SMART (*System-integrated Modular Advanced Reactor*). Pembangkit ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan oleh ahli-ahli KAERI (*Korean Atomic Energy Research Institute*).

III.2. Varian Teknologi Desalinasi

Sementara itu, untuk teknologi desalinasi dipilih tiga (3) jenis yang selama ini banyak ditemui di dunia yaitu: MED (*Multi-Effect Distillation*), MSF (*Multi-Stage Flash*) dan RO (*Reverse Osmosis*). Tidak semua jenis pembangkit yang telah dipilih dalam studi ini dapat dikopling dengan semua jenis pabrik air. Proses desalinasi yang hanya memerlukan listrik saja yaitu RO, dapat dikopling dengan pembangkit listrik. Sementara itu proses desalinasi yang memerlukan listrik dan panas; yaitu MSF dan MED, dapat dikopling dengan *dual purpose plant* (kogenerasi listrik dan panas), atau dengan *single purpose plant* (panas saja) dan sumber penyedia listrik tambahan.

Dalam sistim desalinasi, terdapat dua jenis teknologi yang telah digunakan untuk desalinasi secara komersial; yaitu proses termal dan proses membran. Proses termal melibatkan distilasi (penyulingan), yang mendidihkan air masukan dan kemudian mengkondensasikan uap yang terjadi. Diantara jenis teknologi desalinasi yang menggunakan proses termal adalah MSF dan MED. Sementara itu proses membran memanfaatkan membran semipermeabel guna memisahkan air bersih terhadap garam-garam yang terlarut. Semipermeabel disini dimaksudkan bahwa lewat membran dapat menembus air bersih, tetapi bukan garam terlarutnya. Diantara jenis teknologi desalinasi yang menggunakan proses membran adalah RO.

Untuk pembangkit fosil, yang dikopling dengan pabrik desalinasi, tidak memerlukan sistim *intermediate loop*, sedangkan pada pembangkit nuklir yang dikopling dengan pabrik desalinasi, diperlukan sistim tersebut supaya siklus aliran yang ke pabrik air tidak terkontaminasi oleh polutan radioaktif, seperti yang terlihat pada Gambar 1^[3].



Gambar 1. Siklus isolasi air tekan antara kondenser *Backpressure* dan pabrik air jenis MSF

III.3. Data Masukan dan Asumsi

Data masukan sebagian diambil dari lapangan seperti data mengenai kondisi air laut yaitu salinitas atau *total dissolved solids* (TDS) dan suhu air laut, serta suhu udara/lingkungan tapak. Data ekonomi dan teknis untuk pembangkit fosil diambil dari data PLN, sedangkan pembangkit nuklir yaitu PLTN SMART diperoleh dari KOPEC (*Korean Power Engineering Company*).

Menurut data yang diperoleh dari PT. GARAM suhu rata-rata air laut untuk kawasan Madura adalah sekitar 30°C, sedangkan nilai TDS adalah sekitar 33.000 ppm. Sementara itu suhu udara rata-rata di lingkungan tapak adalah 32°C.

Terhadap masing-masing varian pembangkit listrik dan teknologi desalinasi akan dilakukan studi sensitivitas dengan parameter kondisi lingkungan tapak, yaitu: TDS dan suhu air laut, serta suhu udara lingkungan tapak. Nilai-nilai sensitivitas dari ke-tiga parameter kondisi tapak tersebut terlihat di Tabel 1a, 1b dan 1c.

Tabel 1. Nilai Sensitivitas

a. Sensitivitas TDS

| Parameter | Low Case 1 | Low Case 2 | Base Case | High Case 1 | High Case 2 |
|--|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| Total Dissolved Solid ,TDS (ppm) | 29,000 | 31,000 | 33,000* | 35,000 | 37,000 |
| Seawater Temperature, T _{sw} (°C) | 30 | 30 | 30* | 30 | 30 |
| Air Temperature, T _{air} (°C) | 32 | 32 | 32* | 32 | 32 |

b. Sensitivitas Suhu Air Laut

| Parameter | Low Case 1 | Low Case 2 | Base Case | High Case 1 | High Case 2 |
|--|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| Total Dissolved Solid ,TDS (ppm) | 33,000 | 33,000 | 33,000* | 33,000 | 33,000 |
| Seawater Temperature, T _{sw} (°C) | 26 | 28 | 30* | 32 | 34 |
| Air Temperature, T _{air} (°C) | 32 | 32 | 32* | 32 | 32 |

c. Sensitivitas Suhu Udara Lingkungan

| Parameter | Low Case 1 | Low Case 2 | Base Case | High Case 1 | High Case 2 |
|--|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| Total Dissolved Solid ,TDS (ppm) | 33,000 | 33,000 | 33,000* | 33,000 | 33,000 |
| Seawater Temperature, T _{sw} (°C) | 30 | 30 | 30* | 30 | 30 |
| Air Temperature, T _{air} (°C) | 28 | 30 | 32* | 34 | 36 |

Berdasarkan data kondisi ril lingkungan tapak

Parameter ekonomi yang penting disini adalah *discount rate* dan *interest rate* yang besarnya sama yaitu 10%. Harga ini diambil sesuai dengan nilai *discount rate* yang dipergunakan oleh pemerintah dalam menilai suatu proyek. Tahun awal operasi adalah tahun 2015. *Purchased electricity cost* atau besarnya harga listrik yang akan dibeli dari jaringan bila pembangkitnya mati, adalah sebesar 0,085 \$/kWh. Ini disesuaikan dengan target PLN yang memasang harga listrik 0,07 \$/kWh di tahun 2005.

Tabel 2. Parameter ekonomi yang diambil

| Parameter Ekonomi | Unit | Nilai |
|----------------------------|------------|-------|
| Discount rate | %/a | 10.00 |
| Interest rate | %/a | 10.00 |
| Base Year | | 2001 |
| Operation Year | | 2015 |
| Purchased electricity cost | \$/kW(e).h | 0.085 |

Data varian pembangkit dan teknologi desalinasi yang digunakan tertera dalam Tabel 3 dan Tabel 4. Sebagian besar data yang tercantum dalam tabel-tabel ini berasal dari data yang sudah tersedia dalam Program DEEP 2.1 (*default data*)^[4].

Tabel 3. Data Varian Pembangkit

| Item | Unit | PLTU | Daur Gabung | Turbin Gas | SMART |
|---------------------|-----------------|-------|-------------|------------|--------|
| Capacity | MWe | 600 | 194* | 123* | 2x100 |
| Thermal Efficiency | % | 36 | 49 | 33 | 33 |
| Construction Length | Month | 48 | 24 | 24 | 36 |
| Construction Cost | US\$/KWe | 1,088 | 880 | 400 | 1,615 |
| O&M Cost | US\$/MWh | 3.43 | 5.23 | 4.57 | 5.59** |
| Fuel Cost | US\$/MWh | - | - | - | 8 |
| Fuel Price | \$/t (\$/mmbtu) | 35 | 2.5 | 2.5 | - |

* in gross power

** included decommissioning cost

Tabel 4. Data Varian Desalinasi

| Desalination plant cost data | Unit | MED | MSF | RO |
|--|-------------------------|-------|--------|-------|
| Unit size | m ³ /d | 4,000 | 4,000 | 4,000 |
| Base unit cost | \$/ (m ³ /d) | 926.7 | 1072.6 | 792.1 |
| Water plant cost contingency factor | - | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Water plant owners cost factor | - | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Water plant lead time | month | 12 | 12 | 12 |
| Average management salary | \$/a | 6,000 | 6,000 | 6,000 |
| Average labor salary | \$/a | 3,600 | 3,600 | 3,600 |
| Specific O&M spare parts cost | \$/m ³ | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Tubing replacement cost (only low temperature MED) | - | 0.01 | - | - |
| O&M membrane replacement cost | \$/m ³ | - | - | 0.05 |
| O&M spare parts cost | \$/m ³ | - | - | 0.04 |
| Specific O&M chemicals cost for pre-treatment | \$/m ³ | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Specific O&M chemicals cost for post-treatment | \$/m ³ | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Water plant O&M insurance cost | % | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

III.4. Pengaruh Kondisi Lingkungan Tapak terhadap Harga Listrik dan Air

Dengan menggunakan Program DEEP 2.1 telah dilakukan perhitungan pengaruh perubahan beberapa parameter kondisi lingkungan tapak terhadap harga listrik dan air untuk berbagai varian pembangkit listrik dan teknologi desalinasi, dan diperoleh hasil sebagai berikut:

III.4.1. Studi Sensitivitas Kondisi Lingkungan Tapak

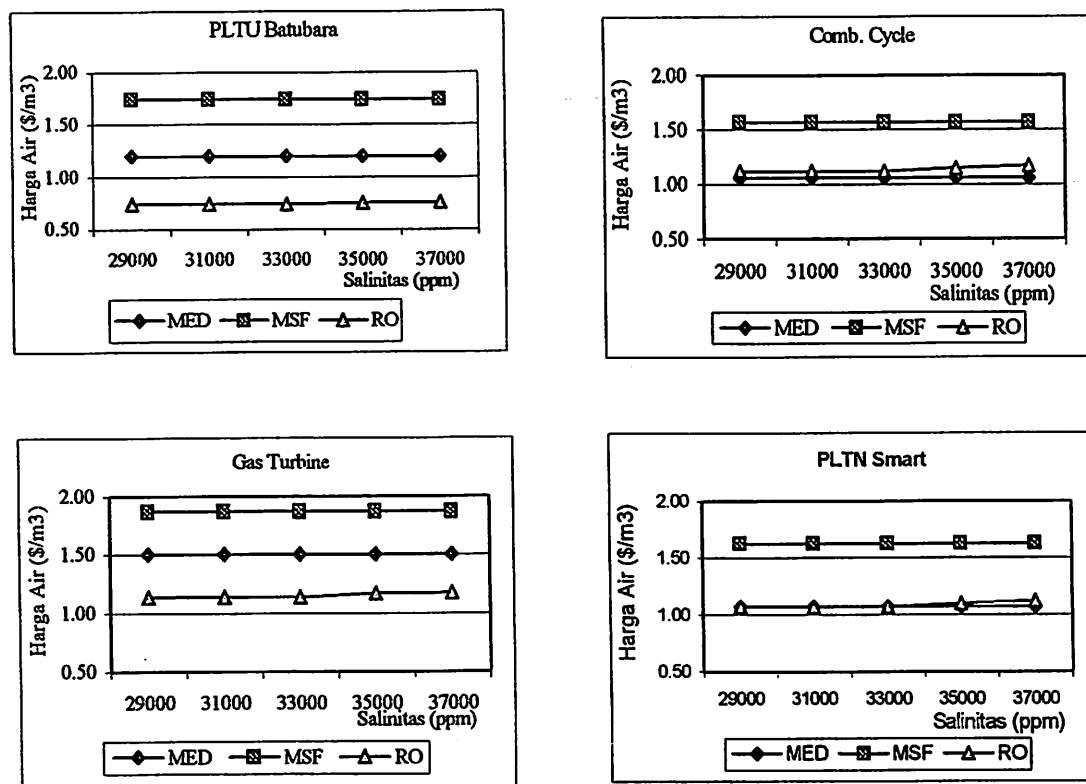
III.4.1.1. Pengaruh Salinitas Air Laut terhadap Harga Air

Salinitas air laut hanya berpengaruh terhadap harga air dan tidak berpengaruh terhadap harga listrik. Pengaruh salinitas air laut terhadap harga air untuk berbagai varian kopling ditunjukkan pada **Grafik 1**. Terlihat bahwa untuk semua jenis pembangkit yang dikopling dengan teknologi desalinasi jenis MED dan MSF, nilai salinitas tidak mempengaruhi harga air. Hanya jenis pembangkit yang dikopling dengan teknologi desalinasi jenis RO, harga air mulai meningkat setelah harga salinitas diatas 35.000 ppm, dan pengaruhnya pun tidak begitu signifikan.

Pengaruh perubahan salinitas air laut terhadap harga air untuk pembangkit yang dikopling dengan teknologi desalinasi jenis RO ini bisa dijelaskan bahwa proses *Reverse Osmosis* adalah kebalikan dari proses osmosis. Pada proses osmosis, air tertarik ke larutan yang berkonsentrasi lebih tinggi menembus suatu selaput/membran semipermeabel dari larutan yang berkonsentrasi rendah. Selaput disebut semipermeabel karena air (sebagai pelarut, *solvent*) dapat menembus selaput dalam dua arah, tetapi selaput menahan zat terlarut (*solute*). Akibatnya, larutan dengan konsentrasi tinggi akan lebih encer tetapi tekanannya akan lebih besar. Proses osmosis ini akan berhenti kalau perbedaan tekanan kedua cairan akan sama dengan tekanan osmotik larutan tersebut. Setiap larutan mempunyai tekanan osmotik, yang besarnya bergantung dari zat terlarut dan konsentrasinya. Untuk membalikkan kembali air menembus selaput semipermeabel, maka pada larutan konsentrasi tinggi harus ditekan, lebih besar sedikit dari tekanan osmotik yang menariknya. Jadi pada hakekatnya, air akan terpisah dari larutan konsentrasi tinggi menembus selaput/membran semipermeabel bila diberikan tekanan yang lebih tinggi dari tekanan osmotik larutan tersebut. Laju aliran menembus selaput ini besarnya dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti sifat kimia membran, tebal membran, luas, tekanan cairan, konsentrasi, pH dan suhu^[5]. Oleh karena itu, proses desalinasi menggunakan RO, semakin tinggi harga salinitas air laut (TDS), yang menandakan semakin tingginya konsentrasi atau kadar garam akan mengakibatkan semakin sulitnya air laut melalui membran semipermeabel, sehingga membutuhkan tekanan pompa yang lebih besar yang akan menyebabkan tenaga listrik yang digunakan meningkat, yang pada akhirnya meningkatkan harga air. Selain itu, ongkos bahan habis pakai proses menggunakan RO adalah paling tinggi, yaitu berkisar 0,1143 – 0,3175 US\$/m³. Ongkos

bahan habis pakai sangat bergantung dari salinitas air laut masukan, karena menyangkut bahan-bahan *pre-treatment*, pencegah korosi dan pembentukan kerak^[5].

Disamping itu, dari data lapangan diperoleh bahwa harga salinitas air laut (TDS) besarnya sekitar 33.000 ppm. Dari penelaahan program DEEP ternyata program telah di-*set* pada harga tertentu, khususnya untuk harga TDS lebih besar dari 35.000 ppm. Jadi kalau harga TDS masukan kurang dari 35.000 ppm maka program akan memberikan nilai tertentu dan tidak akan berubah sampai harganya di atas 35.000 ppm. Harga 35.000 ppm ini memang harga standar TDS untuk air laut (*brine water*)^[2]. Kenyataan lapangan harga TDS kurang dari 35.000 ppm yang mana hal ini tidak akan berpengaruh terhadap harga listrik maupun harga air.

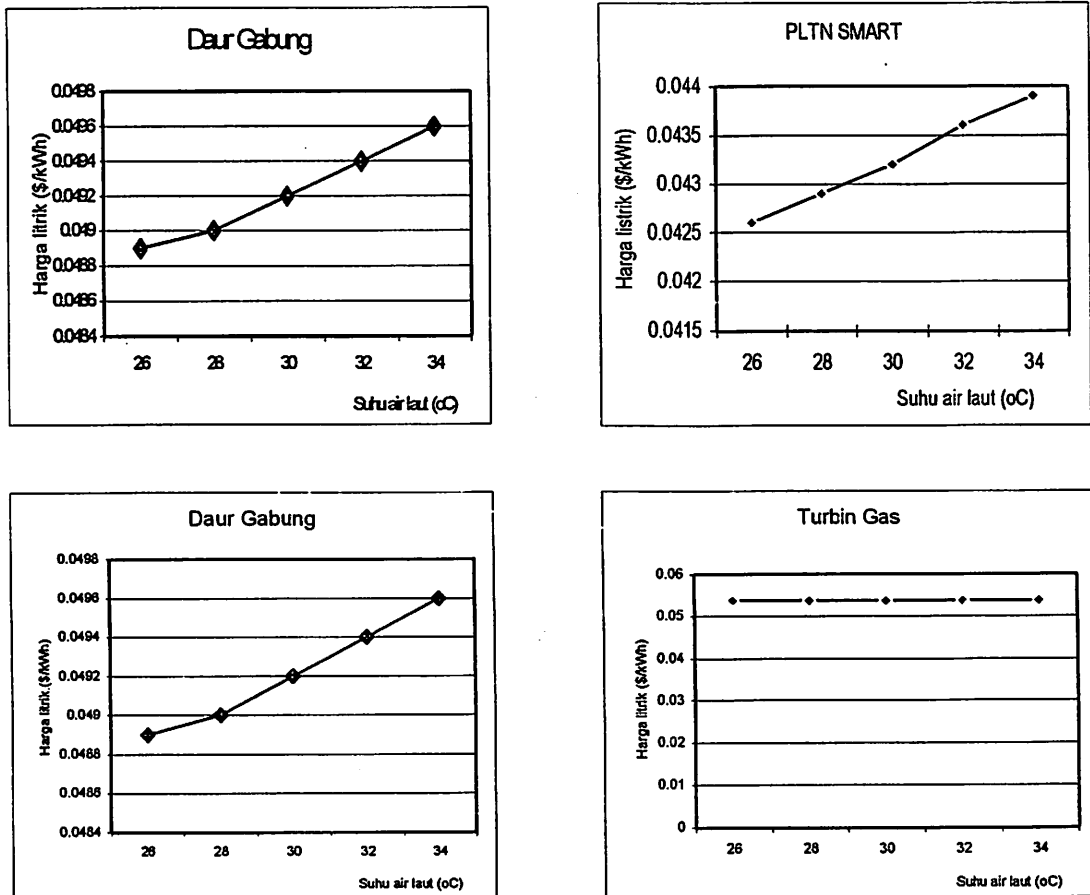


Grafik 1. Pengaruh Salinitas terhadap Harga Air untuk Berbagai Varian Kopleng

III.4.1.2. Pengaruh suhu air laut terhadap harga listrik

Hubungan antara harga listrik dan suhu air laut untuk berbagai pembangkit ditunjukkan pada Grafik 2. Terlihat semakin tinggi suhu air laut maka harga listrik juga akan meningkat. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu air laut, yang merupakan pendingin bagi *condenser*, maka efisiensi termalnya akan menurun. Dengan demikian jumlah listrik yang diproduksi akan menurun juga. Harga listrik (\$/kWh) dihitung dari jumlah total ongkos produksi (\$) per jumlah bersih listrik yang dihasilkan (kWh). Artinya kalau jumlah listrik yang dihasilkan menurun, maka harga listrik akan naik.

Pengaruh suhu air laut terhadap harga listrik hanya signifikan untuk pembangkit listrik jenis fosil (PLTU-Batubara dan Daur Gabung) maupun nuklir (PLTN SMART). Kenaikan harga listrik dengan meningkatnya temperatur air laut baik PLTU-Batubara maupun PLTN SMART adalah proporsional (setara). Sedangkan untuk pembangkit jenis *Combined Cycle* perubahan suhu air laut tidak sebesar pada PLTU-Batubara maupun PLTN SMART. Sementara itu untuk pembangkit Turbin Gas, suhu air laut tidak berpengaruh terhadap harga listrik. Dalam pembangkit Turbin Gas tidak diperlukan adanya *condenser* yang berfungsi sebagai pendingin, sehingga efisiensi termal dari pembangkit jenis Turbin Gas tidak terpengaruh oleh perubahan suhu air laut.

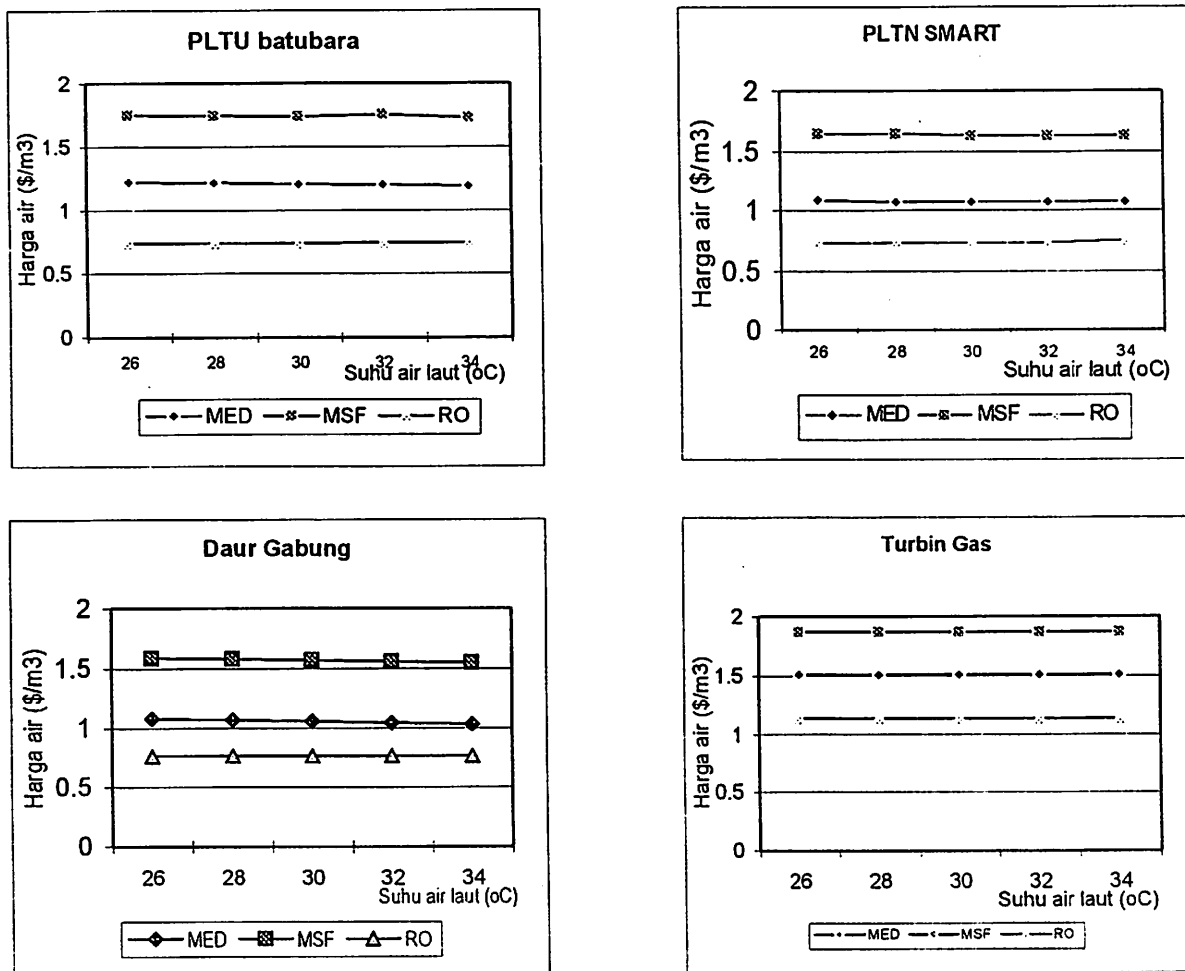


Grafik 2. Hubungan antara Harga Listrik dan Suhu Air untuk Berbagai Pembangkit

III.4.1.3. Pengaruh Perubahan Suhu Air Laut terhadap Harga Air

Pada Grafik 3 menunjukkan bahwa untuk pabrik desalinasi dengan teknologi MED, MSF dan RO yang dikopling dengan pembangkit termal PLTU-Batubara, SMART dan Daur Gabung, semakin meningkat suhu air laut maka harga airnya akan menurun. Pengaruh perubahan suhu air laut terhadap harga air ini tidak terlalu signifikan, sehingga tidak terlalu kelihatan pada grafik. Pengaruh perubahan ini hanya akan terlihat jika perubahan suhu air lautnya cukup besar.

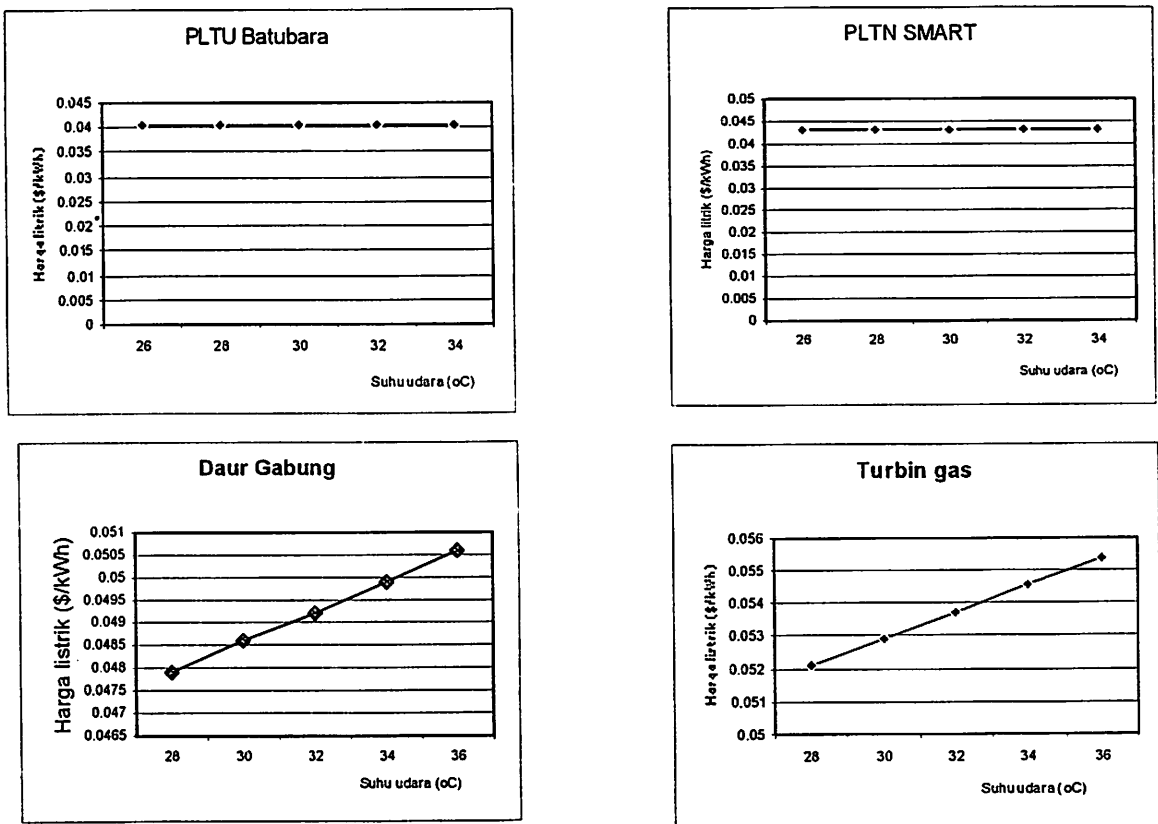
Produksi air bersih menggunakan proses desalinasi dimaksudkan untuk tidak saja memasok air bersih, tetapi juga sekaligus memanfaatkan energi panas yang dibuang (panas buangan) dari suatu pembangkit listrik guna mengurangi polusi panas buangan ke laut. Pada proses MSF dan MED, masukan air laut yang lebih hangat akan mempercepat kondensasi sehingga proses lebih efisien yang selanjutnya akan menurunkan harga air. Sementara itu pada proses RO, air laut masukan yang lebih hangat akan memberikan hasil air bersih secara lebih efisien, maka proses RO dapat memanfaatkan panas buangan ini. Air laut masukan untuk desalinasi RO ini diambil dari air keluaran dari kondenser pembangkit listrik (PLTU atau Daur Gabung), dan teknologi ini disebut *contiguous reverse osmosis (C-RO)*^[5]. Selain itu, pada proses RO, laju aliran menembus selaput permiabel ini dipengaruhi oleh suhu air laut masukan. Semakin tinggi air laut maka laju alirannya semakin besar dan semakin banyak air tawar yang diperoleh. Hal ini disebabkan bahwa semakin tinggi suhu air laut menyebabkan molekul air akan mengecil sehingga lebih mudah menembus selaput semipermeabel yang akan meningkatkan efisiensi proses yang akhirnya akan menurunkan harga listriknya.



Grafik 3. Pengaruh Suhu Air Laut pada Harga Air untuk Berbagai Varian Koping

III.4.1.4. Pengaruh Perubahan Suhu Udara Terhadap Harga Listrik

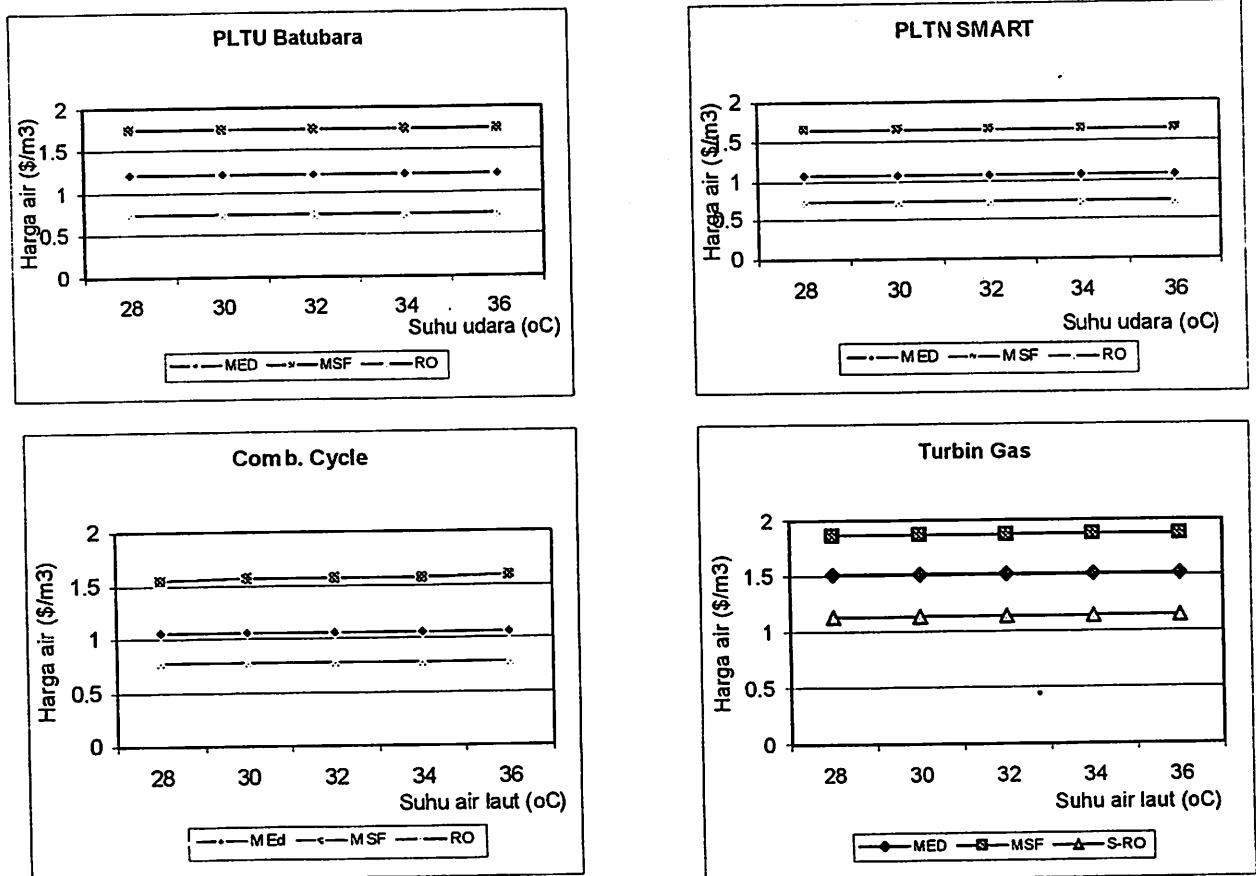
Pada Grafik 4 terlihat bahwa untuk pembangkit PLTU-Batubara dan SMART, harga listrik tidak terpengaruh dengan adanya perubahan suhu udara. Sedangkan pada pembangkit jenis Daur Gabung dan Turbin Gas, semakin tinggi suhu udara sekitar, maka harga listriknya juga akan meningkat. Suhu udara berpengaruh pada efisiensi turbin gas yang terdapat pada pembangkit jenis Turbin Gas, serta turbin gas dan uap yang terdapat pada pembangkit Daur Gabung, semakin tinggi suhu udara maka akan semakin rendah efisiensinya, sehingga akan menurunkan produksi listrik dan menyebabkan harga listrik meningkat.



Grafik 4. Pengaruh Suhu Udara pada Harga Listrik untuk Berbagai Pembangkit

III.4.1.5. Pengaruh perubahan suhu udara terhadap harga air

Seperti pada harga listrik, untuk varian pembangkit PLTU batubara dan PLTN SMART yang dipasangkan dengan semua jenis teknologi desalinasi, yaitu MSF, MED dan RO, menunjukkan tidak terpengaruh adanya perubahan suhu udara. Sedangkan pada varian pembangkit Daur Gabung dan Turbin Gas, semakin meningkat suhu udara maka harga airpun akan naik pula. Ini karena dengan naiknya suhu udara maka produksi listrik menurun karena efisiensi pembangkitnya turun, sehingga harga listrik dan air juga akan naik. Hal ini dapat terlihat seperti pada Grafik 5.



Grafik 5. Pengaruh Suhu Udara pada Harga Air untuk Berbagai Varian Koping

III.4.2. Pembangkit Listrik dan Teknologi Desalinasi yang Optimal

Dalam studi ini belum dapat ditentukan jenis pembangkit listrik yang paling optimal ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi sesuai dengan karakteristik tapak. Dari empat (4) jenis pembangkit listrik yang dikonteskan; yaitu PLTU-Batubara, Daur Gabung, Turbin Gas dan PLTN SMART, masing-masing mempunyai daya yang berbeda-beda, yaitu 600 MWe, 194 MWe, 123 MWe dan 100 MWe, sehingga tidak fair untuk dibandingkan. Membandingkan harga listrik dari beberapa jenis pembangkit listrik yang berbeda kapasitasnya, cenderung lebih menguntungkan yang mempunyai kapasitas besar. Dengan kata lain, pembangkit dengan kapasitas besar, harga listriknya (\$/kWh) biasanya lebih murah.

Sementara itu tiga (3) jenis teknologi desalinasi yang digunakan; yaitu MSF, MED dan RO, masing-masing mempunyai kapasitas produksi air yang sama yaitu 4.000 m³/d (Tabel 4), sehingga bisa dibandingkan satu sama lain. Dari Grafik 1, Grafik 3 dan Grafik 5 terlihat bahwa teknologi desalinasi jenis RO adalah yang paling murah atau dengan kata lain harga airnya (\$/m³) terendah.

IV. KESIMPULAN

Salinitas air laut hanya berpengaruh terhadap harga air dan tidak berpengaruh terhadap harga listrik. Untuk PLTU-Batubara, Daur Gabung dan PLTN SMART yang dikopling dengan MED, MSF dan RO, peningkatan suhu air laut akan meningkatkan harga listrik dan menurunkan harga air. Untuk PLTU-Batubara dan SMART yang dikopling dengan semua jenis teknologi desalinasi, harga listrik dan air tidak terpengaruh dengan adanya perubahan suhu udara. Sedangkan pada Daur Gabung dan Turbin Gas, harga listrik dan air meningkat dengan kenaikan suhu udara. Dalam studi ini belum dapat ditentukan jenis pembangkit listrik yang paling optimal atau murah karena pembangkit-pembangkit listrik yang dikonteskan masing-masing mempunyai daya yang berbeda-beda, sehingga tidak dapat dibandingkan. Sementara itu untuk jenis teknologi desalinasi yang paling murah adalah jenis RO.

DAFTAR PUSTAKA:

- [1]. IAEA (International Atomic Energy Agency)-TEC-DOC-1186, 2000: "Examining the economics of seawater desalination using the DEEP code", Vienna, Austria.
- [2]. IAEA (International Atomic Energy Agency), 2000: "Desalination Economic Evaluation Program (DEEP), user's manual", Vienna, Austria.
- [3]. IAEA (International Atomic Energy Agency), 2000: "WORKING MATERIAL: Publications and Studies using the IAEA Software Desalination Economic Evaluation Program (DEEP), Volume I", Vienna,
- [4]. Austria, DEEP Version 2.1 data default, IAEA.
- [5]. Kantor MENRISTEK dan LIPI, Mursid Djokolelono, M.Sc., 2002:"Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu (RUT) Tahun Anggaran 2001 – 2002", Jakarta.