

PERANCANGAN AWAL INSTALASI AIR BUANGAN PENDINGIN MENGGUNAKAN MULTISTAGEFLASH RECYCLE DISTILLATION (STUDI KASUS PT. INDONESIA POWER PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG)

Nurandani Hardyanti, Syafrudin, Inri Natalia *)

Abstract

The port of Tanjung Emas Semarang was located at the coast needed more clean water for shipping, industries and the communities. The production process of PLTU Indonesia Power produced waste water as cooling water that caused thermal pollution. Considering the quality, quantity, and continuity of that waste water used as one of alternative source of clean water. It treated using by multistageflash recycled distillation method. The purpose of this plant to fulfill clean water for shipping and port of Tanjung Emas area with production capacity was 50 liters per seconds for duration planning about 15 years. The location of this plant was next to PT. SRIBOGA with area 8000 m², wherein the intake on the Canal of PLTU Indonesia Power. In order to fulfill the quality of water, this plant used oil separator and antiscalant as pretreatment. Production cost of distillation plant was Rp 13.647 per m³. This cost was too expensive so it required to be done crossed subsidy. The price of clean water was Rp 2000 /m³ for public, Rp 5500 per m³ for industries and Rp 3000 per m³ for governmental office.

Keywords: cooling water, oil separator, multistageflash recycle distillation

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan dasar yang penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Tidak semua daerah punya sumber daya air yang baik wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di muara sungai atau di tengah lautan lepas merupakan daerah yang sangat miskin akan sumber air bersih. Untuk mengatasi masalah pemenuhan kebutuhan air bersih tersebut dibutuhkan teknologi pengolahan air yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air bersih. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *multi stageflash recycle distillation*.

Jika dilihat dari aspek lingkungan, instalasi *Multistageflash recycle distillation* layak adalah mengurangi terjadinya penurunan tanah yang salah satunya diduga diakibatkan oleh penggunaan air bawah tanah oleh PT. Pelabuhan Indonesia III dengan kapasitas pengambilan yang besar. Akibat dari penurunan tanah ini adalah terjadinya genangan banjir rob (Anonim, 2000) sehingga memerlukan adanya peninggian jalan dengan dana yang besar. Selain hal tersebut, PT Indonesia Power UBP Semarang memperoleh keuntungan dengan adanya pengurangan dampak negatif terhadap pipa pembuangan dari proses produksi listrik yaitu pengurangan terhadap beban pekerjaan pengerukan dan biaya pengerukan material organik *crustacea* yang menempel pada pipa. (Maharani, 2006).

Oleh karena itu dilakukan perencanaan awal instalasi *multistageflash recycle distillation* dengan memanfaatkan buangan air pendingin (*cooling water*) PLTU PT. Indonesia Power UBP Semarang sebagai sumber air baku instalasi untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

Metodologi

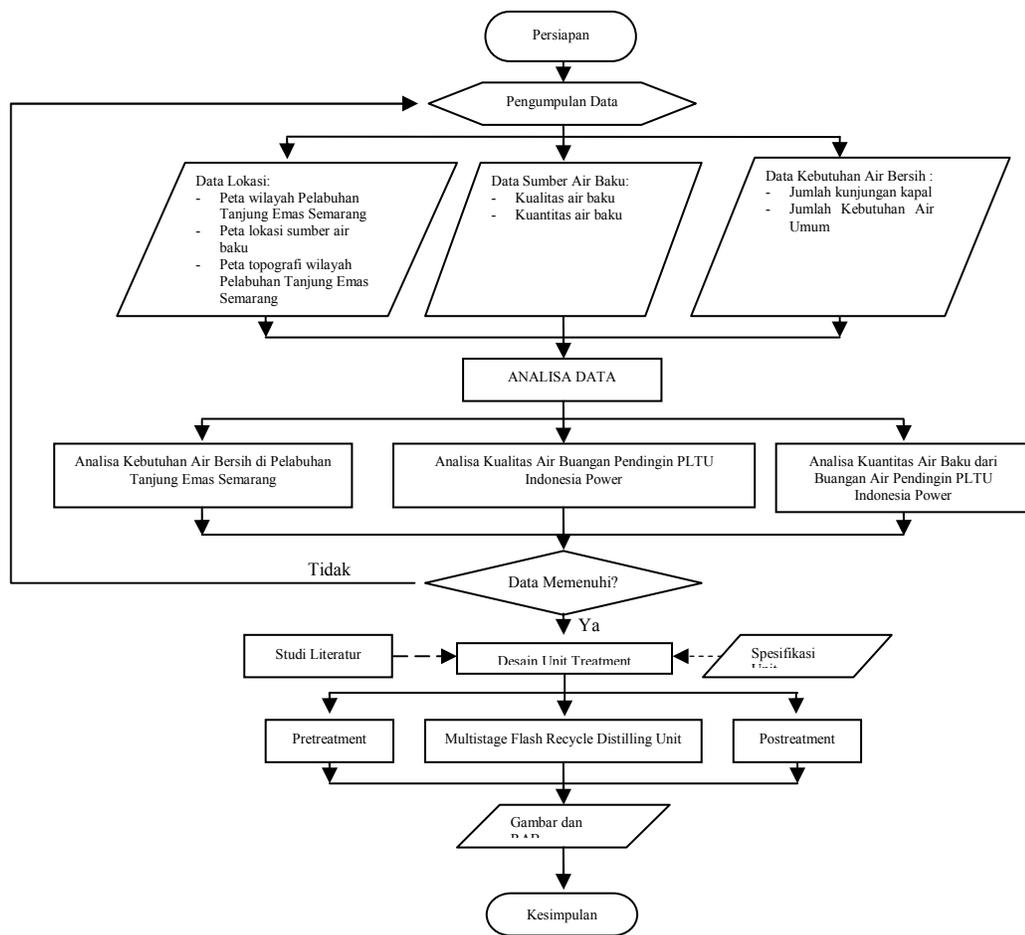
Tahapan desain instalasi *multistageflash recycle distillation* dapat dilihat pada gambar 1.

Data yang diperlukan untuk perencanaan desain awal instalasi *Multistageflash recycle distillation* meliputi data primer dan data sekunder dan akan terdiri dari bangunan penyadap (*intake*), bangunan pengolahan (*treatment unit*) hingga ke bak penampungan air bersih (*reservoir*).

Perancangan meliputi desain unit treatment instalasi *multistageflash recycle distillation* yang dapat digunakan dan sistem transmisi yang mengacu pada studi literatur dan kapasitas produksi sesuai analisa teknis, ekonomi dan lingkungan.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dilakukan berdasarkan daftar acuan harga satuan Dinas Pekerjaan Umum tahun 2006.

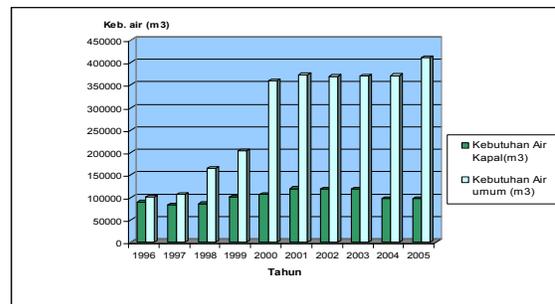
*) Staf Pengajar Jurusan T. Lingkungan Fakultas Teknik Undip



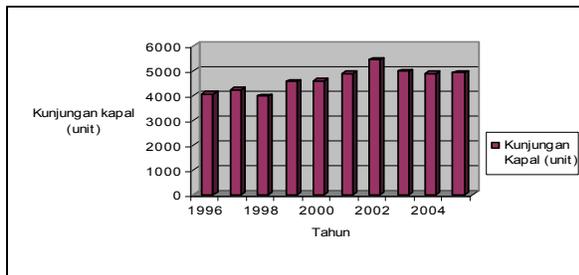
Gambar 1 Tahapan Perancangan
Sumber: Hasil Penelitian, 2006

Hasil Dan Pembahasan

Kebutuhan air di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang terdiri dari kebutuhan air kapal dan kebutuhan air umum. Kebutuhan air kapal didasarkan atas banyaknya kapal yang singgah dan kapasitas kapal tersebut, tetapi tidak semua kapal yang singgah membeli air di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Kapal laut yang akan bertolak ke daerah lain sudah pasti banyak memerlukan air, baik untuk keperluan penumpang selama dalam pelayaran maupun untuk keperluan lainnya. Sedangkan kebutuhan air umum meliputi kebutuhan air untuk perkantoran, maupun penduduk / umum. Adapun data kebutuhan air kapal dan umum serta kunjungan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang antara Tahun 1996 – 2005 terlihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



Gambar 2. Grafik Kebutuhan Air Pelabuhan Tanjung Emas Semarang Tahun 1996 - 2005
Sumber: anonim, 2005



Gambar 3. Grafik Jumlah Kunjungan Kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang Tahun 1996-2005
Sumber: anonim, 2005

Dari data eksisting daerah perencanaan kemudian dapat diproyeksikan kebutuhan air untuk Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Dalam proyeksi ini digunakan perencanaan selama 15 tahun ke depan yaitu tahun 2021 sebab jangka waktu ini yang paling sering digunakan sebagai periode perencanaan untuk desain sistem dan konstruksi penyediaan air bersih (Kawamura, 1991).

Analisa terhadap kualitas suatu sumber air baku sangat dibutuhkan karena hasil analisa akan menentukan unit-unit treatment yang akan digunakan dalam pengolahan air bersih ini. Parameter yang dianalisa meliputi parameter fisik, kimia dan biologi dari air baku yaitu berdasarkan Permenkes No.173/Menkes/Per/VIII/1977 untuk kualitas badan air untuk air minum, Permenkes No. 416/Menkes /Per/IX/1990 untuk air bersih, Kepmenkes No. 907/Menkes /SK/VII/2002 untuk air minum, Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 untuk kolam pelabuhan dan Baku Mutu menurut *World Health Organization*.

Berdasarkan hasil perbandingan dapat dianalisa bahwa air baku (*outfall cooling water*) PLTU dari PT. Indonesia Power UBP Semarang tidak memenuhi syarat sebagai badan air untuk air minum karena tingginya parameter fisik yaitu temperatur yang melebihi temperatur alami $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (Peavy, 1985) untuk air minum dan air pendingin khususnya yang telah dibuang dari *condenser* adalah air yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur alamiah (32°C – 33°C untuk air laut) dapat disebut sebagai air limbah (Tridiningrum & Tjandronegoro, 1998). Sumber air baku ini tetap digunakan sebagai alternatif badan air (untuk air bersih) karena dari segi kuantitas jumlah air baku sangat besar ($Q = 5550$ liter/detik) dan melebihi kapasitas perencanaan yaitu 50 liter/detik sehingga apabila dimasa mendatang PT. Pelabuhan Indonesia III hendak menambah kapasitas produksi dan perluasan intake maka hal ini tidak menjadi masalah. Sumber air baku ini tidak dipengaruhi

musim karena pada saat musim kemarau, sumber air baku ini tetap tersedia sehingga tidak mengalami penurunan muka air yang mungkin akan berpengaruh terhadap *canal intake* yang digunakan dan kapasitas perencanaan. Menggunakan sumber air baku dari buangan air pendingin (*cooling water*) PLTU Indonesia Power berarti mengurangi dampak negatif atau pencemaran laut yaitu **pencemaran termal** khususnya di sekitar laut Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.

Kualitas sumber air baku (*cooling water*) dari PLTU PT. Indonesia Power UBP Semarang lebih baik bila dibandingkan dengan kita mengambil sumber air langsung dari laut (terlihat dalam table) sehingga hal ini akan mengurangi beban *operational & maintenance cost*. Kemungkinan kontaminasi terhadap kualitas air baku di masa mendatang kecil karena adanya *quality monitoring* yang rutin dari pihak PT. Indonesia Power UBP Semarang, dan sumber air baku tersebut tidak mengganggu aktivitas masyarakat sekitar karena belum adanya penggunaan air ini sebagai MCK.

Disamping itu berdasarkan studi kelayakan, instalasi distilasi dapat digunakan setelah ditinjau dari beberapa aspek berikut ini, karena total *payback periode* adalah 8,31 tahun sejak pertama produksi. Hal ini berarti sebelum masa perencanaan berakhir, sudah terjadi pengembalian biaya investasi, sehingga menurut metode *payback period*, instalasi distilasi ini layak untuk didirikan, dan tingkat pengembalian bunga dari hasil perhitungan *rate of return* sebesar 12,49% lebih besar dari suku bunga bank yang ada yaitu sebesar 12%. Dengan demikian instalasi distilasi dapat dikatakan layak untuk didirikan. Dan dari perhitungan nilai *benefit-cost ratio* diperoleh lebih besar dari 1 yaitu 1,61 (Maharani, 2006).

Manfaat lain adanya instalasi *multistageflash recycle distillation* ini termasuk dalam *intangible benefits* atau manfaat yang tidak dapat dinyatakan dengan jelas. Manfaat ini adalah mengurangi terjadinya penurunan tanah yang salah satunya diduga diakibatkan oleh penggunaan air bawah tanah oleh PT. Pelabuhan Indonesia III dengan kapasitas pengambilan yang besar. Akibat dari penurunan tanah ini adalah terjadinya genangan banjir rob (anonim, 2000) sehingga memerlukan adanya peninggian jalan dengan dana yang besar. Menurut Suripin (2002) dalam Wirasatriya (2005), terdapat korelasi antara pengurangan kandungan air bawah tanah (Su) dengan land subsidence (S) dalam meter, yaitu $S = 6,5267 \text{ SU}^{0,6394}$ ($R^2 = 0,9904$). Berdasarkan persamaan tersebut terlihat bahwa penurunan tanah akan semakin meningkat dengan pengurangan air bawah tanah.

Air bawah tanah merupakan faktor yang sulit untuk dikontrol di Indonesia pada umumnya, karena banyaknya sektor-sektor swasta yang mengoperasikan pompa air bawah tanah. Biaya peninggian tanah dapat ditiadakan jika menggunakan instalasi *multistageflash recycle distillation* karena tidak menggunakan air bawah tanah yang dapat mengakibatkan penurunan tanah. Sehingga peniadaan biaya peninggian jalan ini dapat dikategorikan sebagai manfaat lingkungan instalasi *multistageflash recycle distillation*. Selain itu dengan berdirinya instalasi *multistageflash recycle distillation*, pihak lain (dalam hal ini PT Indonesia Power UBP Semarang) memperoleh keuntungan dengan adanya pengurangan dampak negatif terhadap pipa pembuangan dari proses produksi listrik yaitu pengurangan terhadap beban pekerjaan pengerukan dan biaya pengerukan material organik (*crustacea*) yang menempel pada pipa.

Beberapa pertimbangan pemilihan metode pengolahan air laut dengan *multistageflash recycle distillation* adalah distilasi memiliki toleransi besar terhadap jenis air apapun dengan kualitas yang buruk sedangkan reverse osmosis (RO) dan elektrodialysis (ED) memiliki batas-batas toleransi terhadap membrane yang digunakan. Dalam hal ini kualitas air baku dari *outfall cooling water* PLTU Indonesia Power dengan suhu sebesar 45°C dapat mempengaruhi kerja membran sedangkan penurunan suhu yang dapat dilakukan dengan aerasi yaitu kontak dengan udara terbuka dapat mempengaruhi kualitas air (masuknya material organik, SS, koloid yang tidak diinginkan) yang berarti menambah beban pengolahan lagi atau dengan supply udara dengan blower berarti kebutuhan energi bertambah, disamping itu rentan terhadap klor, minyak dan lemak karena dapat menyebabkan kerak (*scaling*). Ini berarti apabila digunakan RO atau ED maka perlu bahan-bahan kimia dan unit pretreatment dengan kemampuan tinggi untuk menghasilkan air yang sesuai dengan syarat-syarat RO atau ED. Distilasi lebih efisien dan ekonomis untuk mengolah air baku dengan kadar TDS (*Total Dissolved Solid*) ≥ 30.000 mg/l. Distilasi dapat digunakan untuk skala produksi besar yaitu >500 m³/hr (1000-20.000 m³/hr) sehingga skala produksi IPA ini yaitu 4320 m³/hr masih dapat dilakukan sedangkan RO dan ED biasa digunakan dalam skala yang lebih kecil yaitu 10 – 4000 m³/hr dan 2000 – 4000 m³/hr. Dan apabila PT. Pel III hendak menambah kapasitas produksi di masa mendatang maka distilasi mampu memproduksi maksimal 200.000 m³/hr air bersih dengan kemungkinan kecil munculnya masalah terhadap konstruksi dan peralatannya sedangkan RO dan ED hanya mampu memproduksi maksimal 40.000 m³/hr air bersih dengan kemungkinan munculnya masalah terhadap unit pretreatmentnya (penambahan bahan kimia dan *spare part*

RO/ED) dan membrannya jika kualitas air baku sewaktu-waktu menjadi buruk (anonim, 2006).

Biaya listrik dari unit distilasi dapat ditekan dengan memanfaatkan kembali uap hasil pemurnian untuk kebutuhan energi pemanasan awal. Disamping itu suhu air baku adalah 35° C sehingga sisa energi yang diperlukan untuk memanaskan air tidak terlalu tinggi. Unit distilasi lebih jarang memerlukan pemberhentian operasi untuk proses pembersihan maupun penggantian peralatan.

Alternatif dalam penentuan lokasi karena kebutuhan lokasi untuk instalasi distilasi adalah terletak di tanah kosong sebelah PT. SRIBOGA yaitu di lapangan Ex.PLN. Disamping karena adanya rekomendasi dari pihak PT. Pelabuhan Indonesia III untuk menggunakan lahan ini sebagai lokasi instalasi distilasi, terdapat beberapa pertimbangan terkait pemilihan lokasi instalasi ini yaitu: luas lahan yang tersedia yaitu 15.625 m² dibanding dengan kebutuhan lahan untuk instalasi air bersih ini sehingga apabila di masa mendatang terdapat penambahan kapasitas instalasi dan unit-unit treatment lainnya maka lahan yang tersisa masih cukup tersedia. Lokasi perencanaan dekat dengan PT. Indonesia Power sebagai penyuplai energi listrik selain 1 unit genset sebagai cadangan dan dekat dengan dermaga tempat tambatan kapal-kapal yang membawa bahan bakar sehingga diharapkan dapat memperlancar proses operasi harian dan bulanan. Instalasi ini letaknya di pinggir jalan, yang memudahkan transportasi baik pada tahap implementasi proyek maupun pada tahap operasional. Pada tahap implementasi proyek meliputi pengadaan material, peralatan, dan lain-lain, sedangkan pada tahap operasional antara lain pengangkutan bahan kimia untuk laboratorium, operasional, bahan bakar, dan lain-lain.

Selain hal tersebut di atas keadaan topografi tanah di lokasi perencanaan relatif datar atau tidak bergelombang sehingga hal ini akan mempermudah dalam pembuatan bangunan instalasi air bersih dan beda tinggi/kecuraman antara lokasi instalasi air bersih dengan sumber air baku sangat kecil sehingga mempermudah penggunaan pompa.

Dari segi pengembangan daerah di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang yaitu sebagai pusat transportasi, perdagangan, perdagangan dan jasa, perkantoran / pemerintahan, fasilitas sosial, industri dan lain-lain maka lokasi instalasi air bersih ini cukup tepat karena pengembangan daerah ini akan memperlancar kebutuhan-kebutuhan instalasi lainnya dan kondisi sanitasi dan sistem drainase sekitar sudah cukup baik sehingga keamanan bangunan instalasi terjamin.

Prinsip kerja dari *multistageflash recycle distillation* adalah menggunakan energi panas untuk mendidihkan kontaminan-kontaminan dalam air baku dan menghasilkan uap (Kocher, 2003). Diagram alir dengan metode *multistageflash recycle distillation* dapat dilihat pada Gambar 4. Pada metode pengolahan ini air baku dialirkan ke *oil separator* menggunakan *canal Intake* yang dilengkapi *seawater pump* (sentrifugal). Penyaluran air baku dilakukan dengan pipa bertekanan dan dalam keadaan tertutup untuk menjaga kualitas air dan suhu air tetap 45°C agar pada pengolahan Distilasi penggunaan energi untuk memanaskan air tidak terlalu besar. Air baku kemudian akan diinjeksi dengan *antiscalant*. *Antiscalant* berfungsi untuk menghambat pembentukan kerak pada dinding pipa, dan peralatan distilasi. *Antiscalant* yang paling sering digunakan adalah sodiumhexametaphopat (SHMP) (Montgomery, 1985). Setelah itu air baku siap dialirkan ke *distilling plant*. Air baku yang tidak teruapkan pada tingkat akhir disebut dengan air dengan impuritas tinggi (*brine*, khususnya kadar garam) kemudian dikeluarkan secara teratur oleh *water ejector*, dan sebagian dipompa keluar sistem dengan menggunakan *brine pump*. Sedangkan air tawar (*distillate*) dipompa menggunakan *distillate pump*. Pada sistem ini jika salinitas air tawar (*distil-late*) melebihi 0.065 EPM, maka secara otomatis akan mengalirkan air tawar ke bak penampung (*reject distillate*). *Reject distillate* ini akan bercampur dengan sebagian *brine* di bak penampung untuk dikembalikan lagi ke proses distilasi. Selanjutnya air bersih yang dihasilkan dalam *product storage tank* 180 m³ kemudian didistribusikan ke kapal-kapal yang berlabuh di dermaga ataupun untuk kebutuhan umum lainnya dengan menggunakan *product water pump*, namun sebelumnya diinjeksi dengan kaporit sebagai desinfektan. Sedangkan limbah yang dihasilkan oleh instalasi distilasi dalam proses operasionalnya adalah garam (*brine*) akan dibuang ke laut dan limbah larutan HCL yang digunakan dalam proses *cleaning*, dan air sisa pembilasan dari proses *flushing* akan diolah di *wastewater treatment plant* (WWTP) berupa bak equalisasi yang sekaligus juga berfungsi sebagai bak netralisasi. Selanjutnya limbah dibuang ke badan air.

Hasil perhitungan dan perencanaan bangunan instalasi pengolahan air bersih dengan metode *multistageflash recycle distilasi* terlihat pada tabel 1. Adapun skema pengolahan terlihat pada gambar 4.

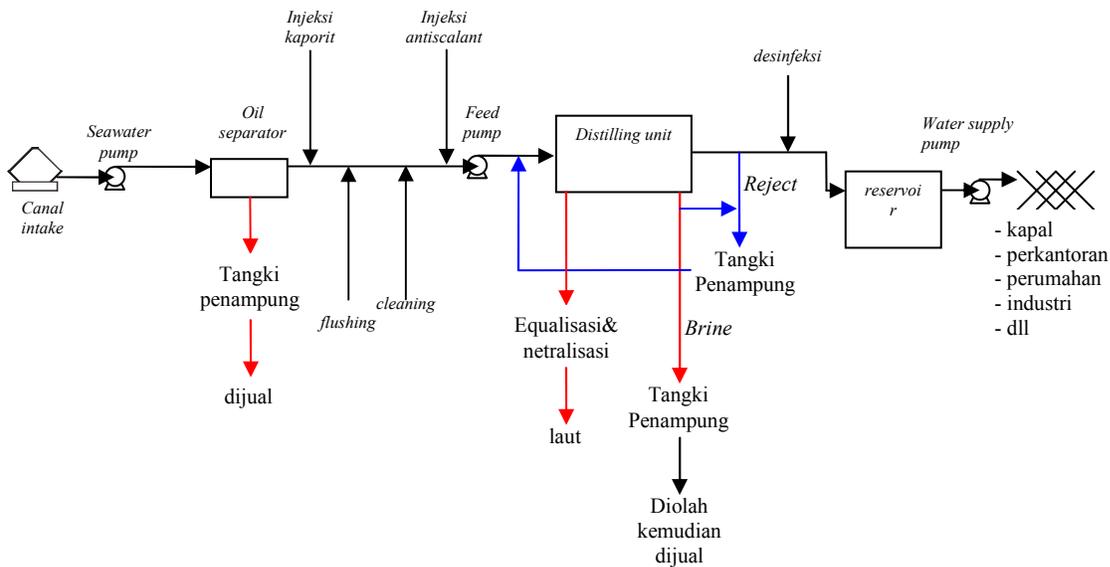
Tabel 1 Dimensi Tiap-tiap Bak Pengolahan Instalasi Distilasi

Bangunan	Dimensi		
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
Bar screen	4,5	0,7	2,47
Bak penangkap minyak dan lemak	32	4	2
Unit Multistage Flash Evaporator	92,5	37,5	3
Bak Postchlorinasi	-	0,9	0,8
Reservoir	18	4	5
Bak Netralisasi I	-	10	1
Bak Netralisasi II	-	10	1
Bak Netralisasi III	-	8	3
Bak Antiscalant	-	0,5	0,8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2006

Kesimpulan

Air buangan pendingin (*cooling water*) yang berasal dari PLTU Indonesia Power UBP Semarang dapat digunakan sebagai alternatif air baku untuk air bersih karena memiliki kualitas yang cukup baik. Perancangan desain instalasi air bersih dengan metode *multistageflash recycle distillation* menggunakan pretreatment meliputi unit proses yaitu bak penangkap minyak dan lemak dan *antiscalant*. Sedang unit operasi yang digunakan adalah distilasi type 24 D6 Multistage Flash Evaporator. Lokasi intake instalasi pengolahan air bersih dengan metode *multistageflash recycle distillation* adalah di daerah *outfall* buangan air pendingin PLTU Indonesia Power Semarang yang berjarak 1292 meter dari rencana lokasi instalasi yang berada di sebelah PT.Boga Sari. Intake yang digunakan adalah *canal intake* dengan diameter pipa sadap 30 cm (PVC) sebanyak 3 (tiga) pipa. Pompa yang digunakan adalah *seawater pump* centrifugal dengan daya 7,94 HP. Pengolahan dengan unit distilasi ini menghasilkan biaya untuk per m³ air olahan yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 13.637,-



Gambar 4 Skema pengolahan air pendingin menggunakan *multistageflash recycle distillation*
 Sumber: Hasil Penelitian, 2006

Daftar Pustaka

1. Anonim, 2000. Laporan Akhir Proyek Penurunan Tanah di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang Tahap II. Pelabuhan Indonesia III. Semarang.
2. Anonim, 2005. Rencana Jangka Panjang Perusahaan. Pelabuhan Indonesia III. Semarang.
3. Anonim, 2006. Tanjung Emas Port Directory. Pelabuhan Indonesia III Cabang Tanjung Emas. Semarang.
4. Kocher, Jodi. 2003. *Drinking Water Treatment: Distillation*. NebGuide. University of Nebraska – Lincoln Extension.
5. Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Jakarta.
6. Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto
7. Maharani, Darma C. 2006. Studi Kelayakan Pemanfaatan Limbah Air Pendingin PT. Indonesia Power sebagai Suplai Air Baku dengan Menggunakan Metode Distilasi (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Emas Semarang). Tugas Akhir Universitas Diponegoro. Semarang.
8. Montgomery, J. 1985. *Water Treatment Principle and Design*. John Wiley and Sons. Inc, Canada.
9. Tridiningrum, Y. Tjondronegoro, I. 1998. Makro-invertebrata sebagai Bioindikator Pencemaran Badan Air Tawar di Indonesia. Apakah Kita?. Lingkungan dan Pembangunan. Jakarta.
10. Peavy, Howard S. 1985. *Environmental Engineering*. Mc Graw-Hill Book Company. Singapura
11. Wirasatriya, Anindya. 2005. Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang. Tesis. Semarang

