



EFISIENSI PEMAKAIAN AIR PADA PROSES REVERSE OSMOSIS DENGAN MENGGUNAKAN REKAYASA NILAI DI PT.EXCELITAS TECHNOLOGIES BATAM

Imran¹, Dadang Redantan², Zaenal Arifin³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam
Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau

ABSTRAK

Rekayasa nilai digunakan sebagai usaha secara sistematis dan terorganisir untuk menganalisa atau mengadakan fungsi yang esensial dengan *life cycle cost* yang serendah-rendahnya untuk mencari solusi terhadap tingginya pemakaian air. PT.Excelitas Technologies Batam yang memproduksi *digital imaging, speciality lighting, teknologi detection* dan *trigger coil* mengalami peningkatan permintaan yang cukup besar sehingga mengakibatkan meningkatnya pemakaian air yang sifatnya umum seperti toilet, kegiatan pembersihan dan lain-lain. Peningkatan jumlah pemakaian air ini menghasilkan pengeluaran biaya yang cukup besar setiap bulannya sehingga perlu upaya penghematan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jumlah pemakaian air dan biaya yang dikeluarkan setiap bulannya dan mencari solusi efisiensi pemakaian air untuk penghematan pemakaian air. Metode yang digunakan adalah dengan RO (*reverse osmosis*).

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa terdapat 13% pemborosan dari proses RO setiap bulannya yang setara dengan 760m³, dengan biaya yang dapat dihemat sebesar S\$ 1227 atau setara dengan 722.2m³. Sehingga dalam setahun dapat menghemat 8666.4m³ atau melebihi target yang ditentukan yaitu 3479m³.

Kata kunci : peningkatan permintaan, RO, penghematan, biaya

PENDAHULUAN

PT.Excelitas Technologies Batam yang memproduksi *digital imaging, speciality lighting, teknologi detection* dan *trigger coil*. Perusahaan ini memberikan solusi aplikasi yang terintegrasi terkemuka bergerak dibidang ilmu kesehatan, industri dan konsumen. Seiring dengan waktu, kapasitas produksi PT.Excelitas Technologies Batam tiap minggunya untuk produk *detector, thermopile sensor, dan lighting* mengalami peningkatan permintaan yang cukup besar. Sehubungan dengan adanya permintaan peningkatan kapasitas dan kualitas yang tinggi, kebutuhan terhadap tenaga kerja juga meningkat sehingga berdampak pada meningkatkan pemakaian air yang sifatnya umum seperti toilet, kegiatan pembersihan dan lain-lain. Dengan meningkatkan kebutuhan air ini maka pengontrolan pemakaian harus dilakukan sehingga penggunaannya tepat

asaran dan komponen biaya yang dikeluarkan berbanding lurus dengan penggunaannya. Penggunaan air dari sistem *Reverse Osmosis* dalam industri manufaktur merupakan faktor pendukung yang sangat penting yang terintegrasi dengan sistem produksi untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

LANDASAN TEORI

Rekayasa nilai (*value engineering*) didefinisikan sebagai suatu usaha yang dilakukan secara sistematis, dan terorganisir untuk melakukan analisis terhadap fungsi suatu sistem, produk dan jasa dengan maksud untuk mencapai atau mengadakan fungsi yang esensial dengan *life cycle cost* yang terendah dan konsisten dengan kinerja, keandalan, kualitas, dan keamanan yang diisyaratkan. Rekayasa nilai mencari alternative terhadap desain yang original yang dapat secara efektif



meningkatkan nilai (*value*) atau mengurangi biaya proyek atau produk.

Value Engineering Job Plan merupakan suatu urutan aktivitas didalam studi rekayasa nilai yang dilakukan untuk suatu objek (proyek, proses, produk) yang meliputi pendefinisian fungsi-fungsi proyek, pengembangan dan evaluasi gagasan dan selanjutnya pengembangan dan penyajian proposal. Fase-fase yang dilakukan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Fase informasi
2. Fase spekulatif
3. Fase pengembangan/rekomendasi
4. Fase penyajian dan program tindak lanjut

Sistem produksi dan fasilitas produksi

Sistem produksi yang dikenal saat ini adalah sistem produksi yang terdiri dari fasilitas-fasilitas dan sistem pendukung manufaktur

Sistem produksi terbagi menjadi 2 kategori:

1. Fasilitas produksi terdiri dari pabrik, mesin-mesin produksi dan perkakas, peralatan *material handling*, peralatan inspeksi dan computer yang mengendalikan operasi manufaktur didalamnya.
2. Sistem pendukung manufaktur yang merupakan rangkaian aturan atau prosedur yang digunakan oleh perusahaan untuk menyelesaikan masalah teknis dan logistik yang terkait dengan pemesanan dan pemindahan bahan di dalam pabrik serta untuk menjamin agar produk memenuhi berbagai standar kualitas.

Otomasi Sistem Produksi

Otomasi diciptakan dengan ide-ide dasar sebagai berikut:

- a. Penggunaan elektrik dan atau mekanik untuk menjalankan mesin/alat tertentu
- b. Disertai “ otak yang mengendalikan mesin/alat tersebut
- c. Agar produktivitas meningkat dan ongkos menurun.

Berdasarkan ide dasar tersebut maka beberapa ahli menyatakan bahwa otomasi adalah suatu proses yang secara otomatis mengontrol operasi dan perlengkapan sistem dengan perlengkapan mekanik/elektrik yang dapat mengganti manusia dalam mengamati dan mengambil keputusan.

Jenis otomasi ditinjau dari sistem manufaktur dibagi dalam beberapa jenis:

1. *Fixed automation* (otomasi Detroit) yang merupakan sistem otomasi yang mempunyai konfigurasi peralatan tetap sesuai tahap proses operasinya ataupun perakitanannya. Jenis ini ditandai dengan adanya modal yang besar, laju produksi yang tinggi, relative tidak fleksibel,dll.
2. *Programmable Automation*
3. *Flexible Automation*

Konsep Lean dalam Sistem Engineering

Lean didefinisikan sebagai sebuah metoda dalam menghilangkan sesuatu yang bersifat *waste*. *Waste* didefinisikan sebagai segala macam hal yang tidak memberi nilai tambah ditinjau dari sudut pandang pelanggan terakhir. Pada penerapan *lean* di industri manufaktur, *waste* dibagi menjadi 7 tipe yang berbeda yaitu:

- a. *Over production*
- b. *Unnecessary transportation*
- c. *Inventory*
- d. *Motion*
- e. *Defect*
- f. *Over processing*
- g. *Waiting*

Unsur Fasilitas

Unsur fasilitas merupakan bagian penting yang mendukung kegiatan suatu perusahaan seperti pada PT.Excelitas Technologies Batam dan pada umumnya unsur-unsur fasilitas dibagi menjadi dua bagian besar yaitu:

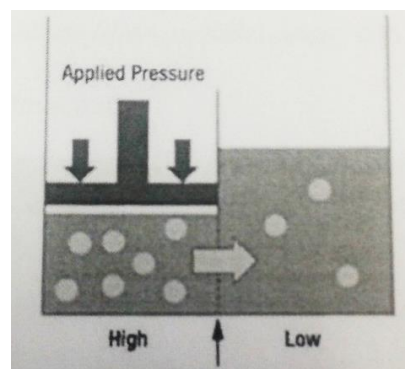
1. Fasilitas Langsung, merupakan unsur pendukung operasional secara langsung pada proses produksi. Unsur fasilitas ini merupakan komponen

energy yang digunakan sebagai input pada proses transformasi seperti listrik, udara bertekanan (*compressed air*), air (*raw water dan reverse osmosis*) dan gas-gas seperti nitrogen (N_2), hydrogen (H_2), oksigen (O_2), propane gas, CO_2 dan *forming gas*.

2. Fasilitas tak langsung merupakan unsur pendukung yang tidak berhubungan langsung dengan kegiatan produksi misalnya penyediaan kendaraan perusahaan yang tidak digunakan untuk kegiatan pengangkutan barang-barang hasil produksi, tempat penyimpanan limbah, kantin perusahaan, ruang meeting, tempat parkir, dan lain-lain.

Sistem Reverse Osmosis (RO)

Sistem ini sering disebut dengan osmosi terbalik yang merupakan suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi lapisan penyaring (*membrane seleksi*). Proses penyaring tersebut menyebabkan zat terlarut terendap di laurutan yang dialiri tekanan sehingga zat pelatur muni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Lapisan penyaring tersebut harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya atau bagian lebih kecil dari larutan tetapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul dan ion-ion yang berukuran besar. Berikut adalah konsep RO.



Gambar 1 Konsep *Reverse Osmosis*

Tujuan utama dari sistem RO pada dasarnya adalah untuk menghasilkan air murni yang digunakan dalam proses produksi sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi. Beberapa hal yang sangat penting dalam sistem RO yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. *Permeat* yaitu air murni yang keluar dari sistem
2. *Konsentrat* yaitu solusi garam pekat yang keluar dari sistem
3. *Feed flow* yaitu laju aliran total dari sumber air yang dipompakan ke dalam sistem
4. *Recovery* yaitu presentase air menembus dicapai dalam suatu sistem. $Presentase Recovery = \frac{permeat}{aliran/pakan\ aliran} \times 100\%$

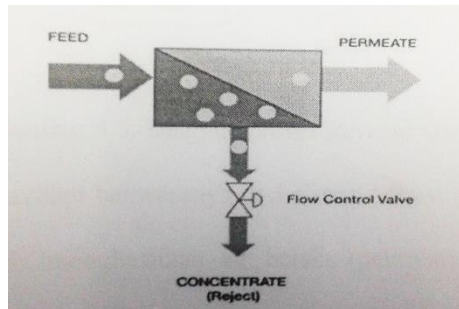
5. *Rejection* yaitu presentase padatan terlarut yang tidak bisa melewati *membran* yang selanjutnya terbuang.

Beberapa komponen peralatan yang dibutuhkan pada proses RO adalah sebagai berikut:

- a. Tanki suplai air (*Raw Water Supply tank*) digunakan untuk menampung air yang belum diolah dari sumbernya (*raw water*) sehingga kebutuhan air akan selalu terjaga.
- b. Pompa air (*water pump*) diperlukan untuk mengalirkan air dari tanki suplai dengan sebuah tekanan tertentu menuju ke sistem filtrasi atau ke membran.
- c. Sistem filtrasi merupakan bagian yang sangat menentukan untuk

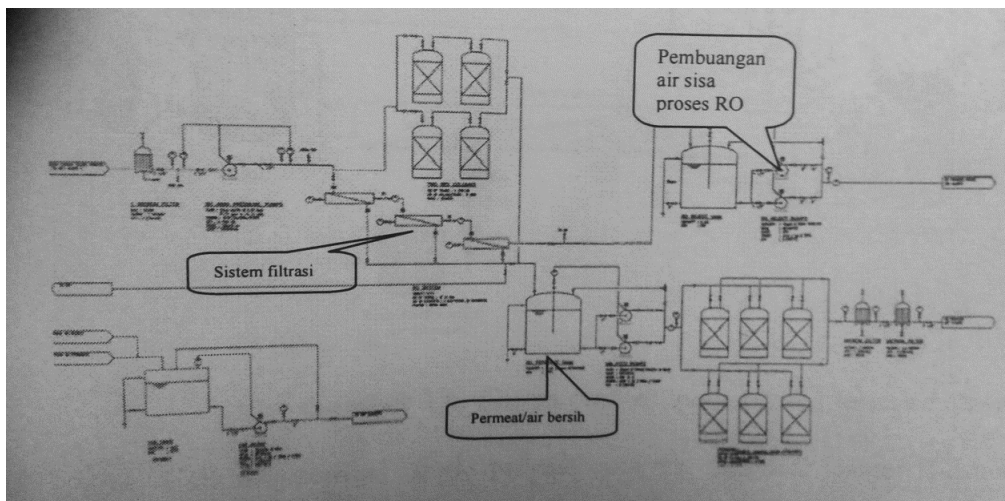
menghasilkan *permeate* (air murni) yang diperlukan untuk membersihkan produk. Pada bagian ini, ion dan zat-zat lainnya akan tersaring dan hanya partikel atau ion yang sangat kecil saja yang akan bisa melewati membran semi *permeable*. Selanjutnya akan diketahui banyaknya air yang masih memiliki kandungan partikel, ion atau zat-zat lainnya yang tidak bisa melewati membran semi *permeable* akan terbuang sebagai *reject water*. *Reject water* tidak direkomendasikan

untuk diolah kembali ke sistem RO karena akan merusak sistem filtrasi yang tentu saja akan mengeluarkan biaya (*cost*) yang tinggi karena harus diganti. Air Keluaran (*effluent*) yang terbagi dua salah satunya diantaranya dialirkan ke proses produksi yaitu air murni (*permeate*) dan air buangan (*reject water*) yang terbuang tanpa pemanfaatan kembali. Gambar berikut ini menunjukkan air terbuang (*reject/concentrate*) dari proses RO.



Gambar 2 Diagram alir sistem filtrasi

Dalam sistem filtrasi membran semi *permeable* merupakan komponen yang sangat krtikal dalam menghasilkan air minum yang berkualitas. Pengaturan *flow control valve* diatas juga menentukan seberapa efisien sistem RO dalam menghasilkan air murni (*permeate*) dan jumlah air buangan. Berikut ini adalah diagram sistem RO yang ada di PT. Excelitas Technologies Batam.



Gambar 3 Diagram Proses RO

Pada diagram diatas terlihat bahwsanya dari sistem filtrasi yang terdapat dalam proses RO menghasilkan air bersih yang dialirkan ke bagian produksi dan juga air yang tidak

masuk dalam spesifikasi yang akan dibuang sebagai limbah atau sisa dari proses.



Penggolongan biaya pada industri manufaktur

Menurut Mulyadi (1991) biaya dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

- a. Biaya tetap yaitu biaya yang jumlahnya totalnya tetap dalam kisar perubahan volume kegiatan tertentu. Contoh biaya tetap adalah depresiasi, bunga, gaji dan sewa
- b. Biaya variabel yaitu biaya yang jumlah totalnya berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan. Contohnya biaya bahan baku.

- c. Biaya semi variabel yaitu biaya yang memiliki unsur biaya tetap dan biaya variabel didalamnya.

Pada biaya unsur fasilitas maka pengeluaran biaya merupakan biaya tetap (*fixed cost*) yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk periode waktu tertentu yang sudah ditetapkan. Disamping biaya tetap, faktor penggunaan unsur fasilitas langsung ini umumnya berbanding lurus dengan kapasitas produksi yang direncanakan. Berikut ini adalah biaya yang dikeluarkan oleh PT.Excelitas Technologies Batam untuk unsur fasilitas langsung.

Tabel 1 Biaya unsur fasilitas langsung

Unsur Fasilitas	Unit	Harga/Unit	Satuan Harga	Total Biaya
Listrik	KWH	0.207	SGD	116186 6.367
Air	M3	1.7	SGD	55608. 7
Gas Hidrogen	M3	4.2	SGD	52649. 94
Gas Oksigen	M3	1.8	SGD	15783. 537
Gas Nitrogen	M3	0.345 6	SGD	164590 .9632

Dari tabel diatas, semua unsur fasilitas langsung tersebut terpakai secara efisien kecuali air. Input dari unsur fasilitas langsung berbanding lurus dengan kapasitas produksi kecuali pemakaian air. Pemakaian air yang dibutuhkan oleh proses produksi umumnya air yang sudah diolah terlebih dahulu.

Mendefinisikan Alternatif Investasi

Fase yang paling awal dalam proses pengambilan keputusan investasi adalah mendefinisikan alternatif-alternatif investasi yang layak dipertimbangkan dalam analisis. Fase ini sangat menentukan apakah proses pengambilan keputusan akan bisa digiring ke arah yang optimal atau tidak. Pada proses pemanfaatan sisa air buangan pada proses RO alternatif-alternatif investasi yang direncanakan didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Penambahan suplai air untuk kebutuhan umum dikarenakan jumlah

karyawan yang meningkat dengan tidak mengeluarkan investasi tetapi pengeluaran perusahaan bertambah secara tetap (*fixed cost*).

2. Pemanfaatan kembali sisa air buangan dari proses RO dengan menentukan investasi awal dengan beberapa pertimbangan:
 - a. Menghindari pengeluaran yang sifatnya *fixed cost*
 - b. Menghindari pemakaian air secara berlebihan dengan berdasarkan pada program lingkungan yaitu *reuse*

Pada pemanfaatan air buangan dari proses RO ini pemilihan alternatif proyek yang akan diambil tentunya tidak bisa lepas dari nilai bunga sekarang untuk menentukan nilai investasi yang akan dikeluarkan. Ada dua jenis bunga yang biasa dipakai untuk melakukan perhitungan nilai bunga uang dari waktu yaitu bunga sederhana dan



bunga majemuk dengan rumusan sebagai berikut:

a. Bunga sederhana

$$I = P \times i \times N$$

Dimana :

I = bunga yang terjadi

P = nilai yang dipinjam/diinvestasikan

i = tingkat bunga per periode

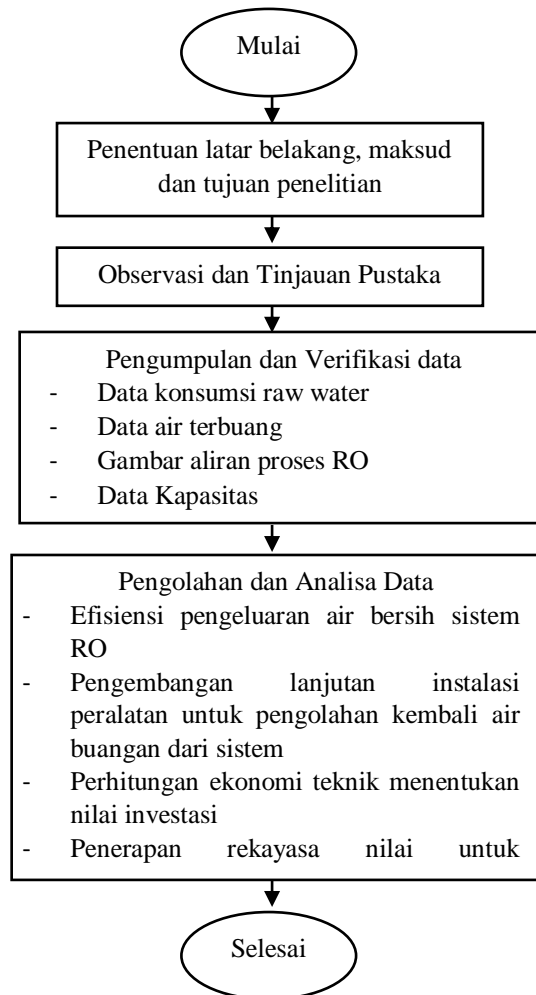
N = jumlah periode yang dilibatkan

b. Bunga majemuk

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di departemen EHS & Facility PT.Excelitas Technologies Batam. Untuk mendapatkan data yang

dibutuhkan dengan benar dan lengkap, data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer (meliputi tanya jawab kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan masalah penelitian, data penggunaan air dasar, data aliran proses sistem RO, data banyaknya air yang terbuang dari sistem RO, data biaya yang dikeluarkan dari pemakaian air dan data kapasitas sistem RO) dan data primer berupa literature yang ada kaitannya dengan penelitian ini. Secara umum metode penelitian ini tertuang dalam kerangka penelitian dibawah ini



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

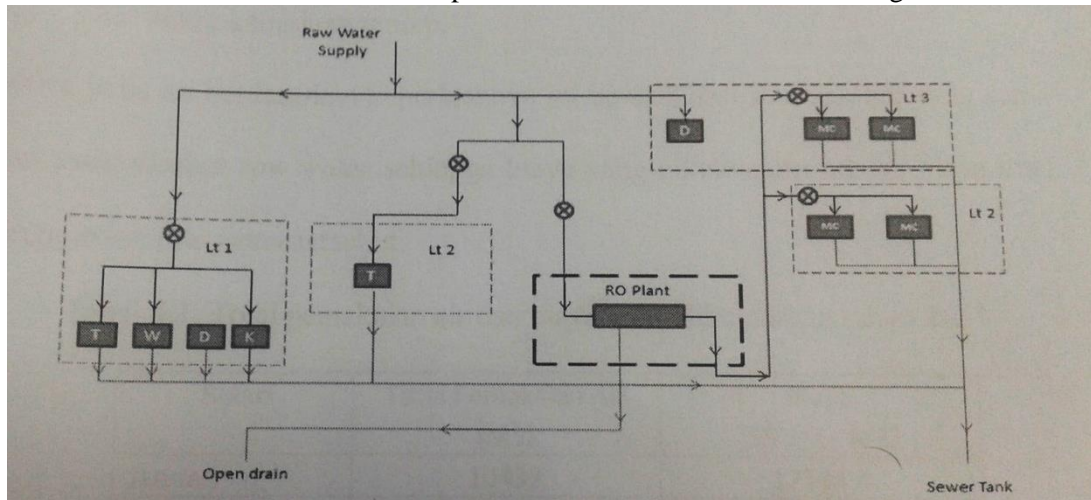
HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram alir penggunaan air di PT.Excelitas Technologies Batam terbagi dalam bagian besar yaitu kebutuhan umum

dan kebutuhan produksi. Untuk kebutuhan umum terbagi dalam penggunaan air untuk toilet, wudhu, wastafel, kegiatan pembersihan oleh cleaning servis, dan air

minum dispenser, Sedangkan untuk kebutuhan produksi yang membutuhkan kualitas air bersebih maka penggunaan air tersebut harus melalui suatu proses

tersendiri yang dinamakan *reverse osmosis*(sistem osmosis terbalik). Berikut diagram alir penggunaan air yang ada di PT.Excelitas Technologies Batam.



Gambar 5 Diagram alir penggunaan air

Keterangan gambar :

T =toilet

W = wudhu

D = dispenser air minum

K = kantin

MC = mesin

Dari diagram alir diatas ditemukan banyak air terbuang dari instalasi *Reverse Osmosis (RO plant)* menuju ke saluran terbuka tanpa digunakan terlebih dahulu. Penggunaan air pada perusahaan ini dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Air untuk keperluan produksi atau DI water diperoleh dari proses RO
2. Air untuk keperluan umum berasal dari sumber yang sama (*raw water*) sehingga biaya yang dikeluarkan adalah total penggunaan *raw water*. Total pemakaian air pada tahun 2011 adalah sebanyak 69580 M3 dengan biaya per M3 adalah S\$ 1.7 sehingga total biaya yang dikeluarkan adalah S\$ 118286

Dari biaya yang dikeluarkan tidak semua digunakan untuk keperluan operasional

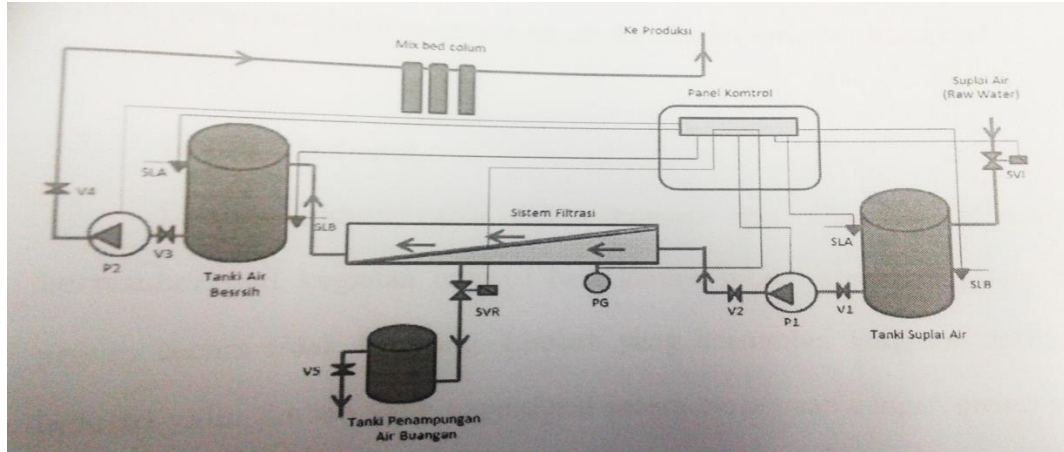
tetapi sebagai terbuang yaitu pada proses RO yang merupakan kerugian bagi perusahaan. Dari 69580 M3 pemakaian air, sebanyak 9122 M3 per tahun atau 760.2m3 per bulan air buangan RO sehingga total biaya yang terbuang karena proses RO adalah S\$ 15507.4 per tahun(atau S\$ 1292.3 per bulan) atau setara dengan 13% biaya yang terbuang pada proses ini.

Kapasitas dari Sistem RO

Berdasarkan hasil penelitian kapasitas dari sistem RO yang ada di PT. Excelitas Technologies Batam adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas tanki penampungan permeat = 5000 liter
2. Kapasitas pompa untuk mengalirkan air bersih = 70 GPM
3. Heat dari pompa = 150 m

Sistem kerja dari RO ini merupakan sistem otomatis dari ciri *fixed automation*. Berikut secara ringkas dijelaskan pada diagram dibawah ini.



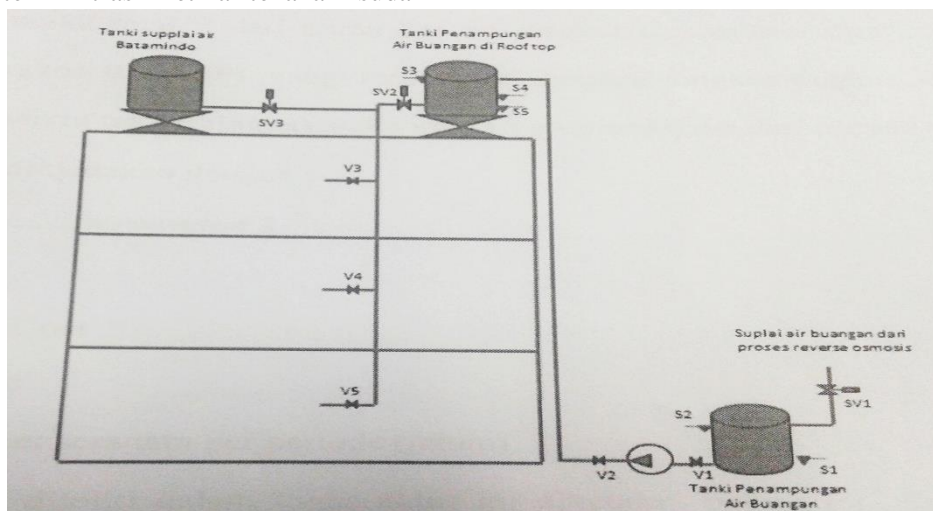
Gambar 6 Sistem Otomasi pada proses RO

Pada sistem otomasi dari proses RO seperti gambar diatas menerangkan bahwa proses RO berjalan secara otomatis. Suplai air (*raw water*) akan mengalirkan air secara gravitasi pada saat *solenoid valve* (SV1) terbuka karena mendapat signal dari sensor level bawah (SLB) yang berada di tanki suplai air dan SV1 akan menutup jika level air pada tanki tersebut sudah berada pada level karena adanya signal dari sensor level atas (SLA). Pompa (P1) akan memompakan air dari tanki suplai air menuju ke sistem filtrasi. Pada kondisi ini air bersih (*permeate*) akan dialirkan ke tanki penampungan air bersih, sementara air yang tidak bisa melewati sistem filtrasi akan terbuang ke tanki penampungan air buangan. Air buangan ini akan terbuang dari sistem filtrasi ketika tekanan sudah

mencapai set point nya (PG) yang kemudian memberikan signal ke *solenoid valve* (SV2) untuk terbuka dan selanjutnya mengalirkan air ke tanki. Air buangan akan keluar ke saluran terbuka ketika melewati saluran *over flow*. Sementara itu tanki penampungan air bersih (*permeate*) akan dipompakan oleh pompa (P2) melewati *mixed bed colum* untuk mengontrol resistansi dari air tersebut yang selanjutnya dialirkan ke produksi. Proses ini terjadi secara terus menerus secara otomatis selama proses produksi memerlukan air dari sistem RO ini.

Perancangan Peralatan sebagai Alternatif Solusi

Berikut ini sistem otomasi pemanfaatan sisa air buangan proses RO



Gambar 7 Sistem otomasi pemanfaatan sisa air buangan proses RO



Dengan menggunakan sistem otomasi, air buangan dari proses RO dipompakan ke atas gedung (*roof top*) dan ditampung pada tanki penampungan air yang selanjutnya secara gravitasi dialirkan menuju ke tanki yang sudah ditentukan.

Perhitungan Investasi Proyek untuk Alternatif yang dipilih

Pada proyek yang diteliti, perusahaan tersebut menginvestasikan dana yang diambil dari bank corporate sebesar S\$ 20000 dengan bunga 10%. Biaya perawatan yang direncanakan sebesar S\$ 30 per bulan untuk penggantian 3 unit filter. Biaya overhead untuk pembersihan tanki air, service sensor, dan pompa diperkirakan S\$1200 untuk setiap 3 tahun. Dari perencanaan investasi ini maka biaya maksimum yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$CC \text{ (capital cost)} = S\$ 20000$$

$$I \text{ (interest)} = 10\%$$

$$\text{Biaya perawatan (Fp)} = S\$ 30/\text{bulan} = S\$ 360/\text{tahun}$$

$$\text{Biaya overhaul (Fo)} = S\$ 1200$$

$$N = 3 \text{ tahun, sehingga}$$

Besarnya deret seraga per periode (A) adalah:

$$A = F(p) + F(o) (A/F, i, N)$$

$$= 360 + 1200 (A/F, 10\%, 3)$$

$$= 360 + 1200 (0.3006) = S\$ 720.72$$

$$\text{Sedangkan, } CC = P + A/i$$

Sehingga biaya investasi awal adalah :

$$P = CC - A/i = 20000 - 720.720/0.1$$

$$P = S\$ 12792.8$$

Return of Investment (ROI)

Dari data yang diperoleh di atas sudah jelas bahwa rata-rata air buangan sisa proses RO yang tidak digunakan kembali sebesar 760.2 m³ setiap bulan atau setara dengan S\$ 1292.3. Dengan asumsi bahwa air yang dapat dimanfaatkan kembali dari tanki tampungan adalah 95% maka air yang dimanfaatkan adalah sebesar 0.95 x 760 m³ = 722.2 m³ atau setara dengan S\$ 1227.7 sehingga berdasarkan hasil investasi awal sebesar S\$ 12792.8 maka BEP dari proyek

ini akan tercapai dalam waktu (S\$ 12792.8/S\$ 1227.7) = 10.4 bulan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka peneliti menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Terdapat 13% pemborosan air dari proses Reverse Osmosis (RO) setiap bulannya setara dengan 760m³.
- Biaya yang dapat dihemat dari perhitungan adalah rata-rata sebesar S\$ 1227,7 atau setara 722,2 m³
- Jumlah pemakaian air yang dapat dihemat dalam satu tahunnya berjumlah 722,2 m³ x 12 bulan = 8666,4 m³ melebihi target yang ditentukan yaitu 3479m³ dan *Return of Investment* dapat dicapai dalam waktu 10.4 bulan

Saran

Berikut saran yang disampaikan oleh peneliti:

- Perusahaan dapat menerapkan hasil penelitian karena berdasarkan rekayasa nilai (*value engineering*) maka proyek ini dapat dilaksanakan mengingat biaya total proyek masih lebih kecil dari investasi awal yang direncanakan.
- Manajemen perusahaan dapat menerapkan hasil penelitian ini sehingga biaya tetap yang dikeluarkan setiap bulannya bisa berkurang dan pemakaian air lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Alphonso D.I.J.1975.*Value Engineering in The Construction Industry*. Van Nostrand Reinhold Company
- Charanda Thoram Symposium.1994.*Reverse Osmosis and Design*
- Pujawan I N.2009. *Ekonomi Teknik*. Surabaya; Guna Widya
- Kucera.2011. *Reverse Osmosis Industrial Application and Process*. Diakses dari internet www.googlebuku.com Desember 2011