

Studi Pendirian Pabrik Natrium Sulfat Dekahidrat di Kabupaten Sampang

F. H. Ar-rosyidah, H. A. Rochman, N. Hendrianie, dan S. R. Juliastuti

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail : nuniek@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Indonesia merupakan negara berkembang yang memiliki kewajiban untuk melaksanakan pembangunan di segala bidang. Dalam hal ini, pemerintah menitikberatkan pada pembangunan di sektor industri. Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini adalah natrium sulfat (Na_2SO_4). Natrium sulfat adalah garam natrium dari asam sulfur. Dalam bentuk anhidratnya, senyawa ini berbentuk padatan kristal putih dengan rumus kimia Na_2SO_4 , atau lebih dikenal dengan mineral tenardit sedangkan bentuk dekahidratnya mempunyai rumus kimia $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang lebih dikenal dengan nama garam glauber atau sal mirabilis. Natrium sulfat banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri, antara lain di industri *pulp* dan kertas, deterjen, pembuatan *flat glass*, tekstil, keramik, farmasi, zat pewarna dan sebagai *reagent* di laboratorium kimia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia kebutuhan impor natrium sulfat di Indonesia (tahun 2010 hingga tahun 2014) rata – rata pertahunnya sebesar 218.967,238 ton. Meskipun kebutuhan industri akan natrium sulfat sangat banyak dan kegunaannya pun beragam, namun hingga saat ini Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri karena produksi natrium sulfat secara komersial masih sangat rendah. Hingga saat ini Indonesia baru memiliki 3 pabrik natrium sulfat dengan total kapasitas produksi sebesar 265.000 ton/tahun. Melihat data tersebut menunjukkan bahwa persediaan akan natrium sulfat di Indonesia masih sangat minim. Sehingga, pendirian pabrik natrium sulfat dekahidrat di Indonesia selain akan menguntungkan dari segi ekonomi, juga dapat memicu berkembangnya industri – industri pengguna natrium sulfat itu sendiri, sekaligus membuka lapangan kerja sehingga mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia. Dan ditinjau dari analisa ekonomi, didapatkan besar total investasi : Rp 94.716.122.794; internal rate of return: 30%; POT : 3.44 tahun; dan BEP : 33.73 %.

Kata Kunci — Natrium Sulfat Dekahidrat, Desain Pabrik, Garam Glauber

I. PENDAHULUAN

SEIRING dengan bertambahnya penduduk Indonesia maka semakin banyak pula produk-produk yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari. Industri yang memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut antara lain industri *pulp* dan kertas, deterjen, pembuatan *flat glass*, tekstil, keramik, farmasi, zat pewarna, dan lain sebagainya. Natrium sulfat banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri tersebut. Natrium sulfat adalah garam natrium dari asam sulfur. Dalam bentuk anhidratnya, senyawa ini berbentuk padatan kristal putih dengan rumus kimia Na_2SO_4 , atau lebih dikenal dengan mineral tenardit sedangkan bentuk dekahidratnya mempunyai

rumus kimia $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yang lebih dikenal dengan nama garam glauber atau sal mirabilis [1].

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia kebutuhan impor natrium sulfat di Indonesia (tahun 2010 hingga tahun 2014) rata – rata pertahunnya sebesar 218.967,238 ton. Meskipun kebutuhan industri akan natrium sulfat sangat banyak dan kegunaannya pun beragam, namun hingga saat ini Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri karena produksi natrium sulfat secara komersial masih sangat rendah. Hingga saat ini Indonesia baru memiliki 3 pabrik natrium sulfat dengan total kapasitas produksi sebesar 265.000 ton/tahun. Sementara rata – rata ekspor Indonesia mulai tahun 2010 hingga tahun 2014 sebesar 46.948,658 ton/tahun. Melihat data tersebut menunjukkan bahwa persediaan akan natrium sulfat di Indonesia masih sangat minim. Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik natrium sulfat baru, untuk memenuhi kebutuhan natrium sulfat didalam negeri.

Pabrik natrium sulfat dekahidrat direncanakan beroperasi pada tahun 2019. Dari prediksi konsumsi, produksi, dan ekspor, serta dengan asumsi tidak ada lagi impor di tahun 2019, maka didapat perkiraan peluang kapasitas pabrik yang didirikan pada tahun 2019 adalah sebesar 412,716.64 ton/tahun [2]. Dalam studi ini ditetapkan 12% dari besar peluang tersebut adalah kapasitas produksi pabrik natrium sulfat kami, maka besar kapasitas pabrik natrium sulfat kami adalah 50.212,362 ton/tahun.

Sedangkan, bahan baku natrium sulfat dekahidrat adalah *common salt* dan asam sulfur. Pada studi pendirian pabrik ini, bahan baku *common salt* diproduksi oleh PT. Garam (Persero). Sedangkan bahan baku asam sulfur diproduksi oleh PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur. PT. Garam (Persero) memproduksi natrium klorida sekitar 350.000 ton/tahun. Sedangkan PT. Petrokimia Gresik Jawa Timur memproduksi asam sulfur sekitar 1.170.000 ton/tahun. Kedua pabrik dipilih karena produksinya yang melimpah dan lokasi pabrik tidak jauh dari Kabupaten Sampang sehingga diperkirakan biaya transportasi akan lebih efisien.

Mengingat bahan baku utama pabrik natrium sulfat dekahidrat ini adalah *common salt*, Kabupaten Sampang sendiri dipilih karena merupakan salah satu kabupaten pusat produksi garam yang bisa mensuplai kebutuhan garam nasional. Total lahan di Kabupaten Sampang adalah sebesar 4.629,8 Ha terdiri dari 3.583,8 Ha tambak garam rakyat dan 1.046 Ha milik PT. Garam. Dengan luasan lahan garam tersebut tentunya pemerintah memberikan perhatian lebih terhadap pengembangan potensi garam dengan tujuan peningkatan produktifitas dan kualitasnya. Hal ini menjadi hal

yang potensial bagi Kabupaten Sampang, sehingga rencana pendirian pabrik di kawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah.

Selain faktor tersebut, Kabupaten Sampang dipilih karena berbagai faktor antara lain faktor keadaan masyarakatnya. Pekerjaan masyarakat Kabupaten Sampang mayoritas adalah nelayan, petani, pedagang, tukang, serta pensiunan. Secara umum di masyarakat Sampang, tenaga kerja yang terserap di sektor pertanian cukup besar. Hal ini disebabkan karena industri dengan skala menengah dan besar belum cukup banyak di Kabupaten Sampang. Melihat keadaan masyarakat yang demikian, diharapkan dengan adanya pabrik natrium sulfat dekahidrat ini, masyarakat akan dapat mengambil keuntungan karena tersedianya lapangan pekerjaan baru di bidang industri maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik.

Jika dianalisa berdasarkan kebutuhan tenaga kerja pabrik, jumlah angkatan kerja di Kabupaten Sampang pada tahun 2011 sebanyak 493.324 orang, sedangkan yang mendaftarkan diri sebagai pencari kerja di Kantor Kependudukan dan Catatan Sipil sebanyak 2.707 orang. Jumlah tenaga kerja Kabupaten Sampang berdasarkan tingkat pendidikan pada tahun 2011 didominasi oleh angkatan kerja tamat SLTA, yakni sebanyak 440 orang, kemudian diikuti oleh angkatan kerja tamat D-III dengan 454 orang. Jumlah angkatan kerja tamat S-II mempunyai jumlah tenaga kerja terendah yakni hanya sebanyak 8 orang. Jumlah lowongan kerja di Kabupaten Sampang yang ada tidak sebanding dengan jumlah pencari kerja, tercatat pada tahun 2011 tidak ada lowongan kerja, sedangkan jumlah pencari kerja yang ada adalah sebanyak 4.268 orang. Faktor penyebab utama adalah kurangnya lapangan pekerjaan yang tersedia bagi para sarjana di Kabupaten Sampang tersebut. Hal ini disebabkan karena industri/perusahaan di Kabupaten Sampang lebih memilih tenaga kerja dengan tingkat pendidikan yang lebih rendah dengan alasan gaji/upah karyawan yang lebih rendah pula. Mengingat begitu banyaknya tenaga kerja yang dibutuhkan, baik tenaga ahli, menengah, maupun sebagai buruh. Maka kebutuhan tenaga kerja dianggap mudah untuk dicukupi di daerah ini.

II. METODOLOGI

Natrium sulfat dekahidrat dibuat dengan menggunakan bahan baku garam *common salt* (NaCl) yang banyak terdapat di daerah pantai hampir di seluruh wilayah Indonesia, pada umumnya dengan komposisi yang terdiri atas NaCl, CaCl₂, MgSO₄, CaSO₄, H₂O, dan zat pengotor [2]. Garam ini kemudian diolah dengan berbagai macam proses yang bisa dilakukan untuk menghasilkan produk natrium sulfat dekahidrat.

Ada beberapa proses pembuatan natrium sulfat dekahidrat, tetapi dalam studi pendirian pabrik ini dicoba merancang pabrik natrium sulfat dekahidrat dalam skala sintetik dengan proses industri kimia berbasis dasar natrium klorida (*common salt*). Dalam seleksi proses akan dilakukan seleksi pada dua macam proses yang paling banyak digunakan saat ini, yaitu proses Hargreaves – Robinson dan proses Mannheim. Seleksi proses meliputi aspek ekonomis dan teknis.

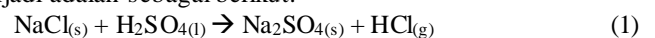
Tabel 1
Perbandingan Proses Mannheim dan Proses Hargreaves-Robinson

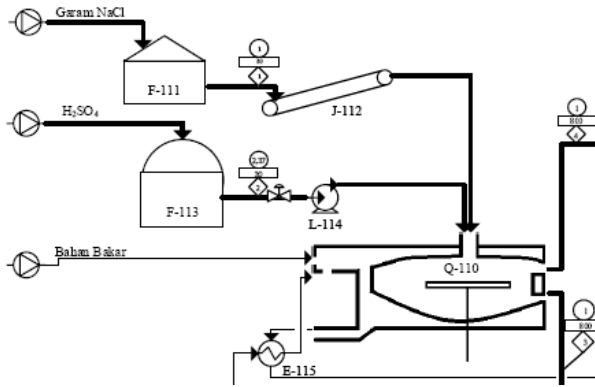
Aspek	Proses Mannheim	Proses Hargreaves-Robinson
Teknis	1. Kontrol proses lebih mudah 2. Proses kontinyu	1. Reaksi SO ₂ dan O ₂ dalam keadaan gas lebih rumit dalam perencanaannya dan kontrol prosesnya 2. Proses batch
Ekonomis	1. Bahan baku H ₂ SO ₄ lebih murah 2. Tidak membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku	1. Bahan baku SO ₂ lebih mahal, dan treatment bahan baku membutuhkan alat dan biaya yang lebih mahal 2. Membutuhkan desain khusus untuk menyimpan bahan baku
Yield	98%	93-98%
Kondisi Operasi		
1. Suhu (°C)	800	426,67
2. Tekanan	1 atm	1 atm
3. Fase	Solid-liquid	Liquid-Gas
4. Jenis Reaksi	Endotermis	Eksotermis

Dari Tabel 1 di atas kami melakukan perbandingan proses antara proses Mannheim dan proses Hargreaves-Robinson dengan melihat 4 aspek, yaitu : aspek teknis, aspek ekonomis, aspek *yield*, dan aspek kondisi operasi kedua proses yang meliputi suhu, tekanan, fase, serta jenis reaksi. Dari beberapa aspek perbandingan tersebut kami menitikberatkan pada aspek teknis dan ekonomis. Terlihat bahwa pada aspek teknis, proses Mannheim adalah kontinyu dan lebih mudah dikontrol, serta pada aspek ekonomis, proses Mannheim mempunyai bahan baku yang relatif lebih murah dan penyimpanannya tidak memerlukan desain khusus dibandingkan dengan proses Hargreaves-Robinson. Sehingga berdasarkan pertimbangan tersebut, proses yang kami pilih adalah proses Mannheim. Berikut uraian proses pembuatan natrium sulfat dekahidrat.

A. Tahap Reaksi Kimia

Tahap reaksi kimia adalah tahap awal dimana NaCl dari *storage* (gudang bahan *common salt*) dipindahkan dengan *belt conveyor* kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* dengan temperatur operasi 800°C. Sementara larutan H₂SO₄ 98% dipompa dari *storage* ke dalam *furnace* [3]. Kedua bahan baku tersebut dipanaskan secara bertahap dimana reaksi terjadi dalam fase solid – liquid. Waktu reaksi (*batch*) diasumsikan selama 3 jam termasuk *loading* dan *unloading*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.





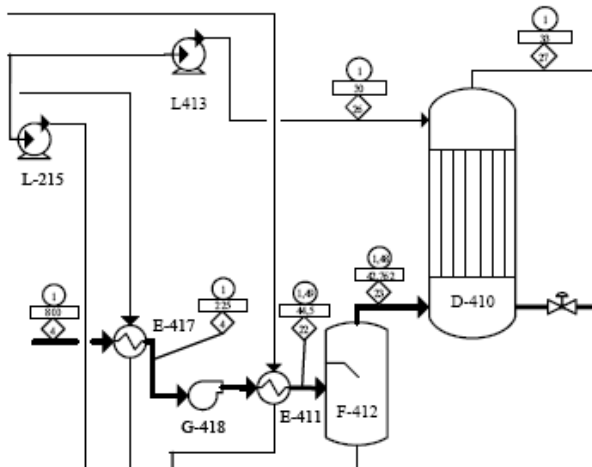
Gambar 1 Tahap Reaksi Kimia

Konversi total yang diinginkan dari reaksi di atas adalah 98% dengan *limiting* reaktan adalah H₂SO₄. Karena H₂SO₄ berada pada kondisi di atas suhu titik didihnya yaitu 340°C maka H₂SO₄ terdekomposisi menurut reaksi sebagai berikut.



B. Tahap Pemisahan

Produk samping yang keluar dari *furnace* berupa campuran uap HCl, SO₃, dan H₂O yang kemudian didinginkan di *cooler*. Kemudian campuran gas tersebut dialirkan dengan menggunakan *blower* ke alat selanjutnya yaitu *subcooler* untuk mengkondensasikan sebagian besar uap SO₃.

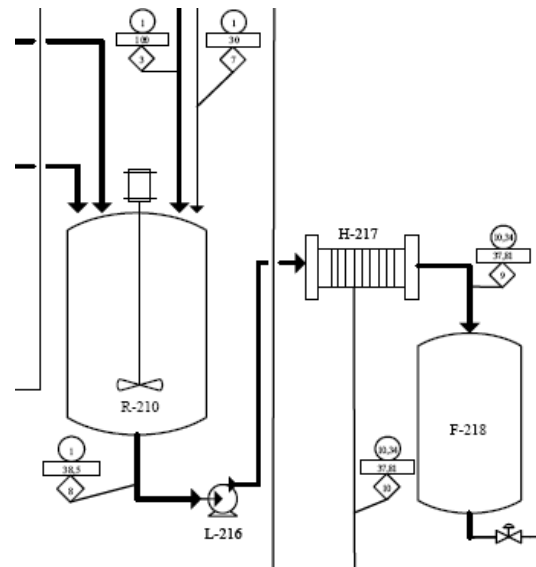
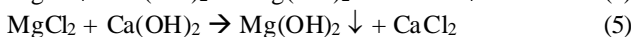
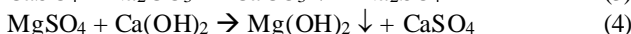
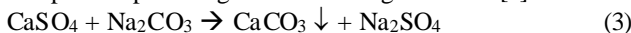


Gambar 2 Tahap Pemisahan

Fraksi uap dan liquid kemudian dipisahkan dalam *flash drum*. Liquid SO₃ kemudian dibuang sebagai *waste water*, sementara uap HCl akan masuk ke dalam *absorber* untuk dimurnikan [4].

C. Tahap Pengendapan Impurities Slurry

Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan *impurities slurry* yang terdapat pada campuran produk utama. Produk utama yaitu *slurry* Na₂SO₄ dan campuran garam (CaSO₄, MgSO₄, MgCl₂, dan pengotor) yang keluar dari *furnace* kemudian direaksikan dengan Na₂CO₃ dan Ca(OH)₂ dan ditambahkan H₂O *water process* yang dipompa sebagai pelarut di dalam reaktor pencampur dengan reaksi sebagai berikut [5].

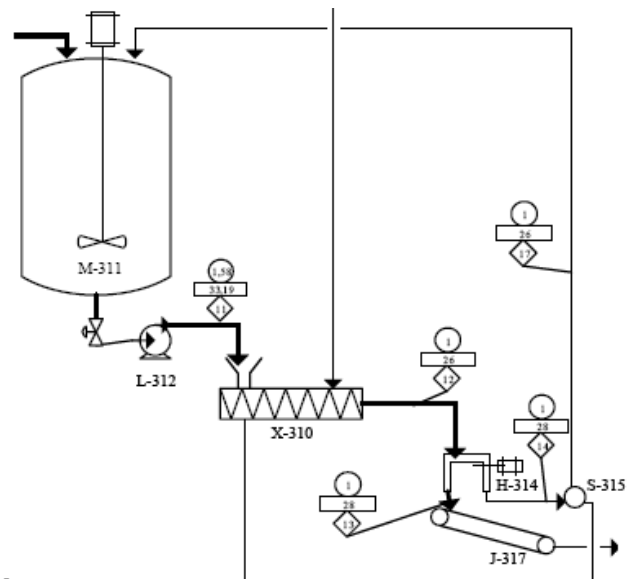
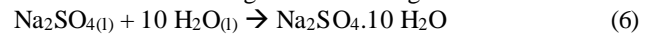


Gambar 3 Tahap Pengendapan Impurities Slurry

Campuran yang terbentuk kemudian dipompa dan dipisahkan dengan *filter press*. *Cake* dibuang ke unit pengolahan limbah, sedangkan filtrat yang dihasilkan keluar dan ditampung dalam tangki penampung.

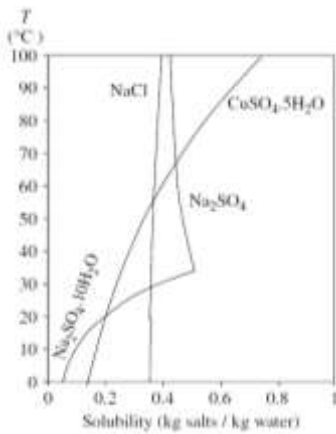
D. Tahap Kristalisasi

Dari tangki penampung, filtrat dipompa ke tangki pencampur dengan tujuan untuk mencampur aliran dari tangki penampung dengan *recycle* dari *splitter*. Selanjutnya larutan Na₂SO₄ dikristalisasi dengan reaksi sebagai berikut.



Gambar 4 Tahap Kristalisasi

Kristal Na₂SO₄·10 H₂O dapat dibentuk dengan jalan kristalisasi larutan dengan menurunkan suhunya sampai suhu kristalisasinya (26°C) dalam *crystallizer* dengan media pendingin yaitu *brine*, sedangkan *mother liquor* direcycle ke tangki pencampur. Kurva pembentukan inti kristal Na₂SO₄·10 H₂O dapat dilihat di bawah ini [6].

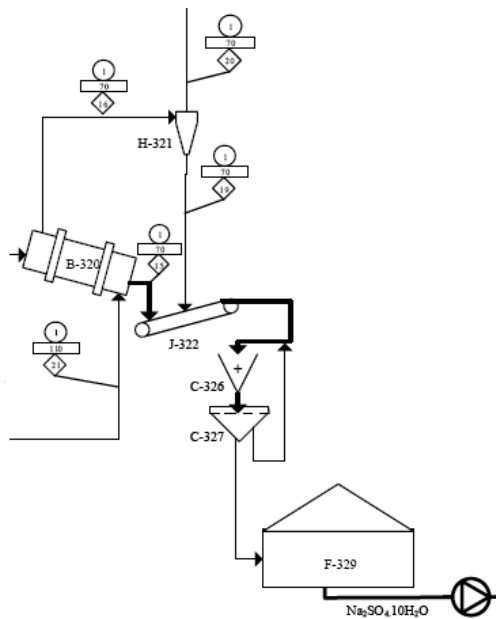


Gambar 5 Kurva Pembentukan Inti Kristal Beberapa Jenis Garam

Dapat terlihat bahwa untuk *solubility* $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ sebesar 35,9 g/100 mL air suhu kristalisasi untuk membuat inti kristal terbentuk adalah sebesar 26°C.

E. Tahap Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan udara pemanas dengan temperatur 110°C. Kristal $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ yang keluar dari *crystallizer* dipindahkan menuju *centrifuge* dengan menggunakan *screw conveyor* untuk proses pemisahan kemudian dipindahkan menuju *rotary dryer* dengan menggunakan *screw conveyor* untuk dikeringkan [7].



Gambar 6 Tahap Pengeringan

Kristal yang sudah kering kemudian dialirkan menggunakan *belt conveyor* ke *crusher* untuk menyeragamkan ukuran. Selanjutnya kristal disaring dengan menggunakan *screener* yang berukuran 200 *mesh* dan diteruskan ke tangki *storage* untuk disimpan [8]. Sedangkan kristal yang berukuran lebih besar dari 200 *mesh* dikembalikan ke *crusher* untuk penyeragaman ukuran kembali.

III. NERACA MASSA

Dari perhitungan *material balance* pabrik natrium sulfat dekahidrat, dengan basis operasi 1 jam (waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari), didapatkan kapasitas bahan baku *common salt* sebesar 19,008.1267 ton/tahun dan asam sulfat sebesar 15,861.6612 ton/tahun. Sedangkan produk yang dihasilkan sebesar 50,212.362 ton/tahun natrium sulfat dekahidrat [9].

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan *total cost investment* pabrik ini sebesar Rp 94,716,122,794 dengan bunga 7.5% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 30% dan BEP sebesar 33.73% dimana pengembalian modalnya selama 3.44 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun [2].

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi didapatkan nilai IRR sebesar 30% yang lebih tinggi dari suku bunga bank yaitu 7.5% per tahun. Dan dengan pengembalian modalnya selama 3.44 tahun maka pabrik natrium sulfat dekahidrat ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Denecker, M.; Hebert, R; Bourges, A.; dkk. 2012. *Mirabilite and Heptahydrate Characterization from Infrared Microscopy and Thermal Data*. New York : 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone.
- [2] Peters, Max S. and Timmerhauss, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineerings 4th Edition*. Singapore : McGraw Hill Book Co.
- [3] Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Singapore : McGraw Hill.
- [4] Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Process and Unit Operation 3rd Edition*. USA : Prentice Hall.
- [5] Austin, George T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries 5th Edition*. Singapore : McGraw Hill
- [6] Smith, Robin. 2005. *Chemical Process Design and Integration*. England : McGraw Hill.
- [7] Hugot, E. 1972. *Handbook of Cane Sugar Engineering 2nd Edition*. New York : Elsevier Publishing Company.
- [8] Brownel and Young. 1959. *Process Equipment Design*. New York : Wiley Sons Inc.
- [9] Himmelblau, David M. 1989. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 5th Edition*. Singapore : Prentice Hall International Inc.