

**ANALISA PEMAKAIAN STEAM PADA SALT DISSOLVER
UNIT PRIMARY TREATMENT DI CHEMICAL PLANT
PT. TOBA PULP LESTARI, TBK - PORSEA**

Oleh:

Roy Hutagalung¹⁾

Kaisal Silaban²⁾

Universitas Darma Agung, Medan^{1,2)}

E-mail:

royhutagalung@gmail.com¹⁾

kaisalsilaban@gmail.com²⁾

ABSTRACT

Salt dissolver is a pond that functions to dissolve solid salt (NaCl) with demind water (demineralized water) solvent. To help the salt dissolving process, in the salt dissolver pool there is a pipe (coil) which is flowed by steam, the steam will provide heat indirectly in order to get the temperature of the salt solution (brine) that is in accordance with the ion exchanger specification requirements and criteria and standards company. The success of a NaCl dissolving process is greatly influenced by the amount of energy (heat) released by the steam. The energy balance method is used to determine the amount of heat required and the amount of steam needed to produce a salt solution (brine) on the salt dissolver. Thus, based on the energy balance calculation, the amount of heat needed to produce a salt solution (brine) with a concentration range of 313-317 g / L over a temperature range of 65-75oC is 20.572.434,083 Kj and the steam mass is 21.459,2146 Kg.

Keys Word : Salt Dissolver, Brine, Steam, Demind Water, Energy Balance

ABSTRAK

Kolam garam merupakan kolam yang berfungsi untuk melarutkan padatan garam (NaCl) dengan pelarut air demineralisasi. Untuk membantu proses pelarutan garam, di dalam kolam garam terdapat sebuah pipa (coil) yang dialiri uap, uap akan memberikan panas secara tidak kontak langsung dengan tujuan untuk mendapatkan temperatur larutan garam yang sesuai dengan syarat spesifikasi ion exchanger serta kriteria dan standar perusahaan. Keberhasilan suatu proses pelarutan NaCl sangat dipengaruhi oleh jumlah energi (panas) yang dilepaskan oleh uap. Metode neraca energi digunakan untuk mengetahui jumlah panas yang dibutuhkan serta jumlah uap yang diperlukan untuk menghasilkan larutan garam pada kolam garam. Sehingga, berdasarkan perhitungan neraca energi diperoleh jumlah panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan larutan garam dengan rata-rata konsentrasi 313-317 g/L pada temperatur antara 65-75oC sebesar 20.572.434,083 Kj dan diperoleh massa uap sebesar 21.459,2146 Kg.

Kata Kunci : Kolam Garam, Air Asin, Uap, Air Demineralisasi, Neraca Energi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulp merupakan serat-serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku dalam pembuatan kertas. *Pulp* juga dapat dikonversi menjadi senyawa turunan selulosa termasuk selulosa asetat. *Pulp*

berupa serat berwarna putih yang diperoleh melalui proses penyisihan *lignin* dari biomassa (*delignifikasi*). Penyisihan *lignin* dari biomassa dapat dilakukan dengan berbagai metode yaitu mekanik, semikimia dan kimia. Pada metode kimia, proses pembuatan *pulp* pada dasarnya

terdiri dari lima instalasi pokok, yaitu penyiapan bahan baku (*wood preparation*), proses pemasakan kayu, pencucian dan penyaringan (*washing and screening*), dan proses pencetakan *pulp*. Dalam metode kimia dibutuhkan bahan-bahan kimia untuk mendukung proses produksi *pulp* seperti *caustic* (NaOH) yang digunakan terutama dalam proses pemasakan kayu berfungsi untuk mempercepat kelarutan *lignin*.

Chemical plant merupakan *department* pendukung yang memproduksi bahan kimia untuk proses produksi *pulp* di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. Bahan kimia utama yang diproduksi di *chemical plant* adalah *caustic* (NaOH), *chlorine dioxide* (ClO₂), *chlorine* (Cl₂), oksigen (O₂), dan *sulfur dioxide* (SO₂). Untuk memproduksi *caustic* (NaOH) bahan baku utama yang digunakan adalah larutan garam (*brine*) yang telah di murnikan menjadi larutan garam murni (*pure brine*) yang dipersiapkan oleh unit pengolahan dan pemurnian larutan garam.

Brine treatment plant merupakan unit penanganan terhadap larutan garam yang berfungsi untuk memproduksi larutan garam murni yang bebas dari impuritis. Impuritis yang terdapat pada larutan garam berupa *calcium*, magnesium, sulfat, barium, aluminium, *silica* dan *iron*. Proses pemisahan impuritis pada *brine treatment* terbagi atas dua tahap yaitu *primary treatment* dan *secondary treatment*. Pada tahap *primary treatment*, proses pemisahan dilakukan dengan cara pengendapan melalui penambahan bahan kimia yaitu Na₂CO₃ dan NaOH yang akan menghasilkan endapan yang dapat dipisahkan dari sistem

Dosis penambahan bahan pengendap ini tergantung pada kebutuhan operasi. Pada tahap *secondary treatment* proses pemisahan difokuskan pada kalsium dan magnesium. Proses ini disebut proses penukar kation yaitu ion positif, dengan arah aliran masuk dari atas menuju kebawah. Pada saat ion kalsium dan

magnesium melakukan kontak dengan resin maka ion kalsium dan magnesium akan diikat dan digantikan dengan ion natrium, peristiwa ini akan terus berlangsung sampai titik jenuh tercapai. Setelah melalui kedua tahap tersebut, larutan garam yang telah dimurnikan (*pure brine*) selanjutnya dielektrolisis pada *chlor alkaly cell electrolyzer* yaitu elektrolisis bermembran larutan garam murni guna menghasilkan *caustic* (NaOH) yang sangat diperlukan untuk proses pemasakan *pulp* di *digester*. Sisa elektrolisis larutan garam murni yang tidak ikut bereaksi atau yang disebut dengan *weak brine* kemudian dikembalikan kembali ke kolam pelarutan NaCl (*salt dissolver*) yang terdapat dalam tahap *primary treatment* dengan terlebih dahulu dilakukan penanganan terhadap *weak brine* tersebut. *Weak brine* direaksikan dengan HCl pada tangki *dechlorate tank* untuk melepaskan gas klorin (Cl₂) yang terikat.

Salt dissolver merupakan salah satu alat yang terdapat dalam tahap *primary treatment* yang berfungsi untuk melarutkan bahan baku yaitu kristal garam untuk memperoleh larutan garam (*brine*) berkonsentrasi 313-317 gpl dengan memanfaatkan *weak brine* yang telah dibebaskan dari gas klorin (Cl₂). Bahan baku garam dimasukkan secara teratur menggunakan *crane* diatas pipa distributor dan dilarutkan dengan *demineralized water* (air demineralisasi) yang sekaligus berfungsi untuk menjaga *level* dalam *salt dissolver*.

Steam digunakan sebagai media pemanas pada *salt dissolver*, dimana pembangkitnya berasal dari *boiler* dengan umpan *fluida* berupa air. Menurut Ulrich (1984), pada pabrik garam, *steam* yang digunakan adalah *steam jenuh (saturated steam)* dengan suhu 148oC dan tekanan 4,5 bar. Selain untuk meningkatkan temperatur *demand water*, *steam* pada *salt dissolver* di *chemical plant* PT. Toba Pulp Lestari, Tbk juga digunakan untuk mendapatkan temperatur *brine* (65-75oC) untuk memenuhi kriteria operasi untuk *ion*

exchanger. Selain itu *steam* juga membantu untuk menjaga agar jalan keluar larutan garam tidak gampang tersumbat. Perhitungan kebutuhan *steam* perlu dilakukan

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka yang menjadi Rumusan Masalah adalah:

a. Berapakah kebutuhan panas untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi 313-317 g/L pada *ranges* temperatur (65-75oC) di *salt dissolver*?

b. Berapakah kebutuhan *saturated steam* untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi 313-317 g/L pada *ranges* temperatur (65-75 oC) di *salt dissolver*?

c. Berapakah jumlah *saturated steam* yang dibutuhkan dalam proses pelarutan NaCl di *salt dissolver* berdasarkan perhitungan neraca energi untuk digunakan sebagai bahan evaluasi ataupun acuan bagi pihak pabrik

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah:

a. Membahas kebutuhan panas untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi dan *ranges* temperatur yang terdapat di *salt dissolver*.

b. Membahas tentang kebutuhan *saturated steam* untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi 313-317 g/L pada *ranges* temperatur (65-75 oC) di *salt dissolver*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pulp

Pulp adalah hasil pemisahan selulosa dari bahan baku berserat (kayu maupun *non* kayu) melalui berbagai proses pembuatan baik secara mekanis, kimia dan semikimia yang biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas dan senyawa-senyawa kimia turunan selulosa seperti sutera rayon dan selofan. *Pulp* dapat dibuat dari berbagai jenis kayu,

bambu dan rumput-rumputan (Surest dkk, 2010).

2.2 Bahan Baku Pembuatan Pulp

Kayu merupakan salah satu produk alam, mempunyai sifat yang sangat kompleks yang merupakan hasil proses pertumbuhan pohon. Kayu merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai sumber serat utama untuk pembuatan *pulp*. Kayu dikelompokkan menjadi dua kelompok utama, yaitu kayu daun jarum (*softwood*) atau *Gymnospermae* dan kayu daun lebar (*hardwood*) atau *Angiospermae*. Perbedaan yang paling penting dari kedua jenis kayu tersebut terletak pada panjang seratnya, dimana kayu daun jarum memiliki panjang serat rata-rata 3-5 mm (berserat panjang) sedangkan kayu daun lebar memiliki panjang serat 1-1,5 mm (berserat pendek). Kayu yang sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *pulp* pada umumnya adalah kayu daun lebar (berserat pendek). Kayu daun lebar memiliki kelebihan yaitu serat yang pendek yang akan memberikan formasi kertas yang lebih baik daripada *pulp* yang diolah menggunakan kayu daun jarum, kayu daun lebar memiliki kualitas cetak yang lebih baik, membentuk permukaan kertas halus karena seratnya kecil. Contoh dari kayu daun lebar yaitu kayu jati, akasia, *euchalyptus* dan mahoni. Jenis tanaman lain yang dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan *pulp* adalah tanaman bukan kayu. Contoh dari tanaman bukan kayu (*non wood*) yang dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan *pulp* adalah jerami, ampas tebu, dan tandan sawit

Kekurangan dari tanaman bukan kayu (*non wood*) adalah tanaman *non wood* pada umumnya lebih banyak mengandung sel gabus (*pith*) atau bukan serat sehingga tidak baik digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *pulp*. Berikut perbandingan komponen antara

Komposisi Kimia Kayu

Lignoselulosa merupakan komponen kayu pada tanaman (pohon) dimana komponen

utamanya adalah selulosa, hemiselulosa dan *lignin*. Proporsi di antara ketiga komponen utama ini sangat bervariasi di berbagai tanaman.

1. Selulosa

Bahan baku dasar pembuatan *pulp* yang berkembang seiring dengan kemajuan zaman, sangat mempengaruhi terhadap tanaman

2.3 Hemiselulosa

Dalam kayu, hemiselulosa kebanyakan ditemukan disekeliling mikrofibril selulosa dimana hemiselulosa membantu ikatan selulosa. Dalam pembuatan kertas, hemiselulosa juga berperan untuk membuat kertas menjadi lebih kuat

2.4 Lignin

Lignin yang terikut dalam produk *pulp* menyebabkan penurunan kekuatan kertas dan menyebabkan warna coklat pada kertas. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit *lignin*

2.5 Ekstraktif

Ekstraktif adalah senyawa kimia dengan bahan molekul rendah yang dapat larut dalam air dan pelarut organik. Pada umumnya, bahan baku pembuatan *pulp* dari tanaman bukan kayu (*non wood*) memiliki kadar zat-zat ekstraktif yang lebih tinggi daripada kayu daun lebar (*hard wood*) dan kayu daun jarum (*soft wood*)

3. METODE PELAKSANAAN

3.1 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan menggunakan data sekunder, yaitu mengamati proses yang terjadi, mempelajari peralatan yang digunakan selama penelitian lapangan di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk.

Penelitian ini didasarkan pada pengamatan yang telah dilakukan selama masa penelitian di lapangan pada proses pelarutan garam di *salt dissolver* PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. Berikut alat dan bahan yang digunakan selama pengamatan di lapangan.

3.2 Metode Kerja

Metode kerja yang dilakukan di pabrik untuk memperoleh data-data yang diperlukan :

a. Prosedur Untuk Mendapatkan Data Kondisi Proses *Salt Dissolver*

1. Mempelajari dan mengamati secara umum proses

2. Melakukan pengamatan dan meninjau secara langsung ke lapangan dan orientasi pabrik agar dapat diperoleh data-data yang dibutuhkan

3. Mencari pokok permasalahan yang terdapat pada *salt dissolver* selama terjadinya proses pelarutan kristal garam (NaCl)

4. Mempelajari teori ilmiah yang berkaitan dengan proses dan melakukan diskusi langsung dengan operator dan rekan kerja di lapangan.

5. Mengumpulkan data-data umpan masuk meliputi:

a. Pengambilan data level *demind water* dengan menggunakan alat pengukur level yaitu *level meter*

b. Pengambilan data temperatur *demind water in*, temperatur *demind water out* dan temperatur *steam out* diambil menggunakan alat pengukur temperatur yaitu *sensor temperature*

c. Pengambilan data temperatur *steam* yang masuk dan tekanan *steam* diambil dari laporan harian DCS (*distributed control system*) *chemical plant*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Panas yang Dilepas *Demind Water* Untuk Proses Pelarutan

Demind water yang sudah mencapai suhu 91oC kemudian ditambahkan padatan NaCl sebanyak 355.749,4866 mol (untuk memperoleh konsentrasi larutan garam 315 g/L dalam 66 m³ larutan).

Pada saat penambahan NaCl kedalam *demind water*, *steam* masih tetap diinjeksikan sehingga masih terdapat masukan panas kedalam kolam. Pada akhir proses pelarutan NaCl, temperatur larutan

menjadi 73oC. Hal ini menunjukkan *demind water* memberikan panas untuk melarutkan garam NaCl. Banyaknya panas yang diberikan adalah

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$\Delta T = 91oC - 73oC = 18 oC$ (Maka digunakan Cp rata-rata)

$$T = \frac{91+73}{2}$$

$$= 82oC$$

Konversi temperatur : 82 oC + 273 K
: 355 K

Diketahui:

$$a : 1,8296 \times 101 \text{ J/mol K}$$

$$b : 4,72118 \times 10^{-1} \text{ J/mol K}$$

$$c : -1,33878 \times 10^{-3} \text{ J/mol K}$$

$$d : 1,31424 \times 10^{-6} \text{ J/mol K}$$

Maka:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Maka:

$$Cp = a + bT + cT^2 + dT^3$$

$$Cp = 1,8296 \times 101 + 4,72118 \times 10^{-1} (355) + -1,33878 \times 10^{-3} (355)^2 + 1,31424 \times 10^{-6} (355)^3$$

$$= 75,976159 \text{ J/mol K ; BM} = 18 \text{ g/mol}$$

$$= \frac{75,976159 \text{ J/molK}}{18 \text{ g/mol}} \times$$

$$1 \text{ Kj} : 1000 \text{ J} \times 1000 : \text{g} 1 \text{ Kg}$$

$$= 4,22089 \text{ Kj/kg K}$$

Sehingga:

$$Q : m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$: 65.762,4 \text{ Kg} \times 4,22089 \text{ Kj/kg K} \times 18 \text{ K}$$

$$: 4.996.374,597 \text{ Kj}$$

4.2 Perhitungan Panas yang Disuplai Steam Selama Proses Pelarutan

Diketahui:

$$\text{Panas pelarutan} = 6.441.200,204 \text{ kJ}$$

Panas yang disuplai dari *demind water* hingga suhu turun menjadi 73oC

$$= 4.996.374,597 \text{ kJ}$$

Maka panas yang harus disuplai *steam* sesudah penambahan NaCl adalah:

$Q = \text{Panas Pelarutan} - \text{Panas yang Disuplai Demind Water}$

$$= 6.441.200,204 \text{ kJ} - 4.996.374,597 \text{ kJ}$$

$$= 1.444.825,609 \text{ kJ}$$

Maka panas yang disuplai *steam* selama proses pelarutan adalah sebesar 4.996.374,597 Kj. Dengan perhitungan yang sama, diperoleh panas yang disuplai *steam* untuk proses pelarutan pada kolam V + kolam *steam* sebesar 4.996.374,597 Kj.

4.3 Perhitungan Total Panas yang Dibutuhkan Larutan Garam yang Dihasilkan dengan Konsentrasi 315 g/L dan Suhu Target Untuk Syarat Umpan Tahap Ion Exchanger/ Tahap Selanjutnya

Diketahui:

Panas yang diserap *demind water* untuk mencapai suhu 91oC target yaitu sebesar 19.127.608,474 kJ

Panas yang harus disuplai *steam* sesudah penambahan NaCl yaitu sebesar 1.444.825,609 kJ

Maka

$Q = \text{Panas yang diserap demind water} + \text{Panas Suplai Steam}$

$$= 19.127.608,474 \text{ kJ} + 1.444.825,609 \text{ kJ}$$

$$= 20.572.434,083 \text{ kJ}$$

Maka total panas yang dibutuhkan larutan garam yang dihasilkan dengan konsentrasi 315 g/L dan suhu target untuk syarat tahap *ion exchanger/* tahap selanjutnya adalah sebesar 20.572.434,083 kJ. Dengan perhitungan yang sama, diperoleh total panas yang dibutuhkan larutan garam yang dihasilkan pada konsentrasi 315 g/L pada kolam V + kolam *steam* sebesar 20.572.434,083 kJ.

4.4 Pembahasan

Garam merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat baik untuk konsumsi maupun digunakan dalam kegiatan

industri. Menurut penelitian Setyoprato (2003), garam (NaCl) mengandung pengotor berupa magnesium klorida, kalsium klorida, kalsium sulfat, *barium*, *aluminium*, *silica*, *iron* dan air, maka dari itu perlu dilakukan pemurnian guna memproduksi larutan garam murni (*pure brine*) yang diolah pada *brine treatment*. Untuk menghasilkan larutan garam murni, terlebih dahulu dilakukan proses pelarutan NaCl dengan menggunakan air dan bantuan *steam*. Proses ini didasarkan atas kelarutan bahan dalam suatu pelarut dimana kelarutan bahan tersebut akan naik akibat naiknya suhu (temperatur). Garam yang dimasukkan disebuah bak pelarutan (*salt dissolver*) akan bereaksi dengan air. Produk yang dihasilkan pada proses ini berupa larutan garam (*brine*) yang akan dipisahkan dari impuritasnya. Larutan garam dengan konsentrasi 313-317 g/L pada temperatur 65-75°C akan keluar sebagai produk. Jumlah panas yang dibutuhkan diperoleh dari bahan pemanas berupa *steam* yang diinjeksikan kedalam *salt dissolver* melalui *steam coil*, *steam* yang diinjeksikan diatur pada temperatur 143°C dan tekanan 5 bar untuk menghasilkan energi panas yang seimbang dan mendapatkan keberhasilan proses pelarutan garam. Kesetimbangan energi selama proses pelarutan kristal garam ditentukan oleh jumlah bahan pemanas (*steam*) yang dibutuhkan. Untuk mengetahui jumlah panas serta *steam* yang dibutuhkan digunakan metode neraca panas. Neraca panas digunakan untuk menghitung jumlah panas dan jumlah *steam* yang dibutuhkan selama proses pelarutan kristal garam terjadi. Berdasarkan hasil perhitungan neraca panas yang telah dilakukan dengan jumlah bahan baku pada kolam garam III + kolam *steam* sebanyak 20.790.000 gr dan pada kolam garam V + kolam *steam* sebanyak 20.790.000 gr diperoleh jumlah panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi 313-317 g/L pada *ranges* temperatur (65-75°C) di *salt dissolver* sebesar

20.572.434,083 kJ dan massa *saturated steam* yang diperlukan untuk menghasilkan larutan garam dengan *ranges* konsentrasi 313-317 g/L pada *ranges* temperatur (65-75 oC) di *salt dissolver* adalah sebesar 21.459,2146 kg.

5. SIMPULAN

Simpulan

Dari perhitungan dan komponen – komponen rancang bangun Mesin Perontok dan Penyortir Kacang Tanah ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mesin perontok dan penyortir kacang tanah ini menghasilkan kapasitas 150 [kg/jam];
2. Rangka mesin yang digunakan adalah dari profil L dengan ukuran 40 x 40 x 4 [mm] dengan bahan st 37 ;
3. Poros yang digunakan adalah baja S45C berdiameter 30 [mm] dengan putaran 416 [rpm] ;
4. Rumah bantingan yang digunakan adalah pelat berukuran 1200 x 2200 x 1,6 [mm] Dan Pelat penampung yang digunakan adalah pelat baja 1000 x 1000 x 1,6 [mm];
5. Pembanting Dilengkapi 4 buah *bushing* (Sarung), Besi pejal berdiameter 15 [mm], Pelat berukuran 820 x 35 x 3 [mm] dibending berbentuk lingkaran dengan diameter 260 [mm] dan memiliki 6 buah mata pisau ;

Saran

Adapun saran dari semua data dan kegiatan pada mesin yang akan dirancang antara lain :

1. Saran khusus bagi pengguna mesin :
 - A. Keselamatan kerja harus diperhatikan, tidak boleh menyentuh mata pisau perontok kacang tanah pada saat mesin dihidupkan dan digunakan.
 - B. Sebelum proses perontokan siapkan kacang tanah beserta batangnya sesuai kapasitas yang diinginkan di kerjakan.
 - C. Saran umum terkait proses rancang bangun mesin :

- D. Dalam hal ini merencanakan kapasitas mesin, disarankan harus memperhatikan daya motor dan putaran motor agar mendapatkan kapasitas yang optimal dan lebih besar kapasitasnya
- E. Sewaktu melaksanakan perancangan mekanisme kerja mesin dalam hal ini mesin perontok dan penyortir kacang tanah disarankan agar merancang mekanisme kerja yang sangat efisien bahkan dapat dipilih mekanisme otomatis yang gunanya untuk meningkatkan efisiensi kerja mesin ini untuk meningkatkan kapasitas mesin dan meringankan kerja operator mesin ini Untuk meminimalisir kebisingan yaterjadi pada mesin ini dapat memperkuat dudukan mesin dengan cara dilas agar tidak ada getaran dan kebisingan ;
- F. Biaya untuk keseluruhan dari pembuatan mesin perontok dan penyortir kacang tanah ini, disarankan agar merencanakan pemilihan komponon-komponen mesin yang tepat guna agar dapat memperkecil jumlah biasa dari pembuatan mesin ini
- a. Pada perawatan sangat disarankan setelah menggunakan mesin ini dibersihkan agar sisa dari akar maupun tangkai kacang yang tertinggal di mesin tidak menjamur. Serta berikan pelumasan khususnya pada bagian yang bergesekan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Austin, GT, dkk. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*. New York: Mc Graw Hill.
- Bermek, H, Eriksson KEL. 2009. *Lignin, Lignocellulose, Ligninase*. Athens USA: Elsevier Inc.
- Biermann JC, 1996. *Handbook of Pulping and Papermaking*, Elsevier Science and Technology Books.
- Brady, E, James. 1998. *Kimia Universitas Asas & Struktur Edisi Kelima Jilid Satu*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Casey, JP. 1980. *Pulp and Paper, Chemistry and Chemical Technology*, Vol.6. New York: Pergamon Press.
- Chang, Raymond. 2003. *Kimia Dasar Konsep-konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, Raymond. 2003. *Kimia Dasar Konsep-konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Cotton, F, Albert. 2013. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: UI-PRESS.
- Durakovie, Husejin. 2019. *Dependence of Color of Clupak Paper Produced on Bleaching Level of Pulp Fiber*. Universal Journal of Management.
- Monica, EK, dkk. 2009. *Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 2 Pulping Chemistry and Technology*. Sweden: Stochholm.
- Fengel, D, Wegener. 1989. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haygreen, J, Bowyer JL. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Bogor: Terjemahan Gadjah Mada University.
- Ibrahim, M. 1998. *Clean Fractionation of Biomass – Steam Explosion and Extraction*. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Jokinen, H. 2007. *Screening And Cleaning of Pulp – A Study to Parameters Affecting Separation*. Oulu: University of Oulu.
- Kulshrestha, SK. 1989. *Buku Teks Termodinamika Terpakai, Teknik Uap dan Panas*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kreith, F, Arkon Prijino. 1973. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta: Erlangga.
- Libes, SM. 1992. *An intoduction to marine biogeochemistry*. New York: John wiley & sons, inc.
- Lumbantobing, J. 2018. *Chemical Plant Operating Manual, Training and*

- Development Centre*. Porsea: PT. Toba Pulp Lestari, Tbk.
- Mc Cabe, Warren, dkk. 1999. *Unit Operations of Chemical Engineering 7th Edition*. USA: Mc Graw-Hill.
- Nova, dkk. 2010. *Studi Penerapan Procion pada Limbah Kain Tajung Menggunakan Serbuk Batang Ecek Gondok*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Othmer, K. 1969. *Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd ed*, Vol 18. New York: John Wiley & Sons Inc.
- PT. TPL. 2018. *Toba Pulp Lestari Overview*. Porsea: PT. Toba Pulp Lestari, Tbk
- Pratiwi, RY. 2014. *Pembuatan Pulp dari Bahan Baku Serat Lidah Mertua (Sansevieria) dengan Menggunakan Metode Organosolv*. Palembang: Politeknik Sriwijaya. Hal; 11.
- Reklaitis, GV. 1942. *Intoduction to Material and Energy Balances*. Canada: Purdu University
- S, Syukri. 1999. *Kimia Dasar 3*. Bandung: ITB.
- Saturnino, DM. 2012. *Modeling of Kraft Mill Chemical Balance*. Taronto: University of Taronto.
- Salempa, Pince. 2002. *Penetapan Kelarutan dan Kalor Pelarutan Zat Padat Dengan Teknik Volumetri*. Makassar: Chemica
- Sastroamidjojo, Hardjono. 2012. *Kimia Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Schimittinger, P. 2010. *Chlorine : Principles and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Sedivy. 2010. *Recent Developments in Internal Salt Trade : Review of International Salt Trade Developments in Asia-Pasific Region*. India: International Salt Summit.
- Setyoprato. 2003. *Studi Eksperimental Pemurnian Garam NaCl Dengan Cara Rekrystalisasi*. Surabaya: Universitas Surabaya.
- Sibuea, Hotman. 2003. *Modile Evaporator Plant Training and Development Center, Course Design Subject Matter and Text Issued By PT. Toba Pulp Lestari, Tbk*. Porsea, PT. Toba Pulp Lestari, Tbk
- Sjostorm, E. 1995. *Kimia Kayu, Dasar-Dasar dan Penggunaan*. Terjemahan Hardjono Sastroamidjojo dan Soenardi Prawirohatmodjo. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Simanjuntak, Humala. 2007. *Analisa Logam Berat Timbal, Besi, Kadmium, dan Zinkum dalam Lindi Hitam (Black Liquor) Pada Industri Pulp Proses Kraft dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sixta, Herbert. 2006. *Handbook of Pulp, Volume 1*, Willey-VCH Verlag GmbH & co. KGaA
- Sunardi, F. 2018. *Perhitungan Shives Removal Pada Proses Pulp Screening Unit Washing Fiberline PT. RAPP- Pangkalan Kerinci*. Medan: PTKI Medan.
- Surrest, AH, dkk. 2010. *Pembuatan Pulp dari Batang Rosella dengan Proses Soda*. Palembang: Jurnal Teknik Kimia.
- Surjokusumo, S. 1992. *Studi Mengenai Persyaratan Kayu Sebagai Bahan Konstruksi Pesawat Terbang*. Bogor: ITB Bogor.
- Syamsul, Bahri. 2015. *Pembuatan Pulp Dari Batang Pisang*. Aceh: Universitas Malikulssaleh.
- Swartz, E, Belmont Mass. 1944. *Method of and Apparatus for Dissolving Salt*. Petented Dec. 3,
- Ulrich. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons Inc.

- Vikari, L, Rajja. 2002. *Biotechnology in The Pulp and Paper Industry, Volume 11*. Finland
- Weliyanto, H. 2018. “*Digester Module*”, *Fiberline Department, PT. RAPP, APRIL*. Pangkalan Kerinci: PT. RAPP.
- Manual Book PT Toba Pulp Lestari,Tbk. 2020 “*Chemical Plant*”