PENGEMBANGAN SERAT DAN EFISIENSI ENERGI PADA KOMBINASI *REFINING* KONSISTENSI TINGGI DAN RENDAH

Darono Wikanaji a, Trismawati b

^a PT Kertas Leces (Persero), Probolinggo, e-mail : aji_darono@yahoo.co.id ^b Fakultas Teknik Industri UPM Probolinggo

Diterima: 15 Maret 2011, Revisi akhir: 18 Mei 2011

FIBER DEVELOPMENT AND ENERGY EFFICIENCY AT COMBINATION OF HIGH AND LOW CONSISTENCY OF REFINING

ABSTRACT

Refiner in the stock preparation unit of paper machine is the most determining factor of paper machine runnability and product quality. On the other hand, the refiner is the highest energy consuming machine. The operator only refers to freeness and strength properties achieved. The energy consumed and refiner capacity are lack of attention, so that refiner will mostly be the bottle neck and papermachine speed has to be decreased when one of the refiner faced any operational problem. The mass and energy transfered is not known well but the effect of refining on papermachine runnability and product quality is significant. Combination of dual refining energy consumption for the process of refining at high consistency refiner and low consistency refiner in the process of sack kraft making is examined. Specific Refining Energy (SRE) used at a high consistency refiner (HC refiner consistency 32%) is 100 kWh/t, 150 kWh/t, 200 kWh/t, and 250 kWh/t while SRE used at low consistency refiner (LC refiner consistency of 5%) is 20 kWh/t, 35 kWh/t, 50 kWh/t and 75 kWh/t. In this research the fiber development, the energy efficiency, and the efficiency of the number of refiner used are also examined. The best result achived is in 2 HC Refiner SRE 200 kWh/t - 2 LC Refiner SRE 35 kWh/t - 2 LC refiner in standby position combination with total energy consumed 404,4 kWh/t, mean 0,5 % energy saving based on operational standard 2 HC Refiner SRE 150 kWh/t and 4 LC Refiner SRE 50 kWh/t combination that consumed 406,5 kWh/t.

Key words: energy, refiner, segment, fiber development, product quality, runnability

ABSTRAK

Refiner di unit persiapan bahan merupakan mesin penting dan sangat menentukan kelancaran mesin kertas dan kualitas kertas yang dihasilkan Di sisi lain mesin refiner merupakan mesin yang mengkonsumsi energi paling besar. Operator refiner sering hanya mengacu ke freeness dan kekuatan serat yang dapat dicapai tetapi kurang memperhatikan jumlah energi per ton pulp yang digunakan serta kapasitas optimal mesin refiner, sehingga refiner sering menjadi bottle neck dan mesin kertas terpaksa menurunkan kecepatan karena ada gangguan di salah satu mesin refiner. Perpindahan massa dan perpindahan energi refiner tidak diketahui secara pasti, akan tetapi terjadi dampak yang signifikan terhadap kelancaran mesin dan kualitas produk. Penelitian ini mengamati kombinasi pemakaian energi dual refining (proses refining pada refiner konsistensi tinggi dan refiner konsistensi rendah) dalam proses pembuatan sack kraft. Specific Refining Energy (SRE) yang digunakan pada refiner konsistensi tinggi (HC Refiner konsistensi 32%) adalah 100 kWh/t, 150kWh/t, 200 kWh/t, dan 250 kWh/t sementara SRE yang digunakan pada refiner konsistensi rendah (LC Refiner konsistensi 5%) adalah 20 kWh/t, 35 kWh/t, 50 kWh/t dan 75 kWh/t. Perkembangan serat, effisiensi energi dan efisiensi jumlah pemakaian refiner diamati. Hasil terbaik adalah pada kombinasi pemakaian 2 buah HC Refiner SRE 200 kWh/t - 2 buah LC Refiner SRE 35 kWh/t - 2 buah LC Refiner dalam keadaan standby, dengan total pemakaian energi 404,4 kWh/t yang dapat memberikan penghematan energi 0.5% per ton pulp dibandingkan dengan standar operasional kombinasi pemakaian 2 buah HC Refiner SRE 150 kWh/t - 4 buah LC Refiner SRE 35 kWh/t dengan total pemakaian energi 406,5 kWh/t.

Kata kunci : energi, refiner, segmen, perkembangan serat, kualitas dan kelancaran produksi

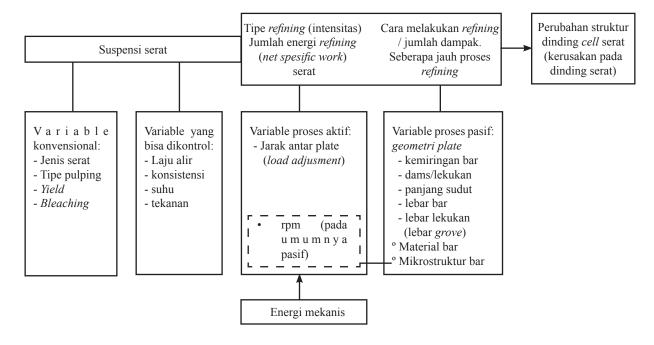
PENDAHULUAN

Pengoperasian refiner sering hanya mengacu ke freeness dan kekuatan serat yang dapat dicapai tetapi berapa energi per ton pulp yang digunakan serta kapasitas optimal mesin refiner yang dapat dipakai kurang diperhatikan sehingga refiner sering menjadi bottle neck dan mesin kertas terpaksa turun speed pada saat ada gangguan di salah satu mesin refiner yang digunakan. Refiner dirancang untuk dapat mengantisipasi laju alir volumetris (m³/jam) maupun antisipasi throughput (kg/jam) dalam kisaran antara 75% sampai 150% kapasitas operasional, akan tetapi dalam operasional sehari-hari operator hanya sekedar berpola pikir bahwa laju alir pulp yang dipompa yang terpenting sudah masuk dalam kisaran kapasitas desain refiner dan freeness serta kekuatan serat yang dihasilkan sudah cukup mendukung kualitas serta kelancaran mesin.

Sementara itu untuk lebih mendukung kualitas produk dan kelancaran mesin kertas ditambahkan aditif ke bubur serat. Aditif yang diberikan di stock prep sebatas digunakan sebagai bahan kimia untuk memperbaiki penampilan visual atau sifat optis kertas dengan penambahan bahan warna dan Optical Brightening Agent (OBA), memperbaiki ratio serat per kertas memakai bahan retensi dan filler maupun sizing, menaikkan daya tahan kertas terhadap penetrasi air dengan penambahan AKD atau ASA dan sizing, menaikkan daya rekat antar serat dengan pati kationik, dll.

Dari sisi daya ikat antar serat, penambahan aditif seperti pati kationik berdampak kurang signifikan sepanjang pengembangan vang dihasilkan dari proses refining vang tidak optimal. Target daya ikat serat yang baik hanya dapat dicapai apabila pengembangan serat yang diinginkan dapat dicapai. Sebagaimana telah diketahui bahwa proses refining bertujuan untuk mendapatkan pengembangan serat yang optimal dalam arti serat dapat berkembang maksimal dengan pemakaian energi minimal. Variabel berpengaruh digambarkan Gambar 1, dan dampak yang dihasilkan adalah perubahan struktur dinding serat. Perubahan struktur dinding serat ini dapat berkontribusi positif dan negatif terhadap daya ikat antar serat. Perubahan struktur dinding serat yang diinginkan adalah perubahan struktur dinding serat yang berkontribusi positif terhadap daya ikat serat yang diperoleh dari tercapainya tingkat fleksibilitas serat melalui fibrilasi internal dan eksternal.

Intensitas refining (W/s) dan net spesific refining energy (SRE, kWh/t) harus dikontrol untuk mendapatkan perubahan struktur dinding serat yang diinginkan yaitu pengembangan serat yang optimal (Gambar 1). Variable proses pasif harus sudah ditentukan diawal proses sebelum proses refining dilakukan, bahkan sebelum jenis produk kertas yang akan dibuat ditentukan, dengan demikian sangat terkait dengan perencanaan produksi dan order pasar. Variable proses aktif dapat diatur saat proses refining sedang berjalan.



Gambar 1. Variable Proses *Refining* dan Dampak Proses *Refining* (Helle, T., 2003)

Dalam proses *refining* intensitas dan jumlah energi terpakai memegang kendali utama dalam menghasilkan *fiber bonding* yang diinginkan. Intensitas terpakai dinyatakan dalan *specific edge load* (SEL, Ws/m) atau *specific surface load* (SSL, Ws/m²), sedangkan jumlah energi terpakai adalah jumlah energi *netto* yang dinyatakan dalam SRE (kWh/ton).

SEL adalah jumlah energi efektif yang dipakai persatuan total panjang bar rotor dan stator yang berpapasan dalam satu putaran mesin.

$$SEL = \frac{P_e}{L_c} = \frac{(P_t - P_o)}{n_r.n_s.l_r.l_s.N}$$
 (1)

dengan P_e adalah tenaga efektif yang ditransfer ke serat dalam satuan daya, dengan Pt adalah tenaga total yang digunakan untuk proses *refining* dan P_o adalah *idle power* yaitu tenaga yang digunakan untuk memutar mesin *refiner* dalam kondisi kosong tanpa beban. sedangkan n, l dan N adalah masing-masing jumlah bar pada rotor – stator, panjang bar rotor – stator, dan kecepatan putar *refiner* (Lumiainen, 2008).

SRE adalah jumlah energi efektif terpakai persatuan berat pulp yang di*refining*.

$$SRE = \frac{P_e}{Q} \tag{2}$$

dengan Pe adalah tenaga efektip yang ditransfer ke serat, dan Q adalah laju alir pulp dalam ton/jam yang merupakan hasil perkalian antara laju alir volumetris (m³/jam) dan konsistensi pulp (ton/m³) (Joris, 1991 and Lumiainen, 2008).

Nilai P_o sendiri dapat diukur sebagai berikut (USDOE, 1992):

$$P_o = V_{rms}I_{rms}Cos\varphi = \frac{1}{2}VICos\varphi = I^2R$$
 (3)

dengan V_{rms} : *voltage* yang terbaca pada AC-meter (*root mean square value*), volt.

atau V*rms* =
$$\frac{V}{\sqrt{2}}$$
 (4)

 I_{rms} : arus listrik yang terbaca pada AC-meter (root mean square value), Ampere.

atau I
$$_{\text{rms}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$
 (5)

Cos φ : *power factor* jaringan listrik.

atau nilai P_o dan hubungan antara P_o dan P_t dapat didekati dengan persamaan:

$$P_o = 0.6 \ D^4 N^{2.5} \tag{6}$$

dengan D adalah diameter segmen *refiner* dan N adalah kecepatan putar *refiner*.

$$P_t = P_e + 1.2P_o \tag{7}$$

Nilai P_o ini besarnya tergantung kondisi mekanis dari *refiner* yang diukur. dan masa pakai segment *refiner* (Joris, 1991).

Tujuan dari penelitian ini adalah pertama mencari kondisi operasi optimal dari mesin untuk memperoleh pengembangan serat yang diinginkan yaitu yang memenuhi syarat minimal terhadap serat yang untuk membuat digunakan kertas sehingga memenhi spesifikasi kertas kraft yang diinginkan. Kedua yaitu melaksanakan optimasi untuk memperoleh effisiensi energi tanpa mengorbankan kualitas serat yang diperoleh sehingga energi proses refining yang digunakan maupun jumlah mesin refiner yang digunakan dapat dikurangi, sehingga ada penghematan energi dan penghematan segment refiner.

BAHAN DAN METODE

Bahanbakupulpyang digunakan adalah BSWK (Bleached Soft Wood Kraft pulp) yang berupa pulp dari kayu spruce dengan panjang serat ratarata 2,22 mm, lebar serat 31-32 µm dan coarsness 0,211 mg/m serta mempunyai nilai derajat giling 15,4°SR. Untuk mengetahui seberapa besar dampak proses refining di refiner konsistensi tinggi (HC Refiner) maupun refiner konsistensi rendah (LC Refiner) maka daya ikat serat yang dianalisa adalah murni daya ikat serat dari serat pulp hasil proses refining sebelum tercampur dengan beberapa aditif yang biasa dipakai pada proses pembuatan kertas. Hasil pengamatan

diharapkan dapat digunakan sebagai panduan operasional mengingat dalam proses pembuatan kertas banyak sekali variable yang berpengaruh.

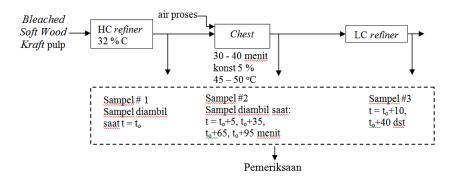
Perubahan struktur dinding serat vang diinginkan adalah perubahan struktur dinding serat yang berkontribusi positip terhadap daya ikat serat. Jenis pulp dan laju alir pulp sudah ditentukan terkait dengan kualitas dan kapasitas produksi yang diinginkan. Konsistensi pulp yang diumpankan ke HC Refiner dan LC Refiner adalah konsistensi yang optimal. Pola dari segmen refiner tidak diamati dan sudah baku sebagaimana telah digunakan. Umur segmen akan sangat menentukan pengembangan serat yang dihasilkan serta kapasitas perlakuan dari refiner tersebut, untuk itu pengamatan pengembangan serat harus selalu dilakukan setiap waktu sejalan dengan umur segment. Intensitas yang dinyatakan dalam SEL ataupun SSL yang merupakan fungsi dari efektif power dan pola segmen yang digunakan, dan SRE yang digunakan akan sangat menentukan pengembangan serat yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai SRE divariasi untuk mendapatkan pengembangan serat yang diinginkan. Adapun variasi SRE yang digunakan adalah sebagai tertera pada Tabel 1.

Metode pengamatan yang dilakukan seperti pada Gambar 2 dengan mempertimbangkan waktu tinggal di masing-masing alat proses serta lama waktu yang diperlukan untuk mengubah kombinasi variable SRE yang akan digunakan sampai diperkirakan sudah mencapai kondisi tunak, sehingga sample yang diambil mewakili.

Dalam optimasi *dual refining system*, digunakan *refiner* konsistensi tinggi dan *refiner* konsistensi rendah. Optimasi dual *refining* system yang telah dilakukan ini masih perlu disempurnakan lagi dengan memilih kombinasi pemakaian energi yang ada, meskipun data yang diperoleh sudah dapat memberikan gambaran nyata bahwa spesifikasi serat pulp yang diharapkan telah dapat dicapai dengan kombinasi yang ada.

Kode	Waktu pengamatan	SRE HC Refiner, kWh/t	SRE LC Refiner, kWh/t
	(selang waktu, jam)	(selang tx+ 5 menit)	(selang tx+ 40 menit)
1A	to	200	70
1B	t1 = to + 1	200	50
1C	t2 = t1 + 1	200	35
1D	t3 = t2 + 1	200	20
2A	t4 = t3 + 1	250	50
2B	t5 = t4 + 1	200	50
2C	t6 = t5 + 1	150	50
2D	t7 = t6 + 1	100	50
Keterangan	to : pengambilan sampel raw BSWK pulp	Antara HC <i>Refiner</i> dan LC <i>Refiner</i> ada <i>latency chest</i> dengan waktu tinggal 30 – 40 menit	

Tabel 1. Variable Pengamatan pada HC Refiner dan LC Refiner.



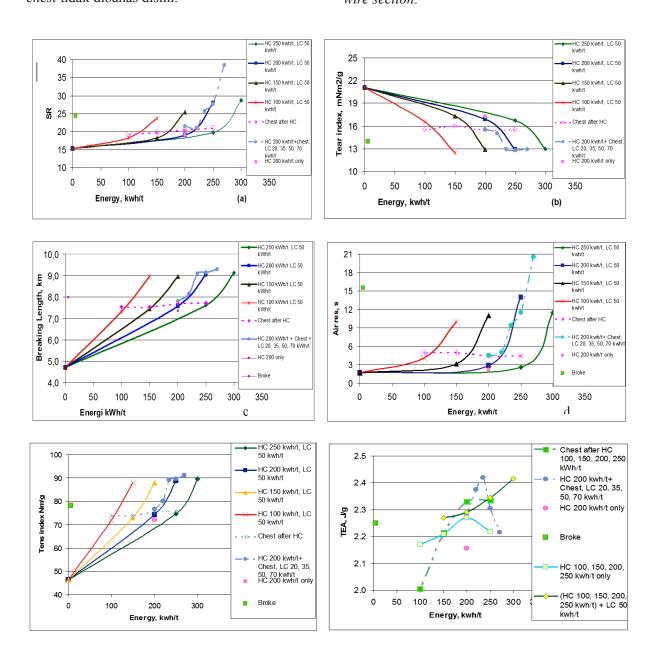
Gambar 2. Tempat Pengambilan Sampel dan Jadwal Pengambilan Sampel pada Proses Refining

Pulp hasil *slushing* pertama di *refining* pada *refiner* konsistensi tinggi dan diamati dampak beberapa tingkat pemakaian energi *refiner* dari 100 kWh/t, 150 kWh/t, 200 kWh/t, dan 250 kWh/t terhadap pengembangan serat pulp hasil *refining*, setelah melewati *latency chest* di*refining* ulang pada *refiner* konsistensi rendah pada tingkat pemakaian energi *refining* yang berbeda dimulai dari 20 kWh/t, 35 kWh/t, 50 kWh/t dan 75 kWh/t. Pengembangan serat yang terjadi diamati untuk menentukan pengembangan serat yang optimal pada tingkat pemakaian energi minimal. Blok diagram percobaan dan sampling pointnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dampak *latency chest* tidak dibahas disini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Proses Refining (Kasus 1)

Hasil percobaan diatas dianalisa dan dievaluasi dengan hasil sebagaimana tertera pada Gambar 3, terlihat bahwa kombinasi proses refining konsistensi tinggi 200 kWh/t dengan proses refining konsistensi rendah 35 kWh/t dapat menghasilkan pengembangan serat cukup baik, dengan hasil tear index, tensile index, dan TEA index yang paling optimal sementara nilai derajad gilingnya cukup baik sekitar 26°SR sehingga tidak mengganggu proses drainase pada proses pembentukan lembaran kertas basah di wire section.



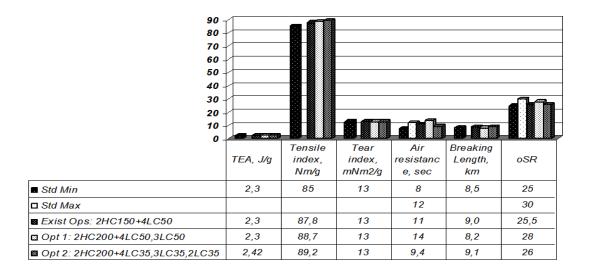
Gambar 3. Fiber Development pada Dual Refining System

Optimasi Energi Refiner (Kasus 2)

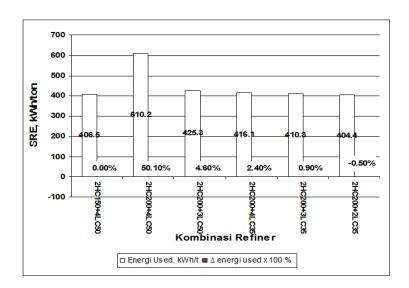
Dalam kasus ini dilakukan optimasi pemakaian energi *refining* – SRE, kWh/jam dalam upaya mendapatkan pengembangan serat yang paling optimal. Data yang dipakai disini adalah hasil perolehan optimasi energi *refining* pada kasus 1 dan evaluasi dilanjutkan terhadap pemakaian energi *refining*.

Kualitas produk yang diinginkan adalah membuat kertas *white sack kraft* dengan spesifikasi sebagai berikut: *tensile index* > 85 Nm/g; *tear index* > 13 mNm²/g; *breaking length* > 8,5 km; TEA *Index* > 2,3 J/g (mutlak) dan air resistance 8 - 12 detik (mutlak).

Spesifikasi white sack kraft diatas diperkirakan dapat dicapai jika pengembangan serat hasil proses dual refining dapat mencapai karakteristik seperti digambarkan pada Gambar 3 yang merupakan persyaratan minimal murni fiber bonding tanpa interfensi MD/CD fiber orientation, filler, dan bahan kimia penolong. Dari Gambar 4 dan 5 dapat diamati bahwa pada proses refining dengan 2 buah HC Refiner masing-masing 200 kWh/t dan 4 buah LC Refiner masing-masing 35 kWh/t telah diperoleh pengembangan serat yang diinginkan tetapi ada penambahan pemakaian energi sebesar 2,4% terhadap kombinasi 2 buah HC Refiner masing-masing 150 kWh/t dan 4 buah LC Refiner masing-masing 50 kWh/t, dan apabila optimasi



Ganbar 4. Optimasi Energi dan Optimasi Pemakaian DDR.



Gambar 5. Pemakaian Energi dan Penghematan Energi (kWh/ton) pada berbagai Kombinasi Pemakaian *Refiner*

dilanjutkan dengan mengoptimalkan DDR yang ada diperoleh bahwa kombinasi 2 buah HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dan 2 buah LC *Refiner* masing-masing 35 kWh/t telah cukup ideal untuk proses *refining* dimaksud dengan penghematan energi sebesar 0,5 %.

Sementara itu kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dan 4 LC *Refiner* masing-masing 50 kWh/t maupun kombinasi 2 HC *Refiner* 200 kWh/t dan 3 LC *Refiner* masing-masing 50 kWh/t menghasilkan pemborosan energi sementara itu spesifikasi serat pulp yang diinginkan tidak tercapai.

KESIMPULAN

- 1. Pengembangan serat yang diinginkan dapat diperoleh dengan kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 150 kWh/t dan 4 LC *Refiner* masing-masing 50 kWh/t dengan total pemakaian energi 406,5 kW/t.
- 2. Pengembangan serat serupa juga dapat diperoleh dengan kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dan 4 LC *Refiner* masing-masing 35 kWh/t dengan total pemakaian energi 416,1 kW/t sehingga terdapat pemakaian energi lebih sebesar 2,4%.
- 3. Pengembangan serat serupa juga dapat diperoleh dengan kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dan 3 LC *Refiner* masing-masing 35 kWh/t dengan total pemakaian energi 410,3 kW/t sehingga terdapat pemakaian energi lebih besar 0,9% akan tetapi ada penghematan pemakaian mesin LC *Refiner* 1 buah.
- 4. Pengembangan serat serupa juga dapat diperoleh dengan kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dan 2 LC *Refiner* masing-masing 35 kWh/t dengan total pemakaian energi 404,4 kW/t sehingga terdapat penghematan energi sebesar 0,5 % dan penghematan pemakaian mesin LC *Refiner* 2 buah.

5. Kombinasi 2 HC *Refiner* masing-masing 200 kWh/t dengan 4 LC *Refiner* masing-masing 50 kWh/t ataupun dengan 3 LC *Refiner* masing-masing 50 kWh/t tidak dapat dilakukan karena karakteristik serat atau pengembangan serat yang diinginkan tidak tercapai sementara pemakaian energi sangat berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Erikson, O., *et al.*, 2008, Theoretical Outline of the Cause for Observed Cavitations in a Low Consistency Refiner, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol. 23, No.2.
- Helle, T., 2003, The Fundamental of Pulp Beating, *Lecture Handout*, NTNU, Norway and AIT Bangkok.
- Joris, G., 1991, *Pulp Refining Process*, Vol.1, Acieries de Bonpertuis, Seyssinet.
- Joris, G., 2007, Industrial Refining Process vs Theory, *TAPPSA Journal*.
- Lumiainen, J, 2008, *Refining of Chemical Pulp*, in Paulapuro, H., Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, 2nd.ed Papermaking Science and Technology Series, Jyvaskyla, Finland. pp 87 122.
- Lundin, T. *et al.*, 2008, Fiber Trapping in Low Consistency Refiner New Parameter to Describe The Refining Process, *Tappi Journal*, July 2008.
- Smook, G. A., 2002, *Handbook for Pulp and Paper Technologist*, 3 th. ed., Tappi, Atlanta. GA.
- Wikanaji, D., 2003, *Micro Compression and Curl Removal of Fiber in Stock Prep and The Effect of Refining Energy on the Chemical Pulp Properties*, Project Report No. D -1303, UPM Kymmene, Pietarsari Finland.
- Qian X. and Tessier, P., 1995, A Mechanistic Model for Predicting Pulp Properties from Refining Operating Condition., *Tappi Journal*, Vol. 78, No. 4, 215 222.
- U.S Department of Energy (USDOE), 1992, *DOE Fundamentals Handbook, Electrical Science*, vol.4,U.S Department of Energy, USA.pp 5–30.