

AUDIT ENERGI DALAM PENGOLAHAN KARET

Energy Audit in the Natural Rubber Processing

Didin Suwardin, Mili Purbaya dan Afrizal Vachlepi

Balai Penelitian Sembawa - Pusat Penelitian Karet
Jl. Raya Palembang – Betung Km. 29. Kotak Pos 1127 Palembang 30001
Email : dsuwardin04@yahoo.com

Diterima 17 Desember 2015/ Direvisi 1 Juni 2016/ Disetujui 17 Juni 2016

Abstrak

Penggunaan energi di Indonesia dinilai masih belum efisien, hal ini ditunjukkan dengan nilai elastisitas energi dan intensitas energi masing-masing sebesar 2,69 dan 565 ton-oil-equivalent per 1 juta USD (International Energy Agency, 2009). Audit energi merupakan salah satu upaya untuk mengevaluasi pemanfaatan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. Penerapan audit energi dilakukan untuk semua sektor industri di Indonesia, termasuk industri pengolahan karet. Industri pengolahan karet remah merupakan industri yang banyak mengkonsumsi energi, dimana total konsumsi energi sebesar 26.257.005 kWh dengan produksi sebesar 45.240 ton. Korelasi konsumsi energi (Y) dengan produksi (X) adalah $Y = 455 + 154 X$ dengan koefisien determinasi (r_{xy}) = 0,9. Potensi penghematan energi yang dapat dilakukan, diantaranya adalah efisiensi pada peralatan utama pengguna energi, efisiensi pada peralatan utilitas dan pelaksanaan sistem manajemen energi. Selain itu, konversi bahan bakar fosil ke sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan juga dapat diterapkan dalam rangka konservasi energi.

Kata kunci: audit, energi, karet remah, pengolahan

Abstract

The usage of energy in Indonesia is still inefficient, this fact showed with value of elasticity and intensity energy was 2.69 and 565 ton-oil-equivalent per 1 juta USD (International Energy Agency, 2009) respectively. The audit energy is one method to evaluate the energy used and identified of opportunities for energy savings and recommendations for improving the efficiency of the energy used in order to conserve energy. The implementation of an energy audit conducted for all sectors of industry in Indonesia, including the rubber processing industry. The crumb rubber factory is an industry which consumes energy in a large amount, the total energy consumption is 26,257,005 kWh with 45,240 tonnes of total production. The correlation between energy consumption (Y) and production (X) is $Y = 455 + 154 X$ where $r_{xy}=0.9$. The potential of energy savings could be done, including the efficiency of the main equipments of energy users, the efficiency of utility equipment, and implementing energy management system. In addition, the conversion of fossil energy to renewable energy and environmental friendly energy can also be applied in order to conserve energy.

Keywords: audit, energy, processing, crumb rubber

Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya energi fosil utama seperti batubara, minyak dan gas bumi, tetapi sejak 2012 terjadi penurunan sumber daya energifosil tersebut. Sumber daya

energi batubara mengalami penurunan menjadi 119 miliar ton dengan cadangan sebesar 29 miliar ton. Sedangkan minyak bumi memiliki cadangan sebesar 7,41 milyar barel yang terdiri atas 3,74 milyar barel cadangan terbukti dan 3,67 milyar barel cadangan potensial. Sementara itu, gas bumi memiliki cadangan sebesar 151 TSCF yang terdiri atas 103 TSCF cadangan terbukti dan 47 TSCF cadangan potensial (Anindhita, 2014).

Berdasarkan rasio cadangan terhadap produksi untuk masing-masing sumber energi fosil tersebut, sumber energi batubara memiliki potensi yang paling tinggi, yaitu sekitar 75 tahun, sedangkan sumber energi gas dan minyak bumi, masing-masing memiliki potensi 33 dan 12 tahun, jika tidak ditemukan cadangan baru (Anindhita, 2014). Dengan semakin terbatasnya ketersediaan sumber energi fosil di Indonesia maka perlu dilakukan upaya pemanfaatan energi secara bijak dan efisien, serta pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan seperti tenaga air, panas bumi, surya, angin, samudera maupun biomassa.

Menurut data dari International Energy Agency (IEA), pada tahun 2009, Indonesia memiliki intensitas energi (jumlah konsumsi energi/produksi domestik bruto) yang tinggi yaitu 565 TOE (ton-oil-equivalent) per 1 juta USD, sedangkan elastisitas energi Indonesia adalah 2,69. Sebagai perbandingan negara-negara maju memiliki intensitas 164 TOE/juta USD dan elastisitas berkisar dari 0,1 – 0,6 (Save Energy, 2012). Angka intensitas dan elastisitas energi di Indonesia relatif tinggi jika dibandingkan dengan negara-negara maju, ini menunjukkan bahwa pemakaian energi di Indonesia masih belum efisien.

Dalam rangka pemanfaatan energi yang efisien di Indonesia, terutama untuk industri pengolahan karet diperlukan suatu kegiatan audit energi untuk mengevaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada industri. Tulisan ini akan membahas mengenai manajemen energi, audit energi dan aplikasinya dalam industri pengolahan karet, terutama pabrik pengolahan karet remah, karena industri karet remah mendominasi industri pengolahan karet alam di Indonesia.

Selain itu akan disampaikan juga peluang-peluang penghematan energi dan konversi energi fosil dengan energi terbarukan.

Audit Energi

Langkah awal pelaksanaan manajemen energi adalah audit energi. Audit energi merupakan kegiatan untuk mengidentifikasi titik-titik pemborosan energi yang terjadi pada suatu sistem pemanfaatan energi, merencanakan, menganalisis dan merekomendasikan langkah-langkah dalam meningkatkan efisiensi energi (Ayuni, 2012).

Kebijakan-kebijakan audit energi adalah :

1. Inpres No. 9 tahun 1982 tentang Konservasi Energi
2. Keppres No. 43 tahun 1991 tentang Konservasi Energi
3. Inpres No.10 tahun 2005 tentang Penghematan Energi
4. Permen ESDM No. 31 tahun 2005 tentang Tata Cara Pelaksanaan Penghematan Energi
5. Rencana Induk Konservasi Nasional (RIKEN) tahun 1995 dan Revisinya tahun 2005
6. Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional
7. Inpres No. 1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel)
8. UU No. 30 tahun 2007 tentang Energi
9. PP No. 70 tahun 2009 tentang konservasi energi

Dalam pelaksanaan audit energi terdapat beberapa sasaran yang ingin dicapai, yaitu :

1. Menurunnya intensitas penggunaan energi di industri.
2. Meningkatkan peran serta industri dalam program konservasi energi.
3. Pengurangan ketergantungan terhadap BBM.
4. Pengurangan pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan.
5. Peningkatan daya saing produk.
6. Peningkatan efisiensi penggunaan energi dalam berproduksi.

Hasil audit energi memberikan dampak

nyata dalam usaha penghematan energi, seperti pada hasil audit energi pada bangunan dimana potensi penghematan energi dapat dilakukan diantaranya dengan penggantian AC konvensional dengan AC *inverter*, penggunaan lampu hemat energi (LHE) seperti lampu LED (Marzuki dan Rusman, 2012; Raharjo *et al.*, 2014). Sedangkan peluang penghematan energi dari hasil audit energi pada kelistrikan, diantaranya pemasangan filter aktif maupun pasif pada alat-alat listrik non-linier, peningkatan faktor daya (Mulyadi *et al.*, 2013; Palaloi, 2005).

Audit energi memberi banyak manfaat, diantaranya :

a. Saving money

Dengan adanya manajemen energi, dapat mengurangi biaya operasional. Dengan demikian keuntungan yang diperoleh perusahaan akan meningkat.

b. Environmental protection

Dengan adanya penggunaan energi yang efisien maka akan memberikan kontribusi bagi dunia dalam hal membantu pelestarian alam dengan menjaga dan mempertahankan cadangan minyak bumi dunia agar tidak segera habis.

c. Sustainable development

Dengan adanya penggunaan energi yang efisien maka akan memberikan kontribusi bagi perusahaan di bidang pertumbuhan yang berkelanjutan baik di sisi finansial maupun penggunaan peralatan industri yang memiliki *lifetime* maksimum/optimum.

Jenis Audit Energi

a. Audit Energi Awal (AEA)

AEA sangat berguna untuk mengenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek.

AEA terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Survei manajemen energi

Auditor energi mencoba untuk memahami kegiatan manajemen yang sedang berlangsung dan kriteria putusan investasi yang mempengaruhi proyek konservasi.

2. Survei energi (teknis)

Bagian ini mengulas kondisi dan operasi peralatan dari pemakai energi yang penting (misalnya boiler dan sistem uap) serta instrumentasi yang berkaitan dengan efisiensi energi.

b. Audit Energi Terinci (AET)

AET dilakukan setelah AEA. Audit ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data pabrik dari catatan yang ada, mengukur parameter operasi yang penting dengan instrumentasi portable untuk mengaudit energi dalam neraca material dan panas pada peralatan proses. Jenis uji yang dijalankan mencakup uji efisiensi pembakaran, pengukuran suhu dan aliran udara pada peralatan utama yang menggunakan bahan bakar, penentuan penurunan faktor daya yang disebabkan oleh berbagai peralatan listrik dan uji sistem proses untuk operasi yang masih di dalam spesifikasi.

Metode Audit Energi

Untuk mencapai sasaran-sasaran audit energi, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pelaksanaan audit energi, yaitu :

a. Goal Seek Method

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan parameter utama yang harus dicari dan ditentukan, baik pada sistem proses produksi maupun pada peralatan utility (boiler, chiller, compressor, pompa, dll). Dengan besaran/nilai IKE tersebut dapat dikembangkan menjadi formulasi dan simulasi analisis peluang penghematan energi.

b. Pareto Chart

Grafik *Pareto* dapat digunakan untuk menentukan permasalahan utama atau identifikasi masalah inti. Mekanisme pendekatan masalah menggunakan grafik ini adalah :

1. Menentukan karakteristik mutu, misalnya teknologi pengguna energi terbesar sebagai kunci untuk diasumsikan bahwa persentase penghematan yang akan diperoleh memiliki nilai energi yang besar, meskipun untuk sementara belum diketahui berapa persen potensi hemat energi yang akan didapat. Apabila

prosentase potensi yang diperoleh kecil, dikalikan dengan kapasitas yang besar, maka nilai yang diperoleh cukup signifikan.

2. Untuk memperoleh bobot pengguna energi terbesar, maka dilakukan stratifikasi objek peralatan.

3. Dari hasil stratifikasi diperoleh sebaran objek (peralatan pengguna energi) mulai pengguna energi terbesar hingga ke peralatan pengguna energi yang terkecil.

c. *Metode 5W + 1H*

Metode ini digunakan untuk mencari akar permasalahan (sumber pemborosan yang dapat dikonversi menjadi potensi/ peluang hemat energi) pada peralatan pengguna energi yang telah ditentukan dari hasil *Pareto chart*. Mekanisme pendekatan masalah menggunakan metode 5W dan 1H adalah :

1. *Where*. Untuk menemukan dimana sumber yang berpotensi terjadinya pemborosan energi.

2. *What*. Untuk mengidentifikasi apa yang menyebabkan hingga terjadinya pemborosan energi.

3. *Why*. Untuk mengidentifikasi penyebab hal itu terjadi.

4. *Who*. Untuk mengidentifikasi siapa yang menjadi trigger (aktor utama) terjadinya potensi pemborosan energi pada peralatan yang sedang diteliti.

Analisa berdasarkan 5M (*Man/Manpower, Machine, Material, Method, Mother Nature*/lingkungan kerja).

5. *When*. Untuk mengidentifikasi waktu terjadinya masalah, dapat didiskusikan dengan operator apakah kejadiannya bersifat siklus, tidak menentu atautukah ada pengaruh dari proses operasi peralatan.

6. *How*. Bagaimana mengatasi akar masalah (sumber pemborosan yang dapat dikonversi menjadi potensi/ peluang hemat energi) tersebut.

d. *Metode Pengamatan dan Pengukuran*

Untuk melihat efektifitas, dan performansi operasi peralatan yang ada. Data-data primer (pengamatan langsung dan hasil pengukuran) dan data sekunder (*log-sheet* dan hasil wawancara) sangat diperlukan untuk membantu di dalam analisa neraca massa dan energi.

Hasil pengukuran yang diambil berdasarkan pertimbangan peningkatan efektifitas dan efisiensi peralatan (menghindari terjadinya penurunan performa akibat efek kegiatan efisiensi energi).

Tahapan Audit Energi

Pelaksanaan audit energi dapat ditempuh melalui enam tahapan kegiatan seperti yang disajikan pada Gambar 1.

a. *Perencanaan dan Organisasi*

Pada tahap ini dilakukan beberapa tindakan yang terdiri dari : penentuan tujuan audit, pemilihan anggota tim audit serta pemberian tanggung jawabnya, dan pemilihan instrumen yang diperlukan, serta penyiapan proposal kajian. Setelah dilakukan perencanaan yang matang, kemudian dilakukan pertemuan dengan Manajemen Puncak untuk mengumpulkan informasi umum, pemilihan *area focus* dan pembagian fasilitas pabrik menjadi bagian pelaksanaan atau *cost center*.

b. *Pengkajian*

Pengamatan singkat lapangan (*walk through survey*) yang sekaligus dapat melakukan *in house training* terhadap tim pendamping industri obyek. Anggota tim harus menyiapkan diagram alir proses *area focus* dan mengumpulkan data pemakaian energi dan data produksi yang diambilkan dari bagian atau *cost center* tertentu (form data sheet, data historis dan lain-lain) untuk menghitung *losses* melalui neraca massa dan energi.

c. *Identifikasi Opsi*

Penentuan penyebab kehilangan (*losses*) energi dilakukan pada tahap ini melalui pengolahan data dan evaluasi awal untuk mendapatkan neraca energi, neraca massa, intensitas energi serta mengidentifikasi peluang penghematan energi (PPE/opsi).

d. *Analisis Kelayakan Opsi*

Hasil identifikasi PPE/opsi selanjutnya dianalisis secara teknis, ekonomi dan lingkungan untuk menghasilkan daftar PPE/opsi berdasarkan besaran penghematan yang mungkin diperoleh. Kemudian menyiapkan proposal penerapan dan pemantauan untuk memperoleh persetujuan Manajemen Puncak.



Gambar 1. Diagram alir tahapan kegiatan audit energi

e. Penerapan dan Pemantauan Opsi

Presentasi dan diskusi dengan Manajemen Puncak terhadap berbagai temuan dan hasil daftar PPE/opsi awal yang diperoleh. Langkah ini dilakukan sekaligus untuk klarifikasi berbagai data dan informasi sehingga pada saat pelaksanaan analisis rinci dilakukan dengan basis data dan informasi yang benar dan juga diterima oleh kedua pihak. Rekomendasi PPE (Opsi) selanjutnya diterapkan dan dipantau pelaksanaannya. Tim kemudian melakukan evaluasi dan analisis rinci terhadap penerapan PPE (opsi) yang diperoleh, serta menyusun laporan audit energi mencakup rekomendasi PPE dan manajemen energi yang disampaikan kepada Manajemen Puncak.

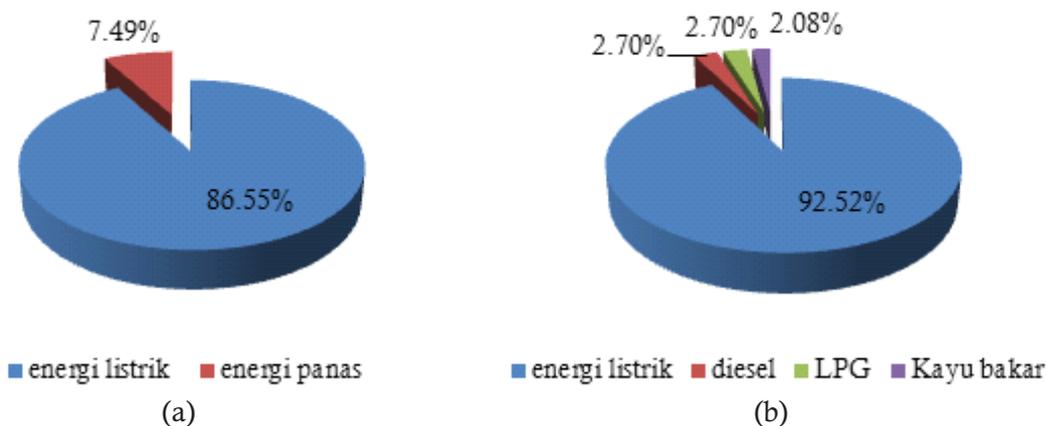
f. Perbaikan berkelanjutan

Tim kemudian menyiapkan proposal lanjutan untuk memperoleh persetujuan manajemen puncak dan selalu melakukan perbaikan yang berkelanjutan.

Konsumsi Energi Pada Pengolahan Karet

1. Pengolahan lateks pekat

Pada prinsipnya pengolahan lateks pekat hanya memerlukan satu tahapan proses yaitu memisahkan air dari partikel karet. Pengolahan lateks pekat yang paling umum diterapkan adalah teknik sentrifugasi dengan sebagian besar konsumsi energi berupa energi listrik. Peralatan utama dalam pengolahan lateks pekat adalah mesin sentrifugal dengan motor induksi berkecepatan tinggi yang memerlukan energi lebih dari 90% dari energi yang digunakan. Mesin-mesin lain adalah pompa air, kipas listrik, pengaduk dan peralatan untuk pengolahan limbah. Hasil survei pada 31 pabrik di Thailand (Kementerian Energi Thailand, 2007) menunjukkan bahwa sebagian besar energi yang diperlukan adalah energi listrik (Gambar2).



Gambar 2. a) Konsumsi energi listrik dan energi panas dalam produksi lateks pekat
 b) komposisi konsumsi energi berdasarkan jenis bahan bakar.

2. Pengolahan sit

Pengolahan sit angin tidak memerlukan banyak energi, cukup energi angin untuk mengeringkan sit, sedangkan *Ribbed Smoked Sheet* (RSS) atau *Air Dried Sheet* (ADS) memerlukan energi panas baik yang berasal dari udara panas untuk karet ADS maupun energi panas dari hasil pembakaran kayu karet untuk karet RSS. Pada pengolahan karet sit jenis ADS di Thailand, konsumsi energi spesifik (SEC/*specific energy consumption*) untuk pengeringan sit ADS yang menggunakan udara panas pada suhu 40 – 70 °C adalah 5,31 – 12,10 MJ/kg air yang diuapkan (Tabel 1) (Ekphon *et al.*, 2013).

Pada pengolahan sit jenis RSS memerlukan energi panas dan energi listrik untuk produksinya. Energi panas digunakan untuk kamar pengering yang biasanya berasal dari

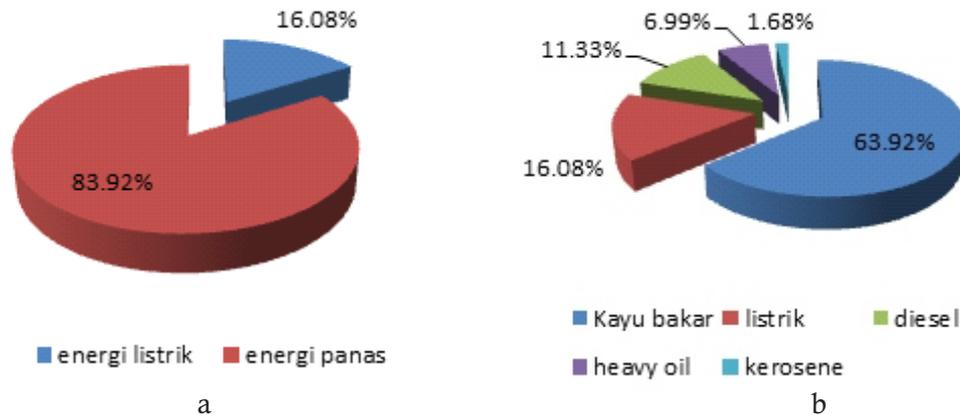
pembakaran kayu bakar. Energi listrik digunakan untuk sistem penerangan dan proses *pumping*. Hasil survei pada 18 pabrik sit di Thailand menunjukkan bahwa konsumsi energi terbesar adalah dari bahan bakar kayu karet untuk menghasilkan energi panas pada kamar pengering (Gambar 3).

Werapun *et al.* (2014) telah mendesain kamar pengering untuk sit asap dengan menggunakan kombinasi energi matahari dan listrik di Thailand. Konsumsi energi matahari pada kamar pengering ini sebesar 15 – 32 % (Tabel 2). Sistem pengering menggunakan kombinasi energi pengering sinar matahari dan listrik dapat menghemat penggunaan energi listrik tetapi sistem ini memiliki kelemahan karena tergantung dengan kondisi cuaca sehingga sistem ini sulit untuk dikontrol.

Tabel 1. Konsumsi energi spesifik pada pengolahan ADS

Suhu pengeringan (°C)	Relative Humidity (RH) (%)	Lama pengeringan (jam)	Kecepatan pengeringan (kg/jam)	SEC (MJ/ kg penguapan air)
Pengeringan dengan udara panas				
40	68	117,1	0,2954	5,31
50	79	89,1	0,3616	11,45
60	73	48	0,4736	12,10
70	66	30	0,8635	9,85
Pengeringan konvensional (kontrol)				
29	70	226	0,1019	-
30	66	152,1	0,1821	-
30	67	154,0	0,1996	-

Sumber: Ekphon *et al.*, 2013



Gambar 3. a) Konsumsi energi listrik dan energi panas dalam produksi sit asap, dan b) komposisi konsumsi energi berdasarkan jenis bahan bakar

Tabel 2. Persentase penggunaan energi dalam sistem pengeringan

Rck ncp_rsp (°C)	Energi listrik (kWh)	Energi matahari (kWh)	Persentase penggunaan energi listrik (%)	Persentase penggunaan energi matahari (%)	Total (kWh)
Kamar pengering menggunakan energi matahari dan listrik					
40	12,55	5,00	71,50	28,50	17,55
50	11,66	5,59	67,58	32,42	17,25
60	20,05	3,80	84,05	15,95	23,85
Kamar pengering hanya menggunakan energi listrik					
50	288	0	100	0	288

Sumber: Werapun *et al.* (2014)

Sementara itu pada pengolahan sit asap di Indonesia, penggunaan energi pada ruang pengering (menggunakan bahan bakar kayu karet dengan nilai heating value 27,667 kJ/kg dan moisture 23,8% wb) menunjukkan input energi 100 %, hanya 24 % energi yang dimanfaatkan, sedangkan 7 % energi tersimpan pada dinding, pintu, lantai dan atap. Energi yang hilang ke lingkungan melalui kontruksi dinding, pintu dan atap sebanyak 48%. Sisanya 20% energi yang tidak terukur yang hilang melalui ventilasi, cerobong asap dan lain-lain. Efisiensi penggunaan energi kamar pengering sangat rendah karena konstruksi bahan bangunan. Konstruksi bangunan kamar pengering umumnya terdiri dari dinding dari batu-bata, atap dari asbes, pintu dari baja dan tungku dari batu-bata, serta tidak ada sistem isolasi. Padahal konstruksi bangunan memberikan kontribusi dalam penggunaan energi yang optimal karena perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi (Ediati dan Jajang, 2010).

3. Pengolahan karet remah

Karet remah adalah karet kering yang proses pengolahannya melalui tahap peremahan. Bahan baku berasal dari lateks yang telah diolah menjadi koagulum atau sleb. Pengolahan karet remah memerlukan energi listrik dan energi panas. Energi listrik diperlukan untuk proses mesin *milling*, *compressing* dan *shredding*, sedangkan energi panas digunakan untuk tahap pengeringan dimana diesel dibakar untuk menghasilkan udara panas yang memiliki suhu 100 – 120 °C. Hasil survey pada 34 pabrik di Thailand menunjukkan bahwa komposisi konsumsi energi listrik dan energi panas untuk menghasilkan karet remah memiliki jumlah yang hampir sama. Energi listrik adalah energi yang paling banyak digunakan selain *heavy oil*, LPG, diesel, gasoline dan benzene.

Hasil survei pengolahan karet remah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3. Konsumsi energi terbesar adalah energi listrik

dimana energi ini sebagian besar digunakan untuk proses membersihkan dan memperkecil ukuran bokar, serta proses penggilingan dengan menggunakan hammer mill (175 HP) dengan kapasitas mesin 4000 kg/jam.

Konsumsi energi total pada produksi karet remah adalah 3,06272 MJ/kg karet kering (Utomo *et al.*, 2010).

Audit Energi Dalam Pengolahan Karet Remah

Intensitas Energi

Intensitas energi merupakan indikator yang menggambarkan hubungan antara konsumsi energi dan ekonomi, serta konsumsi energi dan penduduk. Intensitas energi dapat

Tabel 3. Konsumsi energi dalam produksi SIR 20

Jenis energi	Energy (per ton karet kering)		Persentase (%)
	MJ	kWh	
1. Man-power			
1. Transportasi bokar	1,22	0,339	7,67
2. Down-sizing dan pembersihan	2,57	0,714	16,16
3. Penggilingan (<i>milling</i>)	2,94	0,817	18,49
4. Pengeringan awal (<i>pre-drying</i>)	2,57	0,714	16,16
5. <i>Shredding</i>	2,45	0,681	15,41
6. Pengeringan (<i>drying</i>)	1,22	0,339	7,67
7. <i>Bale pressing</i>	1,71	0,475	10,75
8. Pendeteksi logam (<i>metal detecting</i>)	0,73	0,203	4,59
9. Pengemasan dan penyimpanan	0,49	0,136	3,08
Total	15,90	4,417	100,00
2. Energi listrik			
1. <i>Down-sizing</i> dan pembersihan (<i>cleaning</i>)	660,73	183,536	35,59
2. Penggilingan (<i>milling</i>)	547,62	152,117	29,49
3. Pengeringan awal (<i>pre-drying</i>)	32,04	8,900	1,73
4. <i>Shredding</i>	161,55	44,875	8,70
5. Pengeringan (<i>Drying</i>)	250,85	69,681	13,51
6. <i>Bale pressing</i>	182,88	50,800	9,85
7. Pendeteksi logam (<i>Metal detecting</i>)	21,03	5,842	1,13
Total	1.856,70	515,750	100,00
3. Energi bahan bakar			
1. Transportasi bokar	23,05	6,403	1,94
2. Pengeringan	1.167,07	324,186	98,06
Total	1.190,12	330,589	100,00
Total konsumsi energi	3.062,72	850,756	

Sumber: Utomo *et al.*(2010), diolah

digunakan sebagai suatu ukuran efisiensi energi dari ekonomi suatu negara. Semakin tinggi intensitas energi menunjukkan suatu harga atau biaya yang tinggi untuk mengubah energi kepada Produk Domestik Bruto (PDB), sedangkan semakin rendah intensitas energi menunjukkan suatu harga atau biaya yang rendah untuk mengubah energi kepada PDB (Kementerian energi dan sumber daya mineral, 2012). Nilai intensitas energi juga dapat menggambarkan pengaruh atau dampak penggunaan energi terhadap lingkungan (*eco-efficiency*), dimana semakin tinggi nilai intensitas energi maka semakin kurang nilai efisiensi lingkungan (*eco-efficiency*) dan kerusakan sumber daya alam seperti bahan bakar fosil (Maulina, 2009).

Kebutuhan energi untuk memproduksi karet remah dengan kapasitas produksi 45.240 ton adalah 26.257.005 kWh. Terdapat korelasi antara konsumsi energi (Y) dan produksi (X), korelasi tersebut adalah $Y = 455 + 145 X$; $r_{XY} =$ Besarnya intensitas energi pada suatu industri berfluktuatif. Suatu industri dikatakan efisien jika intensitas energi maksimum adalah 179 kWh/ton atau 153 Mcal/ton, intensitas minimum adalah 126 kWh/ton atau 108 Mcal/ton, dan rata-rata intensitas adalah 136 kWh/ton atau 116 Mcal/ton. Jika nilai intensitas suatu industri melebihi intensitas energi maksimum maka ini menunjukkan bahwa penggunaan energi pada industri tersebut tidak efektif sehingga memiliki potensi untuk penghematan energi.

Berdasarkan hasil audit energi pada salah satu pabrik karet remah SIR 20 di Indonesia (Utomo *et al.*, 2010), dimana besarnya konsumsi energi adalah 3062,72 MJ/ton karet kering atau 850,756 kWh/ton karet kering. Nilai konsumsi energi ini juga menunjukkan intensitas energi dari pabrik karet remah tersebut. Besarnya intensitas pabrik karet remah tersebut ternyata lebih tinggi (850,756 > 179 kWh/ton). Ini menunjukkan bahwa pabrik karet remah tersebut belum efisien dalam pengolahan energi.

Faktor –faktor yang mempengaruhi nilai intensitas energi adalah :

- 1) Pola operasi peralatan, 2) Pola pemakaian motor listrik dengan efisiensi rendah, 3) Pemilihan bahan baku, dan 4) Penerapan sistem manajemen energi.

Potensi penghematan energi dalam pengolahan karet remah

a. Peralatan utama penggunaan energi

Peralatan utama dalam pengolahan karet remah seperti mesin breaker, hammermill, macerator dan creper, dapat dilakukan penghematan dengan cara :

1. Menjaga $KVA_{maks} < 361 KVA$

KVA adalah satuan bagi daya yang dihasilkan oleh tenaga listrik, yaitu hasil kali tegangan listrik (volt) dengan kuat arus (ampere)

2. Perbaiki daya listrik

Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi. Perbaikan faktor daya dapat diartikan sebagai usaha untuk membuat faktor daya/cos mendekati 1 (satu). Untuk memperbaiki faktor daya dari suatu beban yang mempunyai faktor daya yang rendah, perlu dipasang kapasitor pada masing-masing beban atau secara tersentralisir melalui kapasitor bank. Dengan pemasangan kapasitor tersebut, selain untuk memperbaiki faktor daya juga dapat memperbaiki pengaturan tegangan dan meningkatkan efisiensi transformator (S.P. Purbaningrum, 2014). Perbaikan faktor daya juga dapat menggunakan filter harmonisa (Supri Hardi dan Yaman, 2013)

3. Efisiensi pada sistem pengering dapat dilakukan dengan penggunaan sistem pengering bertingkat dan menggabungkan berbagai tipe pengering (Law dan Mujumdar, 2009).

b. Peralatan utilitas

Peralatan utilitas berfungsi untuk menunjang kegiatan produksi seperti pompa, boiler, dan conveyer juga berpotensi dilakukan penghematan dengan cara :

- (1) Menyeimbangkan beban, dan
- (2) Pemasangan filter

c. Sistem manajemen energi

Manajemen energi merupakan program terpadu yang direncanakan dan dilaksanakan secara sistematis untuk memanfaatkan sumberdaya energi secara efektif dan efisien dengan melakukan perencanaan, pencatatan, pengawasan dan evaluasi secara kontinu tanpa mengurangi kualitas produksi/pelayanan (Purbaningrum, 2014).

Sistem Manajemen Energi (SME) telah digunakan secara global dan menjadi standar sertifikasi internasional bagi usaha pengelolaan energi melalui ISO 50001. Proses SME menurut ISO 5001 mengikuti *Plan-Do-Check-Act* (PDCA)

- *Plan*: Melakukan review energi dan menetapkan landasan, indikator kinerja energi (*Energy performance indicator*), tujuan, sasaran dan rencana aksi yang diperlukan untuk memberikan hasil yang sesuai dengan peluang untuk meningkatkan kinerja energy (*energy performance*) dan kebijakan energi organisasi.
- *Do* : Mengimplementasikan rencana aksi pengelolaan energi.
- *Check* : Memonitor dan mengukur proses dan karakteristik proses operasi yang menentukan kinerja energi terhadap kebijakan energi dan tujuan dari manajemen energi organisasi, serta melaporkan hasil.

Act : Mengambil tindakan untuk terus meningkatkan kinerja energi dan sistem manajemen energi.

Pelaksanaan sistem manajemen energi harus diimplementasikan secara konsisten dan berkesinambungan.

Konversi Energi

Potensi energi baru dan terbarukan di Indonesia terdiri dari panas bumi, tenaga air, biomassa, energi angin, surya, uranium, gas metana batubara dan shale gas (Tabel 4). Pemanfaatan energi baru seperti panas bumi, tenaga air dan penggunaan biomassa limbah kelapa sawit terbukti juga dapat menurunkan emisi rumah kaca (Juniah, 2008).

Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi di Indonesia saat ini masih cukup dominan. Bahan bakar minyak yang termasuk dalam energi tidak terbarukan ini ketersediaannya akan semakin terbatas dan cenderung semakin mahal. Dengan investasi dan biaya operasi yang juga cukup mahal, walaupun sudah didukung teknologi dan infrastruktur yang sangat baik, untuk masa mendatang penggunaan bahan bakar minyak diduga akan semakin kurang ekonomis. Selain itu, penggunaan bahan bakar minyak juga menjadi salah satu penyebab polusi dan timbulnya efek gas rumah kaca yang ditandai dengan meningkatnya suhu di permukaan bumi.

Tabel 4. Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia

Sumber energi	Potensi	Kapasitas terpasang
Panas bumi (geothermal)	16.502 MW (cadangan)	1.341 MW (sampai mei 2013)
Tenaga air (hydro)	75.000 MW (sumberdaya)	7.059 MW
Mini-mikrohidro (mini-micro hydro)	769,7 MW (sumberdaya)	512 MW
Biomassa (biomass)	13.662 Mwe (cadangan)	1.364 Mwe (75,5 Mwe (on grid))
Energi surya (solar energy)	4,80 kWh/m ² /hari	42,78 MW
Energi angin (wind energi)	3-6 m/s	1,33 MW
Uranium	3000 MW	30 MW
Gas metana batubara (coal bed methane)	453 TSCF (sumberdaya)	
Shale gas	574 TSCF (sumberdaya)	

Sumber: Sugiyono *et al.*, 2014

Untuk mengurangi ketergantungan dan dampak negatif penggunaan bahan bakar minyak, perlu dilakukan konversi sumber energi. Pemerintah Republik Indonesia saat ini sudah melakukan konversi sumber energi terutama untuk rumah tangga dari bahan bakar minyak ke gas bumi. Beberapa jenis gas yang banyak digunakan sebagai sumber energi antara lain *Liquified Petroleum Gas* (LPG) dan *Compressed Natural Gas* (CNG) atau yang dikenal sebagai bahan bakar gas (BBG). Komposisi BBG terdiri atas 85% CH₄, 10% N₂ dan CO₂ serta etana, propana dan butana. Gas alam di Indonesia memiliki cadangan sebesar 151 TSCF yang terdiri atas 103 TSCF cadangan terbukti dan 47 TSCF cadangan potensial. Angka ini menunjukkan bahwa potensi gas alam di Indonesia masih cukup potensial. Tetapi dengan eksploitasi secara besar-besaran cadangan gas alam diprediksi akan terus mengalami penurunan.

Penggunaan gas alam sebagai sumber energi saat ini cenderung mengalami peningkatan seiring dengan semakin mahalnya harga bahan bakar minyak. Dalam kegiatan eksploitasi dan produksinya, sumber energi gas alam di Indonesia sudah didukung oleh teknologi dan infrastruktur yang relatif baik walaupun teknologinya masih tergantung dengan luar. Selain itu, nilai investasi dan biaya operasinya juga relatif mahal. Hal ini akan berakibat pada nilai jual gas alam yang akan semakin mahal. Dampak penggunaan bahan bakar gas relatif lebih baik dibandingkan bahan bakar minyak karena lebih bebas polusi dan bersifat reduktif terhadap efek rumah kaca.

Sumber energi alternatif yang saat ini juga sudah banyak digunakan terutama untuk pembangkit listrik adalah batubara. Sayangnya batubara yang termasuk sumber energi fosil (energi tidak terbarukan) juga mempunyai keterbatasan. Dengan eksploitasi besar-besaran seperti sekarang, cadangan batubara di Indonesia terus menipis. Teknologi untuk memproduksi batubara (eksploitasi) dan menggunakan batubara sudah cukup baik. Sebagai salah satu negara produsen, Indonesia sudah mampu menguasai teknologi eksploitasi

batubara dan tidak terlalu tergantung dengan negara luar. Berbeda seperti bahan bakar minyak dan gas alam, biaya investasi dan biaya operasinya dinilai masih relatif lebih murah. Akibatnya harga batubara juga masih lebih murah dibandingkan bahan bakar minyak dan gas alam. Penggunaan batubara sebagai sumber energi memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Batubara termasuk salah satu sumber polusi dan menjadi penyebab timbulnya efek rumah kaca.

Selain ketiga sumber energi di atas, di Indonesia masih terdapat sumber energi baru dan terbarukan yang ketersediaannya cukup berlimpah. Potensi energi baru dan terbarukan di Indonesia terdiri dari panas bumi, tenaga air, biomassa, energi angin, surya, uranium, gas metana batubara dan shale gas (Tabel 4). Pemanfaatan energi baru seperti panas bumi, tenaga air dan penggunaan biomassa limbah kelapa sawit terbukti juga dapat menurunkan emisi rumah kaca (Juniah, 2008). Bahkan penerapan *Clean Development Mechanism* (CDM) oleh PT. Pupuk Kaltim melalui proyek desalination unit dengan teknologi reverse osmosis yang memanfaatkan air laut telah berhasil mendapatkan *Certified emission reduction (CER)* berpotensi untuk penjualan carbon dari pengurangan emisi CO₂ (Juniah, 2008).

Sejak tahun 2006, Pemerintah Indonesia telah menerbitkan peraturan dan kebijakan untuk penyediaan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (bio-oil) sebagai bahan bakar pengganti minyak. Bio-oil merupakan bahan bakar cair yang berasal dari biomassa seperti kayu, limbah pulp dan kertas, serbuk gergaji, tandan kelapa sawit kosong dan limbah pertanian jagung yang dapat diproses secara pyrolisis (Dahlan, 2008). Selain limbah pertanian, bio-oil juga dapat diperoleh dari hasil perkebunan seperti singkong dan tebu yang akan menghasilkan bioetanol (Priyanto, 2009).

Selain bahan bakar cair, biomassa dapat dikonversi menjadi bahan bakar gas melalui proses gasifikasi yang biasa disebut dengan biogas. Biomassa yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar gas diantaranya tempurung kelapa sawit, limbah perkebunan

karet seperti tunggul, kayu, ranting, scrap dan tatal, serta limbah pabrik karet (Vidian dan Fikri, 2008 ; Suwardin, 2011). Penggunaan biomassa dalam pengolahan karet oleh pabrik karet remah di beberapa pabrik di Indonesia sudah diimplementasikan sebagai mana dilaporkan Vachlepi dan Suwardin (2014).

Ketersediaan sumber energi terbarukan di Indonesia yang berlimpah ini sayangnya masih belum diikuti oleh penyediaan infrastruktur yang baik. Untuk kegiatan produksi sumber energi ini infrastruktur pendukungnya relatif masih sangat kurang. Padahal teknologi produksinya sudah bisa dikembangkan sendiri dan tidak tergantung dengan negara luar. Tidak seperti bahan bakar minyak dan gas alam, biaya investasi dan biaya operasionalnya juga terbilang cukup murah. Penggunaan sumber energi baru dan terbarukan ini juga tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Sumber energi ini tidak menimbulkan polusi dan efek rumah kaca yang tidak baik bagi lingkungan. Penggunaan energi hubungannya dengan parameter pertimbangan pemilihannya ditampilkan pada Tabel 5.

Kesimpulan

Audit energi perlu dilakukan untuk setiap produksi sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi melalui aplikasi opsi penghematan. Dalam implementasi audit energi diperlukan komitmen dari manajemen puncak dengan aplikasi sistem manajemen energi yang konsisten dan berkesinambungan. Nilai intensitas energi pada pengolahan karet belum efektif sehingga perlu dilakukan penghematan energi dengan cara penghematan energi pada peralatan utama pengguna energi, penghematan energi pada peralatan utilitas, dan penerapan sistem manajemen energi. Konversi bahan bakar minyak (BBM) kepada penggunaan sumber energi yang terbarukan dan ramah lingkungan pada pengolahan karet (karet remah) dapat dilakukan dalam rangka penghematan energi. Konversi ini dapat berupa bahan bakar gas (BBG) yang bersumber dari biomassa (limbah) atau bahan bakar cair seperti bioetanol atau biofuel.

Tabel 5. Hubungan jenis energi dan parameter pilihan sumber energi

Parameter		Jenis Energi						
		BBM	LNG	LPG	Batubara	Biofuel biosolar	Biogas	Biomassa
Ketersediaan	Volume	terbatas	cukup	cukup	terbatas	potensial	potensial	berlimpah
	Infrastruktur	baik	baik	baik	baik	kurang	kurang	Kurang
Teknologi	Kehandalan	baik	baik	baik	baik	baik	cukup	baik
	Kemandirian	dependen	dependen	dependen	mandiri	mandiri	mandiri	Mandiri
Finansial	Investasi	mahal	mahal	mahal	sedang	murah	murah	murah
	Biaya Operasi	mahal	mahal	mahal	sedang	murah	murah	Murah
Lingkungan	Polusi	polutif	bebas	bebas	polutif	bebas	bebas	bebas
	Efek rumah kaca	negatif	reduksi	reduksi	negatif	reduksi	reduksi	reduksi

Daftar Pustaka

- Adiprama, T.R. dan Ciptomulyono, U. (2012). Audit energi dengan pendekatan metode MCDM PROMETHEE untuk konservasi serta efisiensi listrik di rumah sakit haji Surabaya. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), 1-6.
- Anindhita, A.S., Sidik Boedoyo, M.S., dan Adiarso. (2014). *Outlook energy Indonesia 2014 : Pengembangan energi untuk mendukung program substitusi BBM*. Jakarta : Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Ayuni, M. (2012). Kebijakan konservasi energi. *Workshop Efisiensi Energi di Sektor Industri Kecil dan Menengah (IKM)*, Jakarta, Maret 2012.
- Dahlan, M.H. (2008). Konversi biomassa menjadi bio oil sebagai sumber energi. *Prosiding Seminar Nasional AVOER Fakultas Teknik Universita Sriwijaya*. Palembang, Mei 2008.
- Ediati, R. dan Jajang. (2010). Mathematical model of smoking time temperature effect on ribbed smoke sheet quality. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 4(21), 644-648.
- Ekphon, A., Ninchuewong, T., Tirawanichakul, S., and Tirawanichakul, Y. (2013). Drying model, shrinkage and energy consumption evolution of air dried sheet rubber drying system for small enterprise. *Advanced materials research*, 622-623, 1135-1139.
- Fukushima, N. (2002). *Technologies to improve energy efficiency and energy management methods in factories*. Tokyo : Energy Conservation Center Japan (ECCJ).
- Hardi, S. dan Yaman. (2013). Peredaman harmonisa dan pebaikan faktor daya aplikasi beban rumah tangga. *Jurnal Litek*, 10(1), 35-42.
- Juniah, R. (2008). Alternatif pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam skema clean development mechanism : Suatu Kajian Pustaka. *Prosiding Seminar Nasional AVOER Fakultas Teknik Universita Sriwijaya*. Palembang, Mei 2008.
- Kementerian Perindustrian. (2011). *Pedoman teknis audit energi dalam implementasi konservasi energi dan pengurangan emisi CO₂ di sektor industri (Fase 1)*. Jakarta : Kementerian Perindustrian.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). *Kajian Indonesia energi outlook*. Jakarta : Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi Thailand. (2007). *Project on studying of energy efficiency index in rubber industry*. Departemen Pengembangan Energi Alternatif dan Efisiensi. Bangkok : Kementerian Energi Thailand.
- Law, C.L., dan Mujumdar, A.S. (2009). Energy issue in industrial drying. *Proceeding Sriwijaya International Seminar on Science and Technology (SISSET 2009)*. *The National Strategic Prime Research (New & Renewable Energy Development)*. Palembang, 2009.
- Marzuki, A. dan Rusman. (2012). Audit energi pada bangunan direksi PT Perkebunan Nusantara XIII (Persero). *Vokasi*, 8(3), 186-196.
- Maulina, S. (2009). Eco-efficiency indicators in latex concentrate processing : Energy intensity. *Proceeding Sriwijaya International Seminar on Energy Science and Technology SISSET 2009*. Palembang, 2009.
- Mulyadi, Y., Rizki, A., dan Sumarto. (2013). Analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi penggunaan energi di gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia. *Electrans*, 12(1), 81-88.
- Palaloi, S. (2005). Audit energi sistem kelistrikan di pabrik gula. *Jurnal ilmiah Purbaningrum*, S. P. (2014). Audit energi dan analisis peluang penghematan konsumsi energi listrik pada rumah tangga. *Media Mesin*, 15(1), 26-33.
- Priyanto, U. (2000). Development and prospect of biofuel in Indonesia. *Proceedings. Sriwijaya international seminar on energy science and technology (SISEST)*. Palembang, 2000.
- Raharjo, B. A., Wibawa, U., dan Suyono, H. (2014). Studi analisis konsumsi dan penghematan energi di PT. Kreet Baru I. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 1(1), 1-6.

- Utomo, T.P., Hasanudin, U., and Suroso, E. (2010). Comparative study of low and high-grade crumb rubber processing energy. *Proceedings of the world congress on engineering 2010*, vol III, London, June – July 2010.
- Save Energy. (2012, Maret 12). 2 kategori indikator energi. Diakses dari <http://saveenergy-info.blogspot.com>
- Suwardin, D. (2011). Pemanfaatan limbah perkebunan karet dan pabrik karet remah sebagai sumber bioenergi. *Warta Perkaretan*, 30(2), 88-94.
- Vachlepi, A dan Suwardin, D. (2014). Pengeringan karet remah berbasis sumber energi biomassa. *Warta Perkaretan*, 33(2), 103-112.
- Vidian, F dan Fikri. (2008). Pemanfaatan tempurung kelapa sawit menjadi bahan bakar gas melalui teknologi gasifikasi. *Prosiding Seminar Nasional AVOER Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*, Palembang, Mei 2008.
- Werapun, W., Pianroj, Y., Jumrat, S., and Kongchana, P. (2014). Drying kinetics of natural rubber sheets by using a hybrid solar-electric dryer with force convection. *The Journal of Industrial Technology*, 10(3), 85-95.