

ANALISIS BEBAN KERJA PADA PROSES PRODUKSI *CRUDE PALM OIL* (CPO) DI PABRIK MINYAK SAWIT DENGAN KAPASITAS 50 TON TBS/JAM

WORKLOAD ANALYSIS ON *CRUDE PALM OIL* (CPO) PRODUCTION PROCESS AT PALM OIL MILL WITH A CAPACITY OF 50 TONES FFB/HOUR

M. Atta Bary^{1)*}, M. Faiz Syuaib²⁾, dan Muchlis Rachmat³⁾

¹⁾Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kampus Sei Keledang
Jl. Sam Ratulangi Kotak Pos 192, Samarinda, Kalimantan Timur
E-mail: attabary@gmail.com

²⁾Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³⁾Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman Samarinda

ABSTRACT

The processing of fresh fruit bunch (FFB) into crude palm oil (CPO) is basically an oil extraction process which takes place in processing stations, which are loading ramp, sterilizer, thresher, screw press, clarifying and kernel plant, boiler, and engine room. FFB processing activities in a palm oil mill with a capacity of 50 tones FFB/hour for 24 hours a day. A relatively heavy work, noisy work environment, and hot temperature could result in a risk of exhaustion, work accident, and lost productivity. Analysis of workload through direct heart rate measurement of the operator when performing work on the station can provide the actual workload condition. Heart rate measurement began with the step test calibration to determine the characteristics of the heart rate of each operator and followed by measuring subject's heart rate when performing work on each processing station. Workload level indicator (qualitative) was presented in the terms of Increase Ratio of Heart Rate (IRHR), while the rate of energy consumption (quantitative workload) was presented in the terms of Total Energy Cost (TEC) kcal per minute. The result showed that the level of workload in general was "light" to "moderate" with the Increase Ratio of Heart Rate (IRHR) value of 1.15 to 1.74. The highest workload level occurred at boiler station with IRHR value of 1.74. The average level of energy consumed (human labor) was 1.58 to 3.30 kcal/min.

Keywords: palm oil mill, workload, processing of fresh fruit bunches

ABSTRAK

Pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan proses ekstraksi minyak yang dilakukan di Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PKS). Tahapan proses di PKS dibagi dalam stasiun pengolahan yaitu *loading ramp*, *sterilizer*, *thresher*, *screw press*, klarifikasi, pabrik biji, serta stasiun penyuplai energi yaitu ketel uap dan ruang mesin. Kegiatan pengolahan TBS di PKS berkapasitas 50 ton TBS/jam berlangsung selama 24 jam per hari. Pekerjaan relatif berat, kondisi lingkungan kerja yang bising, suhu panas dapat mengakibatkan resiko kelelahan ataupun kecelakaan kerja dan penurunan produktivitas kerja. Analisis beban kerja melalui metode pengukuran denyut jantung secara langsung pada operator saat melakukan pekerjaan dapat menggambarkan kondisi beban kerja yang sebenarnya terjadi. Analisis denyut jantung dilakukan untuk mengetahui tingkat beban kerja yang dialami operator secara kualitatif dan kuantitatif. Indikator tingkat beban kerja (kualitatif) menggunakan istilah *Increase Ratio of Heart Rate* (IRHR). Laju konsumsi energi (beban kerja kuantitatif) menggunakan istilah *Total Energi Cost* (TEC) dalam satuan kkal per menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat beban kerja secara umum adalah "ringan" sampai dengan "sedang" dengan nilai IRHR antara 1,15 sampai 1,74. Tingkat beban kerja tertinggi terjadi pada stasiun ketel uap dengan IRHR 1,74. Tingkat konsumsi energi (tenaga kerja manusia) adalah 1,58 sampai 3,30 kkal/menit.

Kata kunci: pabrik minyak sawit, beban kerja, pengolahan tandan buah segar

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit menghasilkan Tandan Buah Sawit (TBS) yang mengandung minyak sawit 25% dan inti sawit 7% (Naibaho, 1998). Minyak kelapa sawit di dalam tandan saat proses pengolahan mudah mengalami perubahan kimia dan fisika sehingga perlu segera diolah. Tandan harus mendapat perlakuan fisika dan mekanik di dalam pabrik sehingga diperoleh minyak

dan inti. Oleh sebab itu pengembangan perkebunan sawit selalu diiringi dengan pembangunan pabrik.

Industri *Crude Palm Oil* (CPO) telah berkembang dengan pesat, pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (PKS) merupakan proses ekstraksi minyak dari tandan buah segar, dimana banyak diperlukan tenaga kerja. Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PKS) dengan kapasitas 30 ton TBS/jam memerlukan sekitar 158 orang tenaga (Siregar, 2005). Menurut GAPKI (2009) jumlah

PKS yang terdata di tahun 2009 ada sekitar 470 PKS dengan jumlah pekerja sebesar 63.450 orang yang tersebar di seluruh Indonesia dan ini merupakan salah satu sektor yang banyak menyerap tenaga kerja dan untuk selanjutnya pabrik-pabrik pengolahan ini akan terus bertambah seiring dengan pertambahan areal perkebunan kelapa sawit.

Tahapan proses ekstraksi minyak sawit adalah sterilisasi (perebusan), pemisahan buah dari tandan yang telah direbus (perontokan), pelumatan buah, pengeluaran minyak dan pemisahan inti sawit (pengempaan) dan pemurnian minyak (klarifikasi). Tandan buah dikumpulkan dalam jumlah besar sebelum diolah di pabrik. Pengolahan TBS dalam kapasitas besar ini berdampak pada penggunaan alat mesin dengan kapasitas yang besar pula dan operasional alat mesin pengolahan masih dikendalikan oleh operator.

Alat mesin yang terdapat di pabrik dikelompokkan pada stasiun-stasiun kerja yakni stasiun *loading ramp*, *sterilizer*, *thresher*, *screw press*, klarifikasi, pabrik biji, ketel uap dan ruang mesin. Operator yang mengendalikan alat mesin dibagi dalam kelompok kerja berdasarkan stasiun kerja yang ada. Stasiun-stasiun pengolahan di pabrik memerlukan energi untuk menjalankan mesin. Energi yang dibutuhkan mesin berupa *steam* (uap panas) dan listrik. Mesin-mesin yang memerlukan *steam* saat proses pengolahan CPO adalah turbin uap di ruang mesin, bejana sterilisasi di stasiun *sterilizer*, *digester* di stasiun *screw press* dan *continuous settling tank* di stasiun klarifikasi. Tahapan proses pengolahan yang memerlukan tingkat suhu tertentu dan tekanan saat kerja adalah suhu dan tekanan saat perebusan buah, suhu saat pelumatan buah, tekanan saat pengempaan, suhu saat pemisahan (klarifikasi), suhu saat pengeringan minyak serta pengeringan biji dan inti biji. Umumnya mesin-mesin pada unit proses tersebut beroperasi dalam keadaan ekstrim yakni berada pada suhu dan tekanan tinggi (Siregar, 2005).

Suhu udara dan kelembaban lingkungan kerja sangat berpengaruh pada efektivitas pekerjaan. Menurut Eastman (1986) kenyamanan tubuh dapat ditentukan dari proses perpindahan panas dari tubuh ke lingkungan atau sebaliknya. Panas yang ditimbulkan oleh tubuh melalui proses metabolisme tubuh dan kerja otot akan ditransfer ke lingkungan melalui proses konveksi, radiasi dan evaporasi. Proses konduksi dapat dilakukan melalui kontak antara tubuh dengan permukaan benda panas atau dingin. Ketidaknyamanan (*discomfort*) dapat ditimbulkan oleh respon fisiologis tubuh terhadap suhu dan kelembaban udara yang berada di luar *comfort zone*. Derajat ketidaknyamanan tersebut antara lain dapat diketahui dengan mengukur *skin surface temperature* (suhu permukaan kulit), *sweating rate* (laju pengeluaran keringat) dan *cardiovascular* (denyut jantung). Tingkat ketidaknyamanan yang disebabkan panas akan naik

jika salah satu atau beberapa diantara parameter tadi mengalami kenaikan sehingga mengakibatkan *heat discomfort* atau *heat stress*. Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal seseorang berdasarkan SNI 03-6572-2001 adalah suhu udara kering, kelembaban udara relatif, pergerakan udara (kecepatan udara), radiasi permukaan yang panas, pakaian yang dipakai dan aktivitas orang.

Dampak lain dari penggunaan mesin-mesin berkapasitas besar di pabrik adalah kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas mesin-mesin pengolahan, bising saat pembuangan *steam* oleh *back pressure vessel* di ruang mesin dan saat pembuangan *steam* bekas perebusan di stasiun sterilizer. Kebisingan merupakan terjadinya bunyi yang tidak dikehendaki termasuk bunyi yang tidak beraturan dan bunyi yang dikeluarkan oleh transportasi dan industri, sehingga dalam jangka waktu yang panjang akan dapat mengganggu dan membahayakan konsentrasi kerja, merusak pendengaran (kesehatan) dan mengurangi efektivitas kerja (Wilson, 1989). Kebisingan dapat menimbulkan pengaruh negatif pada tenaga kerja berupa gangguan-gangguan diantaranya gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi, gangguan keseimbangan dan efek pada pendengaran. Pengendalian kebisingan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu pengendalian secara teknis (*engineering control*), pengendalian administratif (*administrative control*) dan pemakaian alat pelindung diri (Sanders dan McCormick, 1993).

Pabrik pengolahan minyak sawit merupakan sistem kerja yang dinamis sehingga memiliki hubungan erat antara teknologi sebagai mesin dan manusia sebagai tenaga kerja. Pabrik Minyak Sawit dengan kapasitas pengolahan sebesar 50 ton TBS/jam memiliki jam operasional selama 24 jam, sehingga diberlakukan pembagian *shift* kerja bagi operator yang bekerja di pabrik.

Pembagian *shift* kerja akan mempengaruhi kondisi fisiologis tubuh manusia di mana pada siang hari siap untuk beraktivitas dan pada malam untuk beristirahat. Esquirol *et al.* (2011) melakukan analisis terhadap beberapa hasil penelitian 10 tahun terakhir tentang *shift* kerja dan faktor-faktor resiko *cardiovaskular*, menyimpulkan bahwa *shift* kerja memiliki dampak pada faktor-faktor resiko *cardiovaskular* seperti gangguan ritme sirkadian, gangguan tidur, perubahan perilaku (gangguan diet, konsumsi alkohol, merokok) dan tekanan pekerjaan. Pengaruh *shift* kerja pada sebuah industri perlu mendapatkan perhatian serius oleh pihak manajemen maupun pekerja itu sendiri (Tamagawa *et al.*, 2007; Mitchell *et al.*, 2008).

Kondisi kerja di lingkungan PKS secara ergonomi perlu penelitian lebih lanjut karena tingkat kebisingan di atas ambang batas (85 dBA), suhu lingkungan kerja di beberapa titik mencapai 35 sampai 45°C. Kondisi kerja ini akan mempengaruhi tingkat kejerihan operator, apalagi mereka harus

bekerja dalam waktu yang cukup lama yakni lebih dari delapan jam per hari.

Faktor manusia pada industri pengolahan minyak kelapa sawit memiliki pengaruh terhadap produktivitas kerja. Pengolahan minyak kelapa sawit di pabrik melibatkan banyak tenaga kerja untuk mengendalikan alat dan mesin pengolahan. Beban kerja yang berpengaruh bagi pekerja pada tempat kerjanya merupakan kondisi beban kerja dalam kajian sistem antara manusia dan mesin (Kroemer dan Grandjean, 1997).

Menurut Syuaib (2003) fisiologi kerja adalah satu bagian disiplin ilmu ergonomika yang mengkaji tentang kondisi fisiologi yang disebabkan tekanan eksternal saat melakukan suatu aktivitas kerja. Kajian fisiologi kerja sangat terkait dengan beberapa indikator metabolik, yaitu: (1) *cardiovascular* (denyut jantung); (2) *respiratory* (pernafasan); (3) *body temperature* (suhu tubuh); dan (4) *muscular act* (aktivitas otot).

Kerja dalam ilmu ergonomika diartikan sebagai suatu aktivitas fisik untuk menghasilkan sesuatu. Manusia menggunakan otot hampir untuk seluruh jenis pekerjaan. Otot manusia memerlukan energi untuk melakukan kerja fisik. Menurut Astrand dan Rodahl (1977), konsumsi oksigen akan meningkat secara linier sesuai dengan beban kerja yang dialami. Hal ini menunjukkan bahwa semakin berat beban kerja yang dialami maka akan semakin meningkat penyerapan oksigen. Energi yang diperlukan otot untuk melakukan kerja berasal dari proses oksidasi glukosa yang terjadi di dalam tubuh.

Konsumsi oksigen secara langsung berkaitan dengan pengeluaran energi tetapi pengukurannya cukup sulit dalam situasi kerja nyata. Pengukuran konsumsi energi lebih sering dihitung melalui pengukuran denyut jantung karena lebih mudah dilakukan. Menurut Bridger (2003) denyut jantung meningkat sesuai fungsi dari beban kerja dan konsumsi oksigen. Pengukuran kapasitas umum (*general capacity*) tubuh untuk menyesuaikan diri terhadap pekerjaan berat dan pulihnya tubuh kembali dari tugas tersebut dilakukan dengan metode tes langkah dari Brouha atau *harvard step test* (Brouha, 1943)

Pengukuran energi fisik manusia yang dikonsumsi untuk kerja berguna untuk mengetahui kapasitas aerobik tubuh (Pennathur *et al.*, 2005), mengetahui ketahanan dan daya tahan otot (Demura dan Nakada, 2010) dan hasil pengukurannya dimanfaatkan untuk pemilihan teknik penanganan secara manual (Singh, 2011).

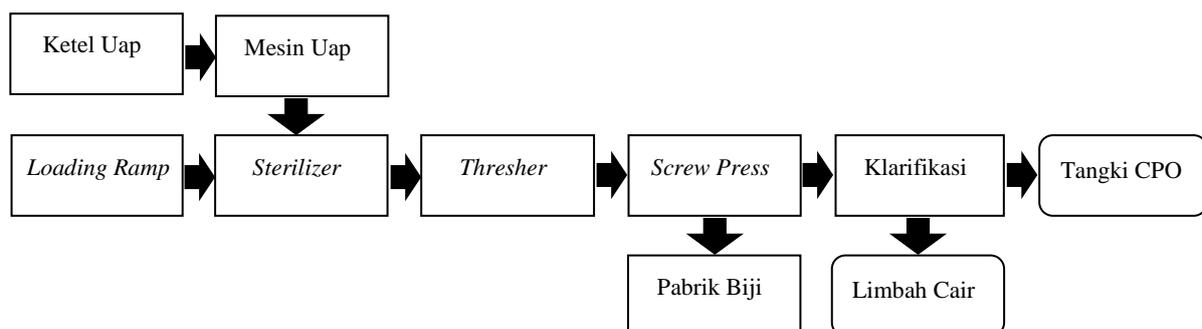
Kajian tentang beban kerja yang berhubungan dengan pengukuran beban kerja atau fisiologi kerja pada industri pertanian terus dikembangkan dan diaplikasikan, diantaranya pada penggunaan traktor tipe *ride-on* (Syuaib *et al.*, 2003), penggunaan *power tiller* (Tiwari dan Gite, 2006) dan pemanenan padi (Singh, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui korelasi relatif antara peningkatan denyut jantung terhadap peningkatan beban kerja melalui metode kalibrasi *step test*, dan menganalisis tingkat beban kerja yang dialami operator pada stasiun pengolahan minyak kelapa sawit di pabrik pengolahan minyak sawit dengan kapasitas 50 ton TBS/jam.

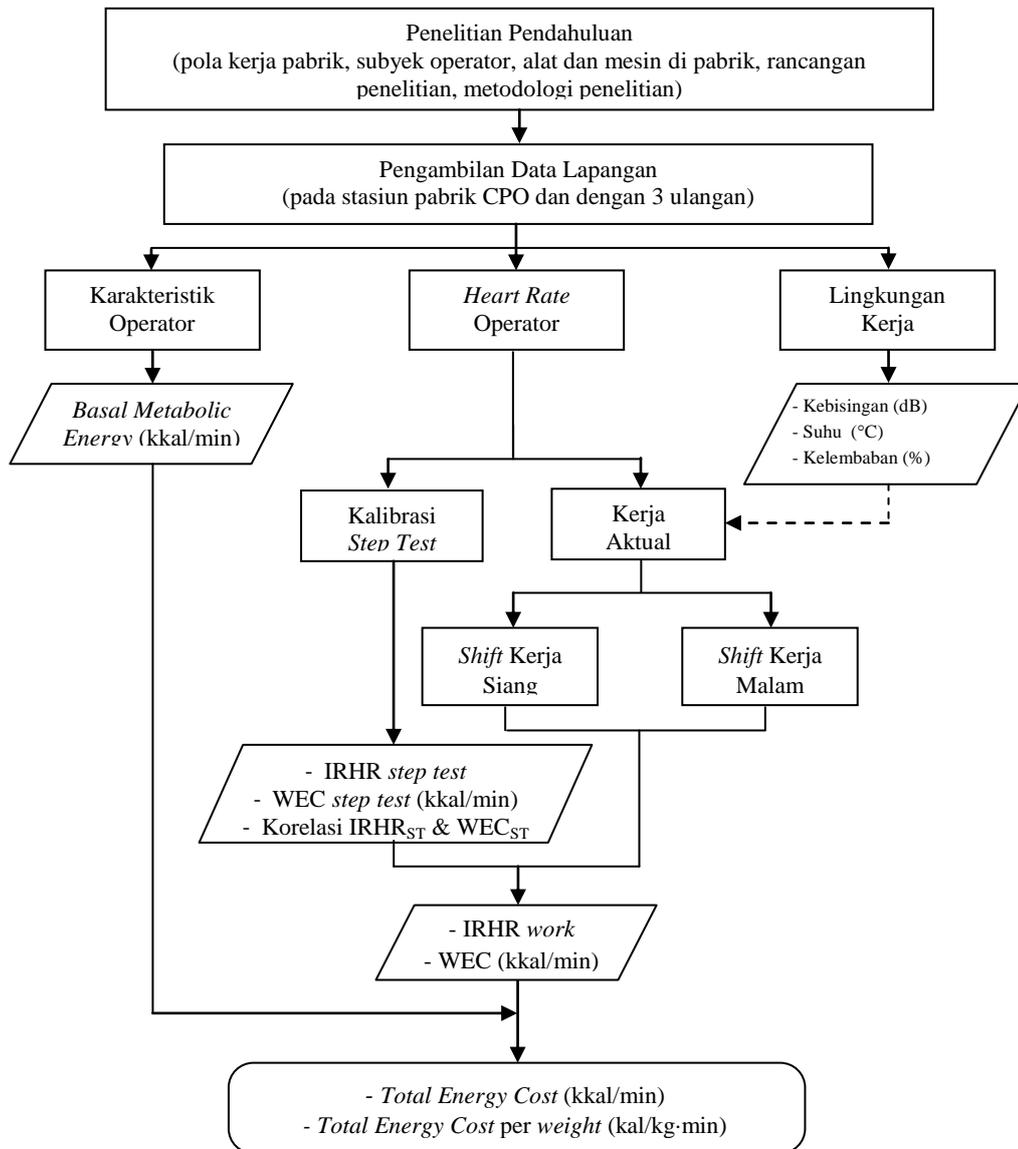
BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada pabrik minyak sawit dengan kapasitas 50 ton TBS/jam di Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur. Kegiatan penelitian difokuskan pada stasiun pengolahan di pabrik yakni stasiun *loading ramp*, *sterilizer*, *thresher*, *screw press*, klarifikasi, pabrik biji, ketel uap dan ruang mesin (Gambar 1). Pengukuran beban kerja melibatkan 18 orang operator pada masing-masing stasiun pengolahan. Alat-alat yang digunakan untuk mengukur kondisi kerja operator dan lingkungan kerja adalah *Heart Rate Monitor Polar RS400*, timbangan badan, meteran, *stopwatch*, *digital metronome*, bangku *step test* 30 cm, *sound level meter*, *thermohygrometer*, dan *digital camera*.

Penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu penelitian pendahuluan, pengambilan data lapangan serta pengolahan dan analisis data. Skema penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema proses produksi minyak kelapa sawit berdasarkan stasiun kerja



Gambar 2. Diagram alir penelitian di pabrik minyak sawit

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah studi awal lapangan dan studi pustaka. Dari penelitian pendahuluan didapatkan kondisi dan karakteristik kerja di pabrik sebagai berikut :

1. PKS Semuntai berdiri sejak tahun 1987 dengan kapasitas 50 ton TBS/jam.
2. Pabrik mengolah TBS yang berasal dari kebun inti, plasma dan pihak ketiga,
3. Jam kerja pabrik adalah 24 jam yang terbagi menjadi 2 *shift* kerja, dengan pola jam kerja adalah 11 jam untuk siang hari dan 13 jam untuk malam hari.
4. Pembagian kerja dibagi dalam 2 kelompok kerja yaitu kelompok kerja PKS I dan kelompok kerja PKS II, masing-masing akan bekerja pada *shift* kerja siang dan malam.
5. Setiap pekan diadakan pertukaran *shift* kerja untuk masing-masing kelompok kerja antara PKS I dan PKS II (Gambar 3). Berdasarkan pola

pembagian *shift* kerja tidak diisyaratkan adanya jadwal khusus untuk waktu istirahat sepanjang pekan kerja.

Pengambilan Data

Pengukuran Beban Kerja

Pengukuran beban kerja diawali dengan mengukur dimensi tubuh subyek operator meliputi umur (tahun), tinggi badan (cm) dan berat badan (kg) serta jenis kelamin. Berdasarkan data dimensi tubuh tersebut diketahui luas permukaan tubuh dan energi basal (*basal metabolic energy*) masing-masing subyek operator. Selanjutnya dilakukan pengukuran beban kerja dengan mengukur denyut jantung operator menggunakan *Heart Rate Monitor* (HRM). Alat ini diprogram secara otomatis sehingga mampu merekam denyut jantung subyek operator setiap 5 detik untuk mengetahui tingkat beban kerja yang dialami operator.

Senin – Sabtu	Minggu	Senin-Sabtu
PKS I Durasi <i>shift</i> kerja (07.00 – 18.00)	PKS I Durasi <i>shift</i> kerja (07.00 – 15.00)	PKS II Durasi <i>shift</i> kerja (07.00 – 18.00)
	PKS II Durasi <i>shift</i> kerja (15.00 – 23.00)	
PKS II Durasi <i>shift</i> kerja (18.00 – 07.00)	PKS I Durasi <i>shift</i> kerja (23.00 – 07.00)	PKS I Durasi <i>shift</i> kerja (18.00 – 07.00)

Gambar 3. Pembagian *shift* kerja 2 pola dan pertukaran *shift* setiap pekan di hari Minggu

Work Energi Cost (WEC) adalah nilai energi atau usaha yang harus dikeluarkan melalui proses metabolisme oleh seseorang untuk merespon suatu beban kerja yang diterima. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai WEC adalah dengan mengetahui tingkat perubahan (peningkatan) denyut jantung, karena korelasi antara peningkatan laju denyut jantung terhadap peningkatan beban kerja adalah *linear* (Syuaib, 2003).

Metode *step test*, adalah salah satu metode yang lazim digunakan untuk menghasilkan atau mengetahui korelasi antara *Increase Ratio of Heart Rate* (IRHR) terhadap perubahan WEC untuk masing-masing subyek operator (Herodian, 1995 dan Syuaib *et al.*, 2007). Kalibrasi *step test* dilakukan sebelum pengukuran denyut jantung saat bekerja terhadap masing-masing subyek operator. Metode kalibrasi *step test* dilakukan dengan cara melangkah naik turun bangku *step test* setinggi 30 cm dengan irama kecepatan langkah diatur dengan alat *digital metronome*. Ritme kecepatan langkah yang diukur yaitu 60, 80, 100 dan 120 *beats per minute* (bpm). Setiap tingkatan ritme dilakukan dengan durasi 5 menit yang kemudian diselingi istirahat selama 5 menit. Rata-rata hasil pengukuran denyut jantung dan tenaga yang digunakan saat melakukan *step test* dipetakan dalam bentuk grafik untuk mencari persamaan hubungan antara denyut jantung dan tenaga.

Pengambilan data operator meliputi data *step test* dan data pengukuran denyut jantung saat operator bekerja. Jenis pekerjaan yang dilakukan operator adalah aktivitas kerja yang berkaitan langsung dengan proses pengolahan CPO dan target pengolahan di masing-masing stasiun.

Untuk menghindari subjektivitas nilai denyut jantung (*heart rate*, HR) yang umumnya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor personal, psikologis dan lingkungan, maka perhitungan nilai HR harus dinormalisasikan agar diperoleh nilai HR yang objektif (Syuaib, 2003). Normalisasi nilai denyut jantung dilakukan dengan cara perbandingan HR relatif saat kerja terhadap HR saat istirahat. Nilai perbandingan HR tersebut dinamakan IRHR. Perbandingan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$IRHR = HR_{work} / HR_{rest} \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

- HR *work* = denyut jantung saat melakukan pekerjaan (bpm)
- HR *rest* = denyut jantung saat istirahat (bpm)

Nilai IRHR selanjutnya dapat digunakan sebagai nilai indeks tingkat kelelahan (kejerihan) kualitatif, di mana semakin tinggi nilai IRHR maka akan mengindikasikan tingkat kejerihan yang semakin tinggi dirasakan oleh seseorang (Syuaib *et al.*, 2002).

Work Energy Cost Step Test (WEC_{ST}) manusia dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2:

$$WEC_{ST} = 2 \cdot f \cdot w \cdot g \cdot h / 4,2 \cdot 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

di mana :

- WEC_{ST} = *Work Energy Cost* saat *step test* (kkal/menit)
- f = frekuensi *step test* (per menit)
- w = berat badan (kg)
- g = percepatan gravitasi (9,8 m/detik)
- h = tinggi bangku *step test* (meter)
- 4,2 faktor kalibrasi satuan dari Joule menjadi kalori

Selanjutnya korelasi antara WEC_{ST} dengan IRHR dipetakan dalam grafik sehingga diperoleh persamaan dengan bentuk umum untuk seorang operator sebagai berikut:

$$Y = a \cdot X + b \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

- Y = IRHR
- X = WEC_{ST} (kkal/menit)

Basal Metabolic Energy (BME) adalah energi basal yang dikeluarkan manusia setiap menitnya untuk melakukan aktivitas fungsi organ tubuhnya. Nilai BME itu ekuivalen dengan nilai VO₂ (mL/min). Untuk memperoleh nilai VO₂ dapat digunakan nilai konversi yang terdapat pada Tabel 1. Nilai VO₂ dipengaruhi oleh luas permukaan tubuh (A) setiap

manusia dan jenis kelamin. Persamaan Du'Bois digunakan untuk menghitung luas permukaan tubuh, yaitu:

$$A = h^{0,725} \cdot w^{0,425} \cdot 0,007246 \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

- A = luas permukaan tubuh (m²)
- h = tinggi tubuh (cm)
- w = berat tubuh (kg)

Menurut Sanders dan McCormick (1993), secara umum konsumsi 1 liter oksigen ekuivalen dengan konsumsi tenaga sebesar 5 kkal. BME dapat dihitung menggunakan Persamaan 5:

$$BME = VO_2 \cdot e \cdot k / 10^3 \dots\dots\dots (5)$$

di mana:

- BME = Basal Metabolic Energy (kkal/menit)
- VO₂ = konversi nilai VO₂ dari luas permukaan tubuh (ml/min)
- e = konsumsi 1 liter O₂ ekuivalen dengan energi sebesar 5 kkal
- k = jenis kelamin (pria dikalikan 1 dan wanita dikalikan 0,95)

Masing-masing subyek operator akan memiliki bentuk Persamaan (3), digunakan untuk menghitung nilai *work energy cost* (WEC) saat bekerja. Untuk mendapatkan IRHR saat aktivitas kerja maka dilakukan pengukuran denyut jantung saat subyek operator melakukan aktivitas kerja dan denyut jantung saat istirahat. Nilai IRHR yang didapatkan dimasukkan ke dalam persamaan (4) sebagai nilai **Y**, sehingga akan dapat diketahui nilai

X yang merupakan nilai konsumsi energi (WEC) saat melakukan aktivitas kerja.

Total Energy Cost (TEC) merupakan konsumsi energi keseluruhan (total) yang dibutuhkan subyek operator saat melakukan aktivitas kerja. TEC didapatkan dengan menggunakan persamaan 6:

$$TEC = BME + WEC \dots\dots\dots (6)$$

di mana:

- TEC = Total Energy Cost (kkal/menit)
- BME = Basal Metabolic Energy (kkal/menit)
- WEC = Work Energy Cost (kkal/menit)

Karena berat badan seseorang pada dasarnya juga menjadi beban kerja maka dinormalisasikan dengan cara menghilangkan pengaruh berat badan, sehingga diperoleh nilai beban kerja aktual yang berlaku untuk semua subyek operator. Nilai TEC dinormalisasikan menjadi TEC' dengan persamaan 7:

$$TEC' = TEC / w \dots\dots\dots (7)$$

di mana:

- TEC' = Total Energy Cost per Weight (kal/kg-menit)
- TEC = Total Energy Cost (kkal/menit)
- w = bobot tubuh (kg)

Nilai IRHR menggambarkan tingkat beban kerja kualitatif dari aktivitas kerja. Kategori pekerjaan berdasarkan IRHR terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tabel konversi BME ekuivalen dengan VO₂ (mL/min) berdasarkan luas permukaan tubuh (Syaib, 2003)

m ²	1/100										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1,1	136	137	138	140	141	142	143	145	146	147	
1,2	148	150	151	152	153	155	156	157	158	159	
1,3	161	162	162	164	166	167	168	169	171	172	
1,4	173	174	176	177	178	179	181	182	183	184	
1,5	186	187	188	189	190	192	193	194	195	197	
1,6	198	199	200	202	203	204	205	207	208	209	
1,7	210	212	213	215	215	217	218	219	220	221	
1,8	223	224	225	228	228	229	230	231	233	234	
1,9	235	236	238	240	240	241	243	244	245	246	

catatan : untuk perempuan nilai VO₂ harus dikalikan 0,95

Tabel 2. Kategori pekerjaan berdasarkan IRHR (Syaib, 2003)

Kategori	Nilai IRHR
Ringan	1,00 <IRHR< 1,50
Sedang	1,50 <IRHR< 2,00
Berat	2,00 <IRHR< 2,50
Sangat Berat	2,50 <IRHR< 3,00
Luar Biasa Berat	3,00 <IRHR

Pengukuran Kondisi Ambient di Stasiun Pengolahan

Faktor lingkungan kerja (kondisi ambient) yang melewati ambang batas kenyamanan bagi manusia dapat mengakibatkan dampak negatif bagi operator untuk jangka waktu yang lama. Kondisi ambient yang dapat mempengaruhi kondisi fisiologis tubuh manusia adalah kebisingan (*ambient noise*), suhu (*room temperature*) dan kelembaban (*relative humidity*). Pengukuran kondisi *ambient* lingkungan kerja dilakukan saat operator melakukan pekerjaan di stasiun kerjanya.

Kebisingan (*ambient noise*)

Pengukuran kebisingan dilakukan dengan cara mengukur tingkat kebisingan pada stasiun-stasiun pengolahan. Tingkat kebisingan diukur dengan menggunakan *Sound Level Meter* dengan tinggi alat pada saat pengukuran ± 160 cm dari lantai atau setara dengan rata-rata tinggi telinga orang Indonesia.

Suhu (*room temperature*)

Pengukuran suhu dilakukan pada stasiun pengolahan CPO menggunakan alat *thermohygrometer*. Pengukuran dilakukan di beberapa titik pada masing-masing stasiun sehingga kondisi suhu di dalam masing-masing stasiun pengolahan dapat diketahui.

Kelembaban nisbi (*relative humidity*)

Pengukuran kelembaban dilakukan pada stasiun pengolahan minyak sawit. Alat ukur yang digunakan *thermohygrometer*. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik di stasiun pengolahan

sehingga kelembaban relatif pada masing-masing stasiun pengolahan dapat diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Beban Kerja Operator dengan Metode *Step Test*

Pengukuran denyut jantung (*heart rate*, HR) diawali dengan pengukuran dimensi tubuh subyek operator meliputi tinggi badan dan berat badan. Tinggi badan subyek operator berkisar dari 153 sampai 173 cm, dan berat badan berkisar dari 52 sampai 86,5 kg serta jenis kelamin 18 subyek operator adalah laki-laki. Hasil pengukuran dimensi tubuh digunakan untuk menghitung luas permukaan tubuh operator agar dapat diketahui nilai BME dari pendekatan volume oksigen pada tubuh yang diperoleh dari tabel konversi BME ekuivalen VO_2 berdasarkan luas permukaan tubuh. Nilai BME subyek operator berkisar antara 0,97 sampai 1,23 kkal/menit (Tabel 3).

Heart rate monitor (HRM) digunakan untuk mengukur denyut jantung. Pengukuran denyut jantung saat operator melakukan kalibrasi *step test* ditujukan untuk mengetahui hubungan antara peningkatan denyut jantung dengan penambahan beban kerja (kecepatan langkah per menit saat *step test*). Selanjutnya data diolah untuk mendapatkan IRHR saat *step test*. Nilai IRHR didapatkan dari denyut jantung subyek operator saat melakukan *step test* di mana dilakukan perhitungan nilai rata-rata denyut jantung minimal (saat *rest*) yakni saat denyut jantung operator berada pada angka yang cenderung stabil dan HR yang rendah.

Tabel 3. Perhitungan luas permukaan tubuh dan BME operator yang diobservasi

Subyek Operator	Umur (tahun)	Tinggi (cm)	Bobot (kg)	Luas Permukaan Tubuh (m ²)	VO ₂ (L)	BME (kkal/menit)
OP1	51	162	68	1,74	215	1,08
OP2	26	169	67,5	1,79	223	1,12
OP3	51	156	56,5	1,57	194	0,97
OP4	32	161	61,5	1,66	205	1,03
OP5	53	173	67	1,81	224	1,12
OP6	36	167	69,5	1,80	223	1,12
OP7	50	163	76,5	1,84	228	1,14
OP8	48	164	84	1,92	238	1,19
OP9	53	160	59	1,62	200	1,00
OP10	42	158	56,5	1,58	195	0,98
OP11	46	164	52	1,57	194	0,97
OP12	50	163	52	1,56	193	0,97
OP13	38	164	57	1,63	202	1,01
OP14	48	164	84	1,92	238	1,19
OP15	36	172	61	1,74	215	1,08
OP16	54	168	86,5	1,98	245	1,23
OP17	47	160	66	1,70	210	1,05
OP18	45	163	79	1,86	230	1,15

Nilai HR *rest* ini akan digunakan untuk semua perhitungan IRHR *step test* tingkat 1 sampai IRHR *step test* tingkat 4. Selanjutnya dilakukan perhitungan HR saat subyek operator melakukan aktivitas *step test* (naik turun bangku). Selain nilai IRHR *step test*, nilai *Work Energy Cost* saat *step test* (WEC_{ST}) yang merupakan laju konsumsi energi subjek saat melakukan *step test* juga perlu dihitung. Nilai WEC_{ST} dapat dipengaruhi oleh berat badan dari subjek, tinggi bangku *step test*, dan frekuensi *step test*. Kalibrasi pengukuran HR dengan metode *step test* ini menghasilkan 4 data WEC_{ST} untuk masing-masing operator. Hasil pengukuran kalibrasi *step test* berupa peningkatan denyut jantung (IRHR) dan *work energi cost* (WEC) saat *step test* untuk selanjutnya dipetakan pada grafik agar didapatkan persamaan untuk setiap subyek operator. Contoh grafik plot untuk operator 1 (OP1) dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil dari pengukuran denyut jantung seluruh subyek operator saat kalibrasi *step test* menghasilkan korelasi antara IRHR terhadap peningkatan aktivitas fisik. Persamaan korelasi IRHR *step test* terhadap WEC *step test* untuk 18 subyek operator dapat dilihat pada Tabel 4.

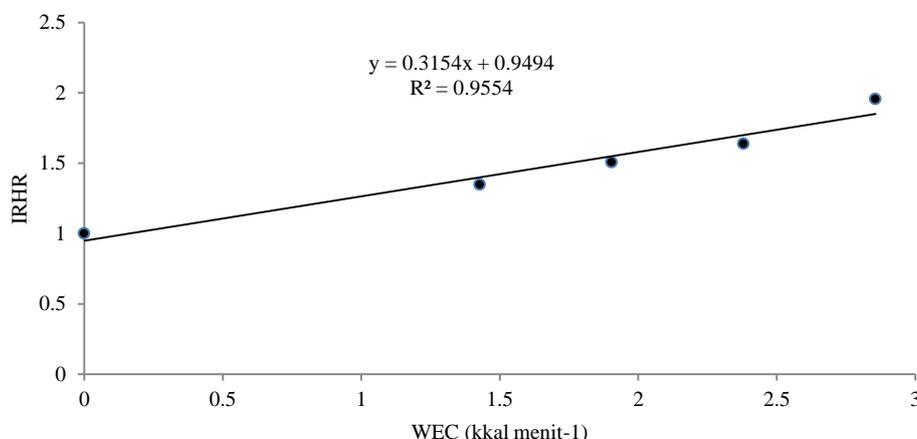
Pengukuran Beban Kerja Operator di Stasiun Pengolahan CPO

Aktivitas kerja yang terjadi pada masing-masing stasiun pengolahan CPO memiliki karakteristik dan tingkat beban kerja yang berbeda-beda. Stasiun *loading ramp* berperan untuk memuat TBS ke dalam lori dan merupakan wadah penimbunan TBS sementara. Kapasitas *loading ramp* umumnya berkisar 20 sampai 30% dari kapasitas olah TBS setiap hari. Stasiun *sterilizer* merupakan stasiun untuk melakukan proses perebusan TBS di dalam bejana *sterilizer* sebelum

dilakukan proses ekstraksi minyak. Untuk pabrik besar umumnya menggunakan *sterilizer* tipe *horizontal* yang memiliki kapasitas antara 15 sampai 30 ton TBS. Stasiun *thresher* merupakan stasiun untuk melakukan pemipilan buah yang telah direbus. Interval pengangkutan buah ke *thresher* dilakukan secara kontinu, yang didasarkan pada kapasitas olah dan kapasitas alat. Stasiun *screw press* merupakan stasiun yang berperan untuk melakukan ekstraksi minyak. Buah yang telah dilunakkan daging buahnya pada *digester* akan dilanjutkan dengan ekstraksi minyak melalui proses pengempaan oleh kempa ulir ganda (*continuous double helical screw*).

Stasiun klarifikasi merupakan stasiun proses pemurnian minyak dari fase lainnya. Minyak yang dihasilkan dari *screw press* perlu segera dimurnikan dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan mutu akibat adanya reaksi hidrolisis dan oksidasi. Pabrik biji merupakan unit proses pengolahan ampas *press* yang dihasilkan *screw press* terdiri dari serat dan biji yang masih mengandung air yang tinggi dan berbentuk gumpalan, sehingga diperlukan alat pemecah ampas (*cake breaker conveyor*) dan mengangkutnya ke kolom *fibre cyclone*. Dari stasiun ini akan menghasilkan inti buah sawit (*kernel*), serat dan cangkang. Ketel uap dan ruang mesin uap merupakan dua stasiun yang berperan dalam suplai energi untuk proses pengolahan CPO di pabrik. bahan bakar untuk ketel uap adalah serat dan cangkang buah sawit.

Hasil pengukuran beban kerja operator saat melakukan pekerjaan di stasiun masing-masing didapatkan bahwa pekerjaan yang dilakukan memiliki karakteristik berbeda-beda. Indeks beban kerja (IRHR) yang dialami subyek operator pada stasiun kerja masing-masing saat *shift* kerja siang hari sebesar 1,15 sampai 1,74, dan IRHR saat *shift* kerja malam sebesar 1,26 sampai 1,65 (Tabel 5).



Gambar 4. Contoh “grafik plot” IRHR terhadap WEC dari hasil kalibrasi *step test* OP1

Tabel 4. Persamaan korelasi “IRHR_{ST}-WEC_{ST}” hasil kalibrasi *step test* untuk masing-masing subyek operator

Subyek Operator	Persamaan (Y = IRHR _{ST} ; X = WEC _{ST})	R ²
OP1	y = 0,315x + 0,949	0,955
OP2	y = 0,240x + 0,968	0,970
OP3	y = 0,361x + 1,009	0,997
OP4	y = 0,415x + 1,015	0,994
OP5	y = 0,331x + 0,974	0,977
OP6	y = 0,268x + 0,955	0,963
OP7	y = 0,263x + 1,067	0,990
OP8	y = 0,341x + 0,931	0,961
OP9	y = 0,482x + 1,000	0,995
OP10	y = 0,494x + 0,995	0,995
OP11	y = 0,421x + 1,023	0,987
OP12	y = 0,288x + 0,995	0,991
OP13	y = 0,323x + 1,019	0,994
OP14	y = 0,341x + 0,931	0,961
OP15	y = 0,286x + 0,972	0,964
OP16	y = 0,316x + 0,943	0,963
OP17	y = 0,385x + 0,996	0,974
OP18	y = 0,330x + 0,980	0,983

Tabel 5. Rata-rata beban kerja dan tingkat kejerihan serta kondisi ambient kerja di masing-masing kondisi kerja yang diobservasi

Stasiun	Shift	IRHR	BME	WEC (kkal/ menit)	TEC (kkal/ menit)	TEC' (kal/kg. menit)	Kondisi Ambient Kerja		
							Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
Loading Ramp	Siang	1,41 ± 0,20	1,05	1,29	2,34	37,12	77,73	33,94	21,19
	Malam	1,44 ± 0,18	1,05	1,45	2,49	39,14	82,30	27,50	56,58
Rata-rata		1,42 ± 0,19	1,05	1,37	2,42	38,13	80,02	30,72	38,88
Sterilizer	Siang	1,36 ± 0,11	1,12	1,30	2,42	35,51	90,98	34,30	22,02
	Malam	1,51 ± 0,16	1,12	1,82	2,93	43,03	96,52	30,18	49,48
Rata-rata		1,44 ± 0,14	1,12	1,56	2,68	39,27	93,75	32,24	35,75
Thresher	Siang	1,21 ± 0,05	1,17	0,68	1,85	23,04	83,55	33,83	31,77
	Malam	1,26 ± 0,09	1,17	0,89	2,05	25,67	85,93	31,27	34,60
Rata-rata		1,23 ± 0,07	1,17	0,79	1,95	24,36	84,74	32,55	33,18
Screw Press	Siang	1,29 ± 0,05	0,99	0,61	1,59	27,58	86,87	31,05	50,10
	Malam	1,28 ± 0,11	0,99	0,58	1,57	27,18	90,32	28,43	61,25
Rata-rata		1,29 ± 0,08	0,99	0,59	1,58	27,38	88,59	29,74	55,68
Klarifikasi	Siang	1,22 ± 0,09	0,97	0,65	1,62	31,18	82,72	33,93	43,05
	Malam	1,31 ± 0,13	0,97	0,85	1,81	34,89	83,62	28,40	71,10
Rata-rata		1,22 ± 0,09	0,97	0,75	1,72	33,03	82,72	33,93	43,05
Pabrik Biji	Siang	1,15 ± 0,03	1,10	0,52	1,62	23,20	92,17	32,15	32,13
	Malam	1,26 ± 0,06	1,10	0,85	1,95	28,18	101,17	28,32	51,92
Rata-rata		1,20 ± 0,05	1,10	0,68	1,78	25,69	96,67	30,23	42,03
Ketel Uap	Siang	1,74 ± 0,17	1,12	2,31	3,43	48,77	83,88	35,69	29,38
	Malam	1,65 ± 0,13	1,12	2,06	3,17	44,98	89,68	32,68	24,00
Rata-rata		1,69 ± 0,15	1,12	2,18	3,30	46,88	86,78	34,18	26,69
Ruang Mesin	Siang	1,33 ± 0,16	1,15	1,07	2,22	28,12	94,90	36,43	18,73
	Malam	1,45 ± 0,20	1,15	1,43	2,58	32,67	108,40	28,80	48,80
Rata-rata		1,39 ± 0,18	1,15	1,25	2,40	30,40	101,65	32,62	33,77

Karakteristik Pekerjaan terhadap IRHR di Stasiun Pengolahan CPO

IRHR rata-rata tertinggi dialami operator pada stasiun ketel uap sebesar 1,69, stasiun *sterilizer* sebesar 1,44 dan nilai IRHR sebesar 1,42 dialami operator stasiun *loading ramp*.

Pekerjaan di stasiun ketel uap banyak melibatkan kerja fisik bagi operator seperti saat membersihkan sisa-sisa pembakaran dari dalam ketel uap aktivitas yang dilakukan adalah mengangkat dan menggerakkan maju mundur tongkat besi sepanjang 2,5 meter, mengontrol suplai air, bahan bakar dan kipas angin menggunakan tombol kontrol. Kegiatan pembersihan ketel uap dilakukan setiap 4 jam sekali. Kegiatan ini dilakukan oleh satu regu kerja yang terdiri dari 4 orang, masing-masing pekerja memiliki tugas dan tanggung jawab yang sama. Laju konsumsi energi total (TEC) rata-rata yang dikeluarkan operator di stasiun ini adalah 3,30 kkal/menit. Nilai IRHR sebesar 1,69 menunjukkan bahwa tingkat beban kerja di stasiun ini termasuk dalam kategori “sedang”.

Jenis pekerjaan di stasiun *sterilizer* sebagian besar melibatkan kerja fisik bagi operator seperti berjalan dengan cepat, membuka dan mengunci pengaman pintu *sterilizer*, membuka dan menutup pintu *sterilizer*, memindahkan kawat sling pada lori serta mengendalikan tuas dan tombol mekanisme keluar masuk *steam*. Kegiatan ini dilakukan oleh satu regu kerja yang terdiri dari 3 orang, masing-masing pekerja memiliki tugas dan tanggung jawab yang sama. Laju konsumsi energi (TEC) rata-rata yang dikeluarkan oleh operator pada stasiun *loading ramp* adalah 2,68 kkal/menit. Nilai IRHR sebesar 1,44 menunjukkan bahwa tingkat beban kerja yang dialami operator di stasiun ini termasuk dalam kategori “ringan”.

Jenis pekerjaan di stasiun *loading ramp* banyak melibatkan kerja fisik bagi operator seperti berjalan dengan cepat, mengangkat dan menarik gancu panjang, memindahkan kawat sling pada lori dan mengendalikan tuas dan tombol mekanisme pergerakan lori. Kegiatan ini dilakukan oleh satu regu kerja yang terdiri dari 6 orang, masing-masing pekerja memiliki tugas dan tanggung jawab yang sama. Laju konsumsi energi (TEC) rata-rata yang dikeluarkan oleh operator pada stasiun *loading ramp* adalah 2,42 kkal/menit. Tingkat beban kerja yang dialami operator di stasiun ini termasuk dalam kategori “ringan” dengan nilai IRHR sebesar 1,42.

Kondisi Ambient Kerja di Stasiun Pengolahan CPO

Kondisi kebisingan tertinggi berada pada ruang mesin di *shift* kerja malam sebesar 108,40 dBA. Stasiun pengolahan yang memiliki suhu tinggi saat siang hari adalah ruang mesin dengan suhu 36,43°C. Kelembaban yang cukup tinggi terjadi di stasiun klarifikasi sebesar 71,10% dan kelembaban terendah terjadi pada ruang mesin sebesar 18,73%.

Kebisingan di ruang mesin berasal dari kerja turbin uap. Sumber energi turbin uap berasal dari *steam* (uap panas) yang dihasilkan ketel uap dengan tekanan 20 kg/cm. Selain itu juga pada ruang mesin ditempatkan *back pressure vessel* (BPV) yang memiliki tugas mengatur kebutuhan *steam* untuk semua stasiun pengolahan. *Steam* yang terdapat di BPV berasal dari sisa *steam* yang dihasilkan oleh turbin dengan tekanan maksimal 3,5 kg/cm, saat terjadi pembuangan *steam* dari BPV akan mengeluarkan bunyi bising di lingkungan pabrik. Suhu ambient di ruang mesin yang tinggi disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh kerja dari turbin uap. Suhu tinggi yang terjadi akan mengakibatkan rendahnya kelembaban relatif yang terjadi di ruang mesin. Kondisi *ambient* yang terjadi di ruang mesin memiliki dampak pada besarnya nilai IRHR di stasiun ini sebesar 1,39 dan TEC rata-rata per hari sebesar 2,40 kkal menit⁻¹.

Kelembaban relatif di stasiun klarifikasi sangat tinggi dibandingkan stasiun lainnya di pabrik. Kondisi ini disebabkan jenis mesin yang bekerja dan proses kerja di stasiun ini. Proses pemurnian CPO bertujuan untuk memisahkan minyak hasil pemerasan dari kotoran dan air. Proses ini memerlukan *steam* dari BPV untuk memanaskan minyak agar tidak terjadi pengentalan minyak. *Steam* yang digunakan untuk proses klarifikasi menimbulkan uap yang mengakibatkan kelembaban tinggi di stasiun ini.

Kebisingan dapat menyebabkan stress, peningkatan sistem kerja jantung dan peredaran darah. Ini juga dapat menyebabkan efek psikologi dan gangguan komunikasi serta penurunan efisiensi tenaga kerja. Melalui mekanisme hormonal yaitu diproduksinya hormon adrenalin, dapat meningkatkan frekuensi detak jantung dan tekanan darah, kondisi ini termasuk gangguan *cardiovaskular* (Umemura *et al.*, 1992).

Operator yang terpapar suara dengan tingkat kebisingan yang sangat tinggi walaupun dalam waktu singkat dapat menyebabkan ketulian yang bersifat sementara, di mana pemulihannya dengan cara pindah ke lingkungan kerja yang normal. Tenaga kerja yang terpapar kebisingan dengan tingkat suara yang tinggi bekerja dalam beberapa tahun, dapat mengakibatkan ketulian yang bersifat tetap (*permanent hearing loss*). Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja, Nomor: KEP-51/MEN/1999 tanggal 16 April 1999 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Fisika di tempat kerja, NAB untuk kebisingan ditetapkan sebesar 85 dBA untuk lama pemajanan 8 jam kerja. Oleh karena itu lingkungan kerja yang melebihi NAB kebisingan tersebut harus mengusahakan pengendalian dan pencegahan terjadinya gangguan pendengaran terhadap para pekerja.

Kebisingan yang terjadi pada stasiun pengolahan CPO dapat dikendalikan dengan penggunaan alat pelindung diri berupa *earplug* yang

mampu mengurangi kebisingan pada telinga pekerja berkisar antara 25 sampai 30 dB. Hal lain yang dapat dilakukan adalah pekerja dapat beristirahat diantara waktu kerja untuk mengembalikan kondisi pendengaran, dengan cara mencari tempat yang lebih tenang dan jauh dari sumber kebisingan untuk sementara waktu hingga kondisi tubuh pekerja kembali nyaman untuk bekerja.

Untuk stasiun lainnya yakni *loading ramp*, *thresher* dan klarifikasi masih berada di bawah batas maksimum kebisingan yang di izinkan, sehingga pada 3 stasiun ini pekerja dapat bekerja normal selama 8 jam tanpa alat bantu keamanan (*earplug*) untuk mereduksi kebisingan.

Pengaruh suhu dan kelembaban lingkungan kerja sangat berkaitan dengan efektivitas pekerjaan. Bekerja pada lingkungan yang terlalu panas dan lembab dapat menurunkan kemampuan fisik tubuh serta dapat menyebabkan kelelahan yang datang terlalu dini. Tingkat kelembaban udara yang terdapat pada lingkungan kerja akan mempengaruhi tingkat penyerapan atau pelepasan panas tubuh seseorang melalui proses evaporasi pada permukaan kulit. Pada kondisi suhu udara dan dinding yang tinggi, tingkat hilangnya panas (*heat loss*) tubuh melalui cara konveksi dan radiasi adalah sangat rendah. Pada kondisi ini *heat loss* terjadi melalui proses evaporasi. Jika kelembaban udara tinggi, evaporasi tidak dapat berlangsung sehingga dapat mengakibatkan naiknya suhu tubuh. Ketika tubuh manusia berada pada kondisi lingkungan dengan suhu udara tinggi maka tubuh akan berusaha memindahkan panas ke kulit yang mendorong peningkatan jumlah darah untuk dibawa ke otot, kondisi ini akan meningkatkan respon sistem *cardiovaskular*. Hal ini terlihat dari aktivitas jantung yang memompa darah lebih cepat sehingga terjadi peningkatan denyut jantung. Peningkatan rata-rata ini bervariasi, pada orang dengan kondisi fisik baik terjadi peningkatan denyut jantung yang kecil. Peningkatan rata-rata denyut jantung berkisar antara 180 sampai 200 kali/menit yang merupakan nilai maksimal untuk usia dewasa (Chen *et al.*, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Aktivitas pekerjaan di pabrik minyak sawit tergolong dalam beban kerja “ringan” sampai “sedang”; dengan kisaran nilai IRHR antara 1,15 sampai 1,74. Beban kerja tertinggi terdapat di stasiun ketel uap dengan IRHR sebesar 1,74. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat kejerihan tertinggi dialami operator pada stasiun ketel uap.

Laju konsumsi energi total (*Total Energi Cost*, TEC) rata-rata per hari yang dikeluarkan oleh operator di stasiun pengolahan CPO berkisar antara 1,58 kkal/menit sampai 3,30 kkal/menit. Nilai TEC terbesar terdapat pada stasiun ketel uap dengan TEC sebesar 3,04 kkal/menit. Hal ini menunjukkan bahwa

konsumsi energi (manusia) pada stasiun ketel uap lebih besar dibandingkan stasiun pengolahan lainnya.

Kondisi ambient yang terjadi di ruang mesin memiliki dampak pada besarnya nilai IRHR di stasiun ini sebesar 1,39 dengan laju konsumsi energi total rata-rata per hari sebesar 2,40 kkal/menit.

Saran

Pekerjaan di semua stasiun pengolahan yang terdapat di PKS dengan kapasitas 50 ton TBS/jam berada dalam kondisi lingkungan kerja yang terpapar suhu yang cukup tinggi dan kebisingan yang melewati ambang batas dan kondisi ini berlangsung cukup lama pada saat kerja. Disarankan untuk mengatur waktu istirahat bagi operator bila bekerja selama 2 jam dan menggunakan alat pelindung diri seperti *ear plug* (sumbat telinga) atau *ear muff* (tutup telinga) untuk mereduksi kebisingan yang diterima operator saat kerja. Pembagian kerja perlu mendapatkan perhatian serius oleh pihak manajemen pabrik, hal ini berkaitan dengan kondisi di lingkungan kerja pabrik yang berada di atas nilai ambang batas.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand PO dan Rodahl K. 1977. *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Bridger RS. 2003. *Introduction to Ergonomics*. London: Taylor & Francis.
- Brouha L. 1943. The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. *Res. Quarterly* 14:31-36.
- Chen ML, Chen CJ, Yeh WY, Huang JW, Mao IF. 2003. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *AIHA J.* 64 (3):352-359.
- Demura S dan Nakada M. 2010. Muscle endurance measurement using a progressive workload and a constant workload by maximal voluntary contraction. *Electron Health* 2 (11): 1255-1259.
- Eastman K. 1986. *Ergonomic Design for People at Work: Volume 2*. London: John Wiley & Sons.
- Esquirol Y, Perret B, Ruidavets JB, Marquie JC, Dienne E, Niezboral M, Ferrieres J. 2011. Shift work and cardiovascular risk factors: New knowledge from the past decade. *Arch Cardiovasc Dis.* 104: 636—668.
- [GAPKI] Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. 2009. Membangun Indonesia dengan Kelapa Sawit. Jakarta: GAPKI.
- Herodian S. 1995. Study of farm work technology of rice production in Indonesia and Japan – A workload analysis approach. [Disertasi].

- Japan: Tokyo University of Agriculture and Technology.
- Kroemer KHE dan Grandjean E. 1997. *Fitting The Task to The Human*. 5th ed. London: Taylor and Francis.
- Naibaho PM. 1998. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Mitchell DL, Gallagher TV, dan Thomas RE. 2008. The human factors of implementing shift work in logging operations. *J Agric Saf Health* 14 (4): 391-404
- Pennathur A, Lopes A, dan Contreras LR. 2005. Aerobic capacity of young Mexican American adults. *Int J Ind Ergon* 35: 91-103
- Sanders MS dan McCormick EJ. 1993. *Human Factors in Engineering and Design*. 6th ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Singh S. 2011. Assesment of physiological workload related to selected manual material handling tasks. *The Anthropologist: Int J Contemp Appl Stud Man* 13 (4): 293-298
- Singh SP. 2012. Physiological workload of farm women while evaluating sickles for paddy harvesting. *Agric Eng Int: CIGR J*. 14 (1): 82-88.
- Siregar IM. 2005. Manajemen pabrik minyak sawit. Di dalam Mangoensoekarjo S, Semangun H (ed.). *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Syuaib MF. 2003. Ergonomic study on the proces of mastering tractor operation. [Disertasi]. Japan: Tokyo University of Agriculture and Technology.
- Syuaib MF, Moriizumi S, Shimizu H, Ishizuki K. 2003. Ergonomic evaluation of ride-on tractor operation between beginner and skillful operator. *Jpn Soc Farm Work Res*. 38 (3): 143-153.
- Syuaib MF, Moriizumi S, dan Shimizu H. 2007. Ergonomic study on the process of mastering reversible plow operation using ride-on tractor. *Jpn J Farm Work Res*. 42 (2): 91-103.
- Tamagawa R, Lobb B, dan Booth R. 2007. Tolerance of shift work. *Appl Ergon*. 38: 635-642.
- Tiwari PS dan Gite LP. 2006. Evaluation of work-rest schedules during operation of a rotary power tiller. *Int J Ind Ergon* 36: 203-210.
- Umemura M, Honda K, dan Kikuchi Y. 1992. Influence of noise on heart rate and quantity of work in mental work. *Ann Physiol Anthropol*. 11 (5): 523-532.
- Wilson CE. 1989. *Noise Control: Measurement, Analysis and Control of Sound and Vibration*. New York: Harper & Row Publisher, Inc.