

ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR MESIN PEMOTONG BATU BESAR (SIRKEL 160 CM) DENGAN MENGGUNAKAN METODE 10 DENYUT

Andriyanto¹ dan Choirul Bariyah²

Abstrak: PT. PAH merupakan sebuah industri pemotongan batu magma (magma stone) yang terletak di jalan Magelang Km. 15 Yogyakarta. Di perusahaan pemotongan batu ini terdapat 3 ukuran pemotongan yaitu sirkel besar (diameter 160 cm), sirkel sedang (diameter 60 - 90 cm) dan sirkel kecil (diameter 30 - 50 cm). Penelitian ini khususnya pada pemotongan batu besar, dimana terdapat keluhan kelelahan operator yang terdiri dari operator utama dan operator pembantu. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik operator pemotong batu besar (sirkel 160) dengan metode 10 denyut. Dalam penelitian ini ditentukan lama waktu istirahat yang dibutuhkan operator utama maupun pembantu. Selanjutnya dilakukan implementasi waktu istirahat tersebut dan dilakukan pengukuran kembali untuk mengetahui penurunan denyut nadi kerja operator. Penerapan waktu istirahat tersebut membawa penurunan DNK operator masuk kategori ringan dan % CVL masuk kategori tidak terjadi kelelahan.

Kata Kunci : *beban kerja, denyut nadi, DNK, %CVL.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT. PAH merupakan industri yang bergerak dalam pemotongan batu magma (magma stone) yang berlokasi di Jl. Magelang km 15, Sleman Yogyakarta. Dalam proses pemotongan batu magma tersebut terdapat penggolongan berdasarkan ukuran batu yang hendak dipotong, yaitu batu sirkel ukuran besar (diameter 160 cm), ukuran sedang (diameter 60-90 cm) dan ukuran kecil (diameter 30-50 cm). Proses pemotongan batu besar merupakan pemotongan awal yang dilakukan pada bongkahan batu besar untuk dipotong sesuai ukuran yang dibutuhkan untuk dapat diproses pada tahap pemotongan selanjutnya. Dalam proses pemotongannya membutuhkan waktu yang cukup lama sekitar 15 menit untuk proses pemotongan satu bongkahan batu dari proses pengangkutan batu ke mesin pemotong sampai proses pengangkutan batu hasil pemotongan.

Operator mesin pemotong batu besar terdiri dari 2 orang operator yaitu, operator 1 sebagai operator utama dan operator 2 sebagai operator pembantu. Dalam proses pemotongan batu besar operator 1 bertugas melakukan pemotongan batu. Namun, selain itu operator 1 juga bertugas melakukan pengangkutan batu baik sebelum pemotongan maupun setelah pemotongan dan pengaturan posisi batu yang akan dipotong dalam proses pemotongan batu. Sedangkan operator 2 bertugas membantu tugas operator 1. Jarak pengangkutan bokahan batu ke mesin pemotong

¹ Jurusan Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Umbul Harjo, Yogyakarta 55164

² Jurusan Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Umbul Harjo, Yogyakarta 55164
E-mail : choir_yusuf@yahoo.com

sekitar 2 meter sedangkan jarak pengangkutan batu hasil pemotongan ke tempat penumpukan batu sekitar 10 meter. Dalam melakukan proses pemotongan batu operator harus melakukannya dengan posisi yang berubah-ubah kadang berdiri dan kadang duduk. Selain itu, proses pemotongannya pun membutuhkan waktu yang relatif lama sekitar 15 menit dikarenakan benda kerjanya yang besar (bokahan batu) dan masih menggunakan sistem yang bersifat manual dalam melakukan proses pengangkutan batu dan proses pengaturan posisi bokahan batu yang akan dipotong.

Kondisi kerja tersebut terlihat membutuhkan energi yang banyak untuk melakukan pekerjaan ini. Apalagi pekerjaan ini dilakukan secara terus-menerus tanpa adanya waktu istirahat yang cukup bagi operator selama jam kerja. Operator melakukan istirahat dengan cara mencuri waktu istirahat selama bekerja sebesar 3 menit setiap jamnya. Hal ini dapat memungkinkan timbulnya beban kerja yang tinggi sehingga dapat menimbulkan kelelahan bagi tubuh yang dapat menyebabkan tingkat performansi kinerja operator mesin pemotong tersebut dapat menurun. Kebisingan yang diakibatkan oleh proses pemotongannya mencapai 112,1 dBA sehingga menimbulkan suara bising yang tak terkendali. Gambar 1 menunjukkan aktifitas operator saat pengangkutan dan pemasangan batu sirkel 60 cm pada mesin pemotong.



Gambar 1. Posisi kerja operator, (a) pengangkutan batu (b) pengaturan posisi batu

LANDASAN TEORI

Beban kerja fisik

Kerja fisik adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya (*power*). Kerja fisik disebut juga '*manual operation*' dimana performans kerja sepenuhnya akan tergantung pada manusia yang berfungsi sebagai sumber tenaga (*power*) ataupun pengendali kerja. Kerja fisik juga dapat dikonotasikan dengan kerja berat atau kerja kasar karena kegiatan tersebut memerlukan usaha fisik manusia yang kuat selama periode kerja berlangsung. Dalam kerja fisik konsumsi energi merupakan faktor utama yang dijadikan tolak ukur penentu berat atau ringannya suatu pekerjaan.

Dengan bertambah kompleksnya aktiivitas otot, maka beberapa hal yang patut dijadikan pokok bahasan dan analisa terhadap manifestasi kerja berat tersebut antara lain adalah :

1. Denyut jantung (*heart rate*)
2. Tekanan darah (*blood pressure*)
3. *Cardiac output*
4. Komposisi kimia darah (kandungan asam laktat)

5. Temperatur tubuh (*body temperature*)
6. Kecepatan berkeringat (*sweating rate*)
7. Konsumsi oksigen

Kerja fisik akan mengakibatkan pengeluaran energi yang berhubungan dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada saat kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung yaitu dengan pengukuran kecepatan denyut jantung atau konsumsi oksigen.

Pengukuran beban kerja fisik merupakan pengukuran beban kerja yang dilakukan secara obyektif dimana sumber data yang diolah merupakan data-data kuantitatif, misalnya:

1. **Denyut jantung atau denyut nadi.** Denyut jantung atau denyut nadi digunakan untuk mengukur beban kerja dinamis seseorang sebagai manifestasi dari gerakan otot. Semakin besar aktifitas otot maka akan semakin besar fluktuasi dari gerakan denyut jantung yang ada, demikian pula sebaliknya. Menurut Grandjean (1998) dan Suyasning (1981), beban kerja dapat diukur dengan denyut nadi kerja. Selain itu, denyut nadi juga dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi fisik atau derajat kesegaran jasmani seseorang. Denyut jantung (yang diukur per menit) dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan seseorang. Cara lain yang dapat dilakukan untuk merekam denyut jantung seseorang pada saat kerja yakni dengan menggunakan *electromyography* (EMG) .
2. **Konsumsi oksigen.** Oksigen yang dikonsumsi oleh seseorang dipengaruhi oleh intensitas pekerjaan yang dilakukan. Secara khusus, konsumsi oksigen dapat dibandingkan dengan kapasitas kerja fisik (*physical work capacity – PWC*). Menurut Astrand dan Rodahl (1986), PWC menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dapat dikonsumsi oleh seseorang pada setiap menitnya. persentase PWC yang tinggi pada suatu pekerjaan tertentu akan mengindikasikan beban fisik atau kelelahan yang dialami.

Pengukuran Denyut Nadi Kerja

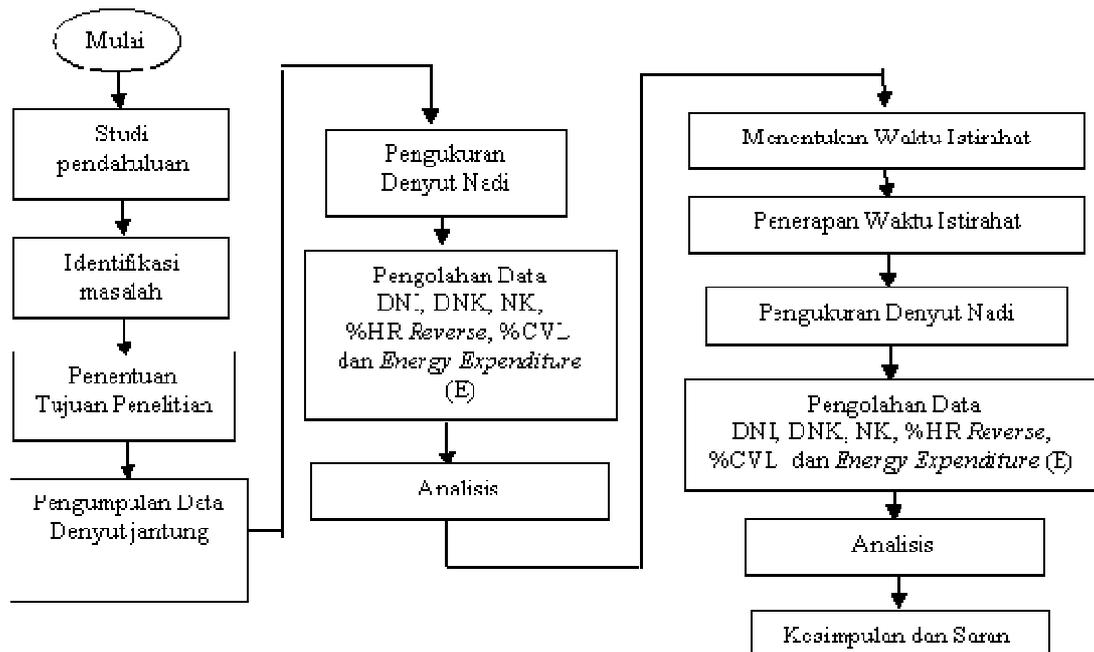
Pengukuran denyut nadi adalah merupakan suatu cara untuk mengetahui beban kerja. Hal ini dapat dilakukan dengan cara, merasakan denyut yang ada pada arteri radial pada pergelangan tangan. Selain itu, pengukuran denyut nadi selama bekerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan menggunakan rangsangan *ElectroCardio Graph (ECG)*. Apabila peralatan tersebut tidak tersedia, maka dapat dicatat secara manual memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut (Kilbon, 1992). Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut.

$$\text{Denyut nadi(nadi/menit)} = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60 \quad \dots (1)$$

METODOLOGI

Obyek Penelitian

Penelitian ini mengambil obyek mesin bor duduk yang digunakan untuk proses pengamplasan profil lengkung di industri kerajinan kayu Abu Production, Pleret, Yogyakarta. Flowchart pemecahan masalah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Pemecahan Masalah

DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan khusus pada bagian pemotongan batu ukuran besar yakni dengan diameter 160 cm. Pengumpulan data diawali dengan melakukan pengukuran waktu 10 denyut nadi operator baik saat istirahat maupun bekerja. Data denyut nadi tersebut dikumpulkan dari semua operator pemotong batu sirkel 160 cm, baik operator utama (2 orang) serta operator pembantu (2 orang). Pengukuran denyut nadi kerja dilakukan pada masing-masing operator sejumlah 6 kali selama 3 hari kerja, yaitu pada jam-jam berikut ini (tabel 1):

1. Pengukuran DNK ke-1 pada pukul 09.00 WIB
2. Pengukuran DNK ke-2 pada pukul 10.00 WIB
3. Pengukuran DNK ke-3 pada pukul 11.00 WIB
4. Pengukuran DNK ke-4 pada pukul 14.00 WIB
5. Pengukuran DNK ke-5 pada pukul 15.00 WIB

Tabel 1. Hasil pengukuran DNK operator utama

Nama Operator	Umur (tahun)	Hari Kerja	10 Denyut NI (detik)	10 Denyut NK (detik)				
				1	2	3	4	5
Muryanto	42	Hari 1	7,43	6,92	6,53	5,10	4,47	3,60
		Hari 2	7,50	6,87	6,48	5,36	4,20	3,42
		Hari 3	7,35	6,90	6,51	5,25	4,52	3,43
Budiono	39	Hari 1	7,41	6,88	6,50	5,42	4,41	3,34
		Hari 2	7,46	6,96	6,65	5,31	4,35	3,56
		Hari 3	7,40	6,85	6,47	5,35	4,48	3,39

Hasil dari data waktu 10 denyut nadi pekerja kemudian dimasukkan kedalam persamaan 10 Denyut (metode 10 denyut) sehingga diperoleh denyut nadi pekerja setiap denyut per menit (*Denyut/Menit*). Perhitungan Denyut Nadi Istirahat hari

pertama dengan menggunakan metode 10 denyut untuk operator utama 1 (Wuryanto) adalah DNI (detik) = 7.43

$$\text{Denyut nadi} \left(\frac{\text{nadi}}{\text{menit}} \right) = \frac{10 \text{ denyut}}{7,43} \times 60 = 80,75$$

Hasil rekap perhitungan jumlah Denyut Nadi operator utama pada kondisi awal ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Denyut Nadi Operator Utama Pada Kondisi Awal (dalam denyut/menit)

Nama Operator	Hari Kerja	DNI	DNK	DNK Maks	NK
Muryanto	Hari 1	80,75	119,43	178	38,67
	Hari 2	80,00	122,03	178	42,03
	Hari 3	81,63	120,22	178	38,58
Budiono	Hari 1	80,97	121,18	181	40,21
	Hari 2	80,43	119,18	181	38,75
	Hari 3	81,08	120,68	181	39,60
Rerata		80,81	120,45	179,5	39,64
Keterangan: DNK Mak : Denyut Nadi Maksimal, 220 – Umur (pria); 200 – Umur (wanita) NK : Nadi Kerja (DNK – DNI) Misalnya, Untuk Muryanto DN Mak : 220 - 42 = 178 NK : 119,43 – 80.75 = 38.67					

Perhitungan %HR Reverse, Cardiovasculair strain (% CVL) dan konsumsi energi (*Energy expenditure*) sebagai berikut :

a. Perhitungan %HR Reverse

HR Reverse (*Heart Rate Reverse*) adalah peningkatan yang potensial dalam denyut nadi dari istirahat sampai kerja maksimum.

$$\%HR \text{ Reverse} = \frac{DNK - DNI}{DN \text{ max} - DNI} \times 100 \quad \dots (2)$$

b. Perhitungan Cardiovasculair strain (% CVL)

Cardiovasculair strain adalah suatu estimasi untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum.

$$\%CVL = \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN \text{ max} - DNI} \quad \dots (3)$$

c. Konsumsi Energi

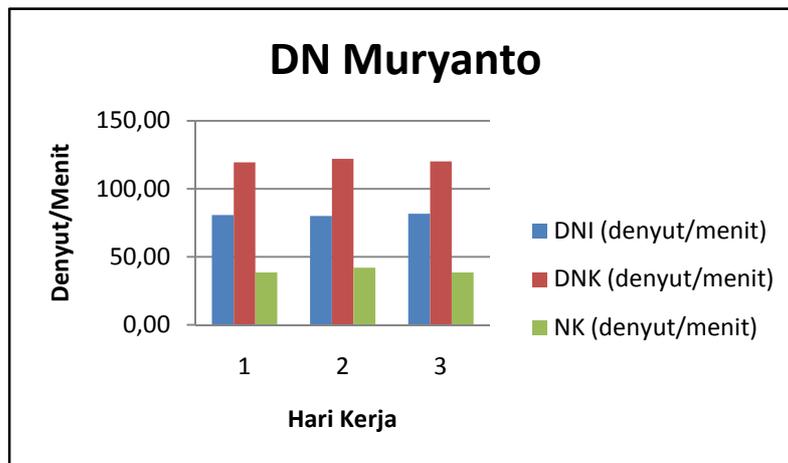
Dalam penentuan konsumsi energi biasanya digunakan suatu bentuk hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung yaitu sebuah persamaan regresi kuadratis sebagai berikut:

$$(Y) = 1.80411 - 0.0229038 X + 4.71733 \times 10^{-4} X^2 \quad \dots (4)$$

Dari hasil perhitungan dengan Metode 10 Denyut berupa rekapitulasi penilaian beban kerja fisik terhadap operator utama dan operator pembantu mesin pemotong batu besar (Sirkel 160 cm), seperti yang disajikan pada tabel 3. Sedangkan grafik denyut nadi operator utama mesin pemotong batu besar (Sirkel 160 cm), dapat dilihat pada gambar 3.

Tabel 3. Hasil Penilaian Metode 10 Denyut Operator Pada Kondisi Awal

No	Keterangan	Operator Utama	Operator Pembantu
1	Rerata DNI (<i>denyut/menit</i>)	80.81	81.28
2	Rerata DNK (<i>denyut/menit</i>)	120.45	115.25
3	Rerata DN Mak (<i>denyut/menit</i>)	179.50	182.5
4	Rerata DN (<i>denyut/menit</i>)	39.64	33.96
5	HR Reverse (%)	40.16	33.56
6	CVL (%)	40.16	33.56
7	Energy Expenditure <i>Kkal/min</i>	5.889	5.430



Gambar 3. Grafik Denyut Nadi Operator Utama 1 pada kondisi awal

Penentuan Waktu Istirahat Menggunakan Metode Pendekatan Fisiologis

1. Untuk Operator utama Mesin Pemotong Batu Besar (Sirkel 160 cm)

$X = 120.45$ (Kecepatan Denyut Nadi Kerja (*Denyut/Menit*))

$$(W) = 1.80411 - 0.0229038 X + 4.71733 \times 10^{-4} X^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.80411 - 0.0229038 (120.45) + 4.71733 \times 10^{-4} (120.45)^2 \\
 &= 1.80411 - 2.7588 + 4.71733 \times 1.4508 \\
 &= 5.889 \text{ Kkal/min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{T(W - S)}{W - 1.5} (\text{menit}) \\
 &= \frac{60(5.889 - 5.0)}{5.889 - 1.5} (\text{menit}) = 12.2 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Waktu istirahat sebesar 12.2 menit diperlukan untuk istirahat ketika operator bekerja dengan mengkonsumsi energi rata-rata sebesar 5.889 Kkal/menit yang berlangsung selama 1 jam secara terus menerus.

2. Untuk Operator Pembantu mesin pemotong Batu Besar (Sirkel 160 cm)

$X = 115.25$ (Kecepatan Denyut Nadi Kerja (*Denyut/Menit*))

$$(Y) = 1.80411 - 0.0229038 X^2 + 4.71733 \times 10^{-4} X^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.80411 - 0.0229038 (115.25) + 4.71733 \times 10^{-4} (115.25)^2 \\
 &= 1.80411 - 2.6397 + 4.71733 \times 1.3283 \\
 &= 5.430 \text{ Kkal/min}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{T(W - S)}{W - 1.5} (\text{menit})$$

$$R = \frac{60(5.430 - 5.0)}{5.430 - 1.5} (\text{menit})$$

$$R = 6.56 \text{ menit}$$

Waktu istirahat sebesar 6.56 menit diperlukan untuk istirahat ketika operator bekerja dengan mengkonsumsi energi rata-rata sebesar 5.430 Kkal/menit yang berlangsung selama 1 jam secara terus menerus.

Penerapan waktu istirahat

Pemberian waktu istirahat diberikan selama 3 hari pada waktu jam kerja tertentu. Yaitu, 1 jam sebelum waktu pengukuran denyut nadi dengan metode 10 denyut. Pengukuran dilakukan pada jam 10 dan jam 11 pagi serta jam 2 dan jam 3 siang. Jadi jika pengukuran dilakukan jam 10 pagi maka pemberian waktu istirahat diberikan pada jam 9 pagi dan demikian seterusnya. Tabel 4 menunjukkan data waktu 10 denyut nadi operator utama setelah penerapan waktu istirahat. Sementara tabel 5 menunjukkan hasil rekapitulasi perhitungan denyut nadi kerja dan denyut nadi istirahat untuk 2 orang operator utama.

Tabel 4 Data Waktu Pengukuran Denyut Nadi Operator Utama Setelah Penerapan Waktu Istirahat

No	Nama Operator	Umur (tahun)	Hari Kerja	10 denyut NI (detik)	10 Denyut NK (detik)				
					1	2	3	4	5
1	Muryanto	42	Hari 1	7,45	7,20	6,87	6,30	5,78	4,59
			Hari 2	7,54	7,16	6,68	6,23	5,85	4,67
			Hari 3	7,62	7,27	6,75	6,27	5,83	4,71
2	Budiono	39	Hari 1	7,44	7,10	6,89	6,34	5,56	4,68
			Hari 2	7,35	7,05	6,90	6,11	5,72	4,56
			Hari 3	7,67	7,32	6,80	6,29	5,68	4,78

Tabel 5. Rekapitulasi Data Denyut Nadi Operator Utama Setelah Penerapan Waktu Istirahat (denyut per menit)

Nama Operator	Umur (tahun)	Hari Kerja	DNI	DNK	DNK Maks	NK
Muryanto	42	Hari 1	80,54	100,09	178	19,55
		Hari 2	79,58	99,14	178	19,56
		Hari 3	78,74	98,95	178	20,21
Budiono	39	Hari 1	80,65	100,47	181	19,82
		Hari 2	81,63	100,24	181	18,61
		Hari 3	78,23	99,35	181	21,12
Rerata			79,89	99,71	179,5	19,81

Dari hasil perhitungan dengan Metode 10 Denyut dapat dibuat tabel rekapitulasi penilaian beban kerja fisik terhadap operator utama dan operator pembantu mesin pemotong batu besar (Sirkel 160 cm) seperti yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Penilaian Metode 10 Denyut Operator Pada Kondisi setelah penerapan waktu istirahat

No	Keterangan	Operator Utama	Operator Pembantu
1	Rerata DNI (<i>denyut/menit</i>)	79.89	79.20
2	Rerata DNK (<i>denyut/menit</i>)	99.71	97.20
3	Rerata DN Mak (<i>denyut/menit</i>)	179.50	182.50
4	Rerata DN (<i>denyut/menit</i>)	19.81	18.00
5	HR Reverse (%)	19.89	17.43
6	CVL (%)	19.89	17.43
7	Energy Expenditure <i>Kkal/min</i>	4.210	4.035

KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan waktu istirahat sebesar 12,2 menit pada operator utama membawa penurunan DNK dari 120.45 denyut/menit, masuk dalam kategori sedang, menjadi 99.71 denyut/menit, masuk kategori ringan. Sedangkan % CVL dari 40.16%, masuk dalam kategori diperlukan perbaikan menjadi sebesar 19.89%, masuk kategori tidak terjadi kelelahan.

Penerapan waktu istirahat untuk operator pembantu sebesar 6,56 menit menurunkan DNK operator pembantu sebesar 115.25 denyut/menit, masuk dalam kategori sedang menjadi sebesar 97.20 denyut/menit, masuk kategori ringan. Sedangkan %CVL sebesar 33.56%, masuk dalam kategori diperlukan perbaikan menjadi 17.43% masuk kategori tidak terjadi kelelahan.

Penurunan ini menunjukkan bahwa dengan pemberian waktu istirahat sejenak secara periodik, operator senantiasa melakukan pekerjaannya dalam kondisi kelelahan yang lebih rendah karena sudah mengalami masa pemulihan meski hanya sejenak.

Daftar Pustaka

- Buchari. 2007. *Manajemen Kesehatan Kerja dan Alat Pelindung Diri*. USU Repository
Laboratorium Analisis Perancangan Kerja & Ergonomi. 2009. *Modul Biomekanika*.
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- McCormick, S. 1992. *Human Factors in Engineering and Design*. Mc Graw-Hill, New York.
USA.
- Nurmianto, E. 1996. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Edisi Pertama Guna Widya.
Surabaya.
- Tarwaka, Bakri, S.H.A. dan Sudiajeng, L. 2004. *Ergonomi Untuk Kesehatan dan
Keselamatan Kerja dan Produktivitas*. UNIBA Press, Surakarta
- Wardono, D., dan Hermawati, S. 2004. *Aplikasi Pengukuran Beban Kerja Fisiologi, Beban
Kerja Mental Dan Skala Tipe Circadian Dalam Menganalisa Kerja Shift Operator
Bagian Pick Up End Product Di Departemen Cutting Line (Studi Kasus PT Muliaglass
Float Division)*. Jurnal Mesin Dan Industri Edisi 1 Volume 3, Universitas Gajah Mada
Yogyakarta
- Widodo, S. 2008. *Penentuan Lama Waktu Istirahat Berdasarkan Beban Kerja Dengan
Menggunakan Pendekatan Fisiologi (Studi Kasus Di PT Minyak Kayu Putih Krai)*.
Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Wignosoebroto, S. 2003. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. edisi pertama. cetakan ketiga.
Guna Widya, Surabaya