

PENILAIAN DAN ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DENGAN METODE *CARDIOVASCULAR LOAD (CVL)* DAN *WORKLOAD ANALYSIS (WLA)* PADA DIVISI PERMESINAN DAN DIVISI PENGELASAN INSTALASI INDUSTRI LOGAM SEMARANG

Alfian Roja Sulthon Fatah*, Manik Mahachandra

^{1,2} Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Kota Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

*Performansi pekerja tentu sangat dipengaruhi oleh beban kerja yang dibebankan kepada pekerja. Namun, terkadang perusahaan hanya menuntut performansi yang baik dan sesuai standar kepada pekerja tanpa memperhatikan beban kerja yang diberikan. Setelah dilakukan pengamatan lebih lanjut, diketahui bahwa divisi permesinan dan divisi pengelasan pada Instalasi Industri Logam Semarang mempunyai beban kerja antar divisi yang tidak merata. Lalu, juga terlihat ketidakseimbangan beban kerja yang dibebankan antar pekerjanya baik pada divisi permesinan dan pengelasan. Ketidakmerataan dan ketidakeimbangan ini dapat dilihat dari porsi kerja dari bagian yang satu dengan bagian lainnya di satu divisi yang sama. Oleh karena itu, dalam mengetahui informasi mengenai pengalokasian sumber daya pekerja dalam menyelesaikan tugas serta beban kerja yang dibebankan dilakukan analisis beban kerja dengan menggunakan metode *Workload Analysis (WLA)* sehingga dapat diketahui tingkat persentase beban kerja dari setiap job yang diberikan. Pada divisi permesinan dan pengelasan Instalasi Industri Logam Semarang, beban kerja yang dilakukan dapat dikategorikan sebagai beban kerja fisik karena lebih banyak atau dominan dalam menggunakan kebutuhan otot dan energi fisik dari pekerja. Dalam menghitung beban kerja fisik dapat dilakukan dengan metode *Cardiovascular Load (CVL)* dengan menghitung denyut nadi pekerja sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan.*

Keywords: Beban kerja, Beban kerja fisik, *Workload Analysis (WLA)*, *Cardiovascular Load (CVL)*

Abstract

*Worker performance is strongly influenced by the workload assigned to workers. However, sometimes companies only demand good performance and according to standards for workers without paying attention to the workload given. After further observation, it was found that the machining division and welding division at the Semarang Metal Industry Installation had uneven workloads between divisions. Then, there is also an imbalance in the workload charged between workers in both the machining and welding divisions. This unevenness and imbalance can be seen from the portion of work from one division to another in the same division. Therefore, in knowing information about the allocation of worker resources in completing tasks and the workload charged, a workload analysis is carried out using the *Workload Analysis (WLA)* method so that the percentage level of workload of each job given can be known. In the machining and welding division of the Semarang Metal Industry Installation, the workload performed can be categorized as physical workload because it is more or dominant in using the muscle and physical energy needs of workers. In calculating the physical workload, it can be done with the *Cardiovascular Load (CVL)* method by calculating the pulse rate of workers before and after doing work.*

Keywords: workload, physical workload, *Workload Analysis (WLA)*, *Cardiovascular Load (CVL)*

1. Pendahuluan

Tubuh manusia dirancang untuk dapat melakukan aktivitas dalam pekerjaan sehari-hari. Adanya massa otot yang bobotnya hampir lebih dari separuh berat tubuh, memungkinkan kita untuk dapat menggerakkan tubuh dan melakukan pekerjaan. Pekerja merupakan salah satu elemen yang paling penting dalam keberjalanannya suatu proses kerja

dan dapat menentukan performansi suatu perusahaan. Pada saat ini hampir di semua pekerjaan, pekerja akan selalu dituntut untuk mempertahankan dan meningkatkan performansi kerjanya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Performansi pekerja tentu sangat dipengaruhi oleh beban kerja yang dibebankan

kepada pekerja. Namun, terkadang perusahaan hanya menuntut performansi yang baik dan sesuai standar kepada pekerja tanpa memperhatikan beban kerja yang diberikan.

Balai Industri Logam dan Kayu (BILK) adalah sebuah balai untuk pelayanan dan promosi yang dibangun dalam mendukung pengembangan industri kecil untuk di bawah naungan Dinas Perindustrian dan Perdagangan. Balai Industri Logam dan Kayu memiliki enam instalasi yang tersebar di daerah Jawa Tengah, diantaranya Instalasi Logam Semarang, Instalasi Komponen Otomotif Tegal, Instalasi Kayu Jepara, Instalasi Logam Kuningan Pati, Instalasi Komponen Otomotif Purbalingga, Instalasi Kayu Sukoharjo. Instalasi Industri Logam Semarang didirikan pada tahun 1983 di Jl. Industri Raya Barat I No. 1 Semarang. Terdapat beberapa jenis pelayanan yang diberikan oleh Instalasi Industri Logam Semarang ini, diantaranya adalah bubut, pengelasan, frais, scraf, potong dan tekuk plat serta masih terdapat beberapa pelayanan lainnya. Pada instalasi ini terdapat 2 divisi utama dalam melaksanakan pelayanan teknis yang dibutuhkan. Divisi pertama adalah divisi permesinan yang menyediakan pelayanan berupa pembubutan, milling, scraf, CNC, dan sebagainya dengan 7 orang pekerja yang menangani mesin-mesin kerja secara spesifik. Lalu, divisi kedua adalah divisi pengelasan yang menyediakan pelayanan berupa pengelasan, potong dan tekuk plat, pressing, dan sebagainya dengan 6 orang pekerja dimana 2 orang bertugas pada pengelasan dan sisanya pada pengerjaan plat.

Setelah dilakukan pengamatan lebih lanjut, diketahui bahwa divisi permesinan dan divisi pengelasan ini mempunyai beban kerja antar divisi yang tidak merata. Lalu, juga terlihat ketidakseimbangan beban kerja yang dibebankan antar pekerjanya baik pada divisi permesinan dan pengelasan. Ketidakmerataan dan ketidakseimbangan ini dapat dilihat dari porsi kerja dari bagian yang satu dengan bagian lainnya di satu divisi yang sama. Contohnya adalah pada divisi permesinan, operator mesin bubut melakukan tugasnya hampir tidak berhenti dalam selama jam kerja, sedangkan operator mesin milling banyak menganggur selama jam kerja. Menurut Koordinator Instalasi Industri Logam Semarang, hal ini terjadi karena belum pernah dilakukan analisis keseimbangan beban kerja yang dibebankan antar pekerja pada setiap divisi dan bagiannya. Analisis ini dapat dilakukan dengan pengukuran dan evaluasi beban kerja untuk menilai apakah beban kerja yang dibebankan sudah seimbang atau belum dan apakah beban kerja yang dibebankan sudah cukup atau berlebihan.

Beban kerja yang didistribusikan secara tidak merata dapat mengakibatkan ketidaknyamanan suasana kerja karena karyawan merasa beban kerja yang dilakukannya terlalu berlebihan atau bahkan kekurangan (Moekijat, 2010). Oleh karena itu,

dalam mengetahui informasi mengenai pengalokasian sumber daya pekerja dalam menyelesaikan tugas serta beban kerja yang dibebankan dilakukan analisis beban kerja dengan menggunakan metode Workload Analysis (WLA) sehingga dapat diketahui tingkat persentase beban kerja dari setiap job yang diberikan (Arif, 2012).

Beban kerja fisik adalah pembebanan kerja yang membutuhkan energi fisik pada otot manusia yang berfungsi sebagai sumber tenaga dalam pelaksanaan kerja (Tarwaka, 2014). Pada divisi permesinan dan pengelasan Instalasi Industri Logam Semarang, beban kerja yang dilakukan dapat dikategorikan sebagai beban kerja fisik karena lebih banyak atau dominan dalam menggunakan kebutuhan otot dan energi fisik dari pekerja. Contoh pekerjaan yang dilakukan pada divisi permesinan adalah mengoperasikan mesin bubut, milling, dan frais serta melakukan assembly untuk produk yang dihasilkan dan mengangkut produk jadi maupun material mentah jadi tempat penyimpanan ke tempat pengerjaan dan sebaliknya. Dalam menghitung beban kerja fisik dapat dilakukan dengan metode Cardiovascular Load (CVL) dengan menghitung denyut nadi pekerja sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan (Ninggar, 2018).

Pada dasarnya, beban kerja fisik ditimbulkan oleh pekerjaan yang didominasi oleh kegiatan fisik. Beban kerja fisik dapat mempengaruhi beberapa kondisi tubuh pada alat dan organ pada manusia. Oleh karena itu, beban kerja fisik dapat diamati dan diukur dengan perubahan kondisi tubuh yang diperlihatkan oleh pekerja. Penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan dua metode yaitu penilaian langsung dan metode tidak langsung. Metode langsung dengan mengamati asupan oksigen yang digunakan pada saat bekerja. Metode tidak langsung dengan menghitung denyut nadi selama kerja.

Beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kalori yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima serta tekanan panas dari lingkungan kerjanya yang dapat meningkatkan denyut nadi (Tarwaka, 2014). Berdasarkan hal tersebut maka denyut nadi lebih mudah dan dapat digunakan untuk menghitung beban kerja secara fisik. Denyut nadi untuk mengestimasi beban kerja fisik terdiri dari beberapa indikator perhitungan:

- DNI (Denyut Nadi Istirahat) adalah rata – rata dari denyut nadi sebelum pekerja memulai pekerjaannya atau dalam keadaan istirahat.
- DNK (Denyut Nadi Kerja) adalah rata – rata dari denyut nadi saat pekerja sedang melakukan pekerjaan atau selama bekerja
- Nadi kerja adalah selisih antara jumlah DNK dan DNI

- Denyut nadi maksimum adalah estimasi denyut nadi yang dapat dilakukan oleh tubuh pekerja, dihitung berdasarkan usia.

Beban kerja fisik dapat diklasifikasikan dengan menghitung %CVL. Berikut merupakan rumus dari perhitungan CVL:

$$\%CVL = \frac{100\% \times (DNK - DNI)}{\text{denyut nadi maksimum} - DNI}$$

Dengan denyut maksimum adalah (220-umur) untuk laki-laki dan (200-umur) untuk perempuan. Setelah ditemukan hasil perhitungan %CVL, maka suatu pekerjaan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Rahmah, 2018):

Tabel 1. Kategori Nilai CVL (Iriastadi & Yassierli, 2016)

Tingkat Beban	Kategori %CVL	Nilai %CVL	Keterangan
0	Ringan	< 30%	Tidak terjadi pembebanan yang berarti
1	Sedang	30% < %CVL ≤ 60%	Diperlukan perbaikan tetapi tidak mendesak
2	Agak Berat	60% < %CVL ≤ 80%	Diperbolehkan kerja dalam waktu singkat
3	Berat	80% < %CVL ≤ 100%	Diperlukan tindakan perbaikan segera
4	Sangat Berat	%CVL > 100%	Aktivitas kerja tidak boleh dilakukan

Analisis beban kerja adalah proses untuk menetapkan jumlah jam kerja atau porsi beban kerja yang digunakan atau dibutuhkan untuk menyelesaikan kerja dalam waktu tertentu (Abrita, 2015). Tujuan dari analisis beban kerja adalah untuk menentukan berapa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengerjakan semua pekerjaan dan berapa beban yang harus diterima oleh setiap pekerja, sehingga antara beban kerja dan ketersediaan tenaga kerja menjadi seimbang dan para tenaga kerja tidak mengalami kekurangan ataupun kelebihan tenaga kerja (Abrita, 2015). Dalam perhitungan beban kerja dengan menggunakan metode Workload Analysis dapat menggunakan rumus:

$$WLA = \%produktivitas \times performance\ rating \times (1 + All)$$

Sampling kerja atau *work sampling* adalah suatu metode pengukuran atau pengamatan terdapat sejumlah besar aktivitas kerja dari mesin, proses ataupun pekerja/operator. Pengukuran kerja ini diklasifikasikan sebagai pengukuran kerja secara langsung karena pelaksanaan pengamatan dilakukan

secara langsung pada tempat kerja yang diteliti (Wignjosobroto, 1989).

Tujuan dari metode work sampling adalah untuk mengetahui presentase waktu produktif yang dihasilkan pekerja selama jam kerja berlangsung atau selama waktu pengamatan. Pekerja dianggap mempunyai kemampuan rata-rata dengan kondisi kerja yang normal dengan menambahkan kelonggaran waktu atau allowance dalam melakukan keperluan pribadi, mengurangi kelelahan dan hal lain yang tidak terduga.

Sebelum melakukan Work Sampling, terlebih dahulu dilakukan langkah-langkah persiapan awal yang terdiri dari pencatatan segala informasi dari semua fasilitas yang ingin diamati serta merencanakan jadwal waktu pengamatan berdasarkan prinsip randomisasi. Setelah itu pengambilan sampel pekerjaan dapat dilakukan yang terdiri dari tiga langkah, yaitu (Nurjannah, 2009):

- Melakukan sampling pendahuluan
Sampling pendahuluan dilakukan dengan pengamatan pada waktu selang atau interval kerja operator pada 1 hari kerja dalam keadaan jam kerja efektif serta tentukan jumlah kegiatan produktif dan non-produktif serta jumlah pengamatan yang dilakukan. Presentase waktu produktif dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\%produktif = \frac{\sum \text{kegiatan produktif}}{\sum \text{pengamatan}}$$

- Menguji keseragaman data untuk memastikan bahwa data yang terkumpul berasal dari sistem yang sama dengan menggunakan rumus batas control atas (BKA) dan batas control bawah(BKB):

$$BKA = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$BKB = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

Keterangan:

\bar{p} : persentase produktivitas

\bar{n} : jumlah pengamatan

- Menghitung jumlah kunjungan yang diperlukan, dengan rumus:

$$N' = \frac{k^2(1 - p)}{S^2p}$$

Keterangan:

s: degree of accuration

p: prosentase produktif

N: jumlah pengamatan

k : harga indeks tergantung level of confidence

- Jika $N' \leq N$ maka data dianggap cukup, namun jika $N' > N$ data tidak cukup (kurang) dan perlu dilakukan penambahan data.
- Melakukan pengamatan tambahan bila $N' < N$
- Menentukan *Performance Rating*

g. Menentukan Allowance

Dilanjutkan dengan perhitungan *performance rating*. Performance rating bertujuan untuk mencari waktu kerja normal yang didapat dari hasil pengamatan operator saat pengukuran kerja berlangsung. Seorang pengamat harus bisa menghilangkan faktor subjektivitas saat menilai performa operator. Cara menormalisasikan waktu kerja yang diperoleh adalah dengan mengalikan waktu pengamatan rata-rata dengan waktu penyesuaian rating. Ada tiga cara yang dapat digunakan untuk menormalisasikan waktu kerja, yaitu (Sutalaksana dkk., 1995):

1. Apabila operator dinyatakan terlalu cepat (di atas batas kewajaran), maka rating factor ini akan lebih besar dari satu ($p > 1$ atau $p > 100\%$).
2. Apabila operator bekerja terlalu lambat (di bawah batas kewajaran), maka rating factor ini akan kurang dari satu ($p < 1$ atau $p < 100\%$).
3. Apabila operator bekerja secara normal atau wajar, maka rating factor ini akan sama dengan satu ($p = 1$ atau $p = 100\%$).

Terdapat empat faktor menurut metode Westinghouse yang memiliki nilai tersendiri yang dimasukkan kedalam sebuah tabel. Faktor-faktor performance rating subjective, yaitu (Wignjosoebroto, 1989):

- a. Skill, yaitu keterampilan atau kemampuan dari operator dalam melaksanakan pekerjaan.
- b. Effort, yaitu usaha atau kesungguhan operator dalam melaksanakan pekerjaannya.
- c. Condition, yaitu kondisi lingkungan fisik kerja dari operator, seperti pencahayaan, suhu ruangan, kelembaban, dan lain-lain.
- d. Consistency, yaitu waktu penyelesaian yang tetap antar pekerjaan yang telah diselesaikan operator.

Terdapat pula sebuah tabel performane rating menurut Westinghouse berisikan nilai-nilai angka yang menunjukkan tingkatan atau tindakan pekerja yang ada untuk masing – masing faktor tersebut. Berikut merupakan tabel performance rating:

Tabel 2. Tabel *performance rating* Westinghouse (Wignjosoebroto, 1989)

SKILL			EFFORT		
+ 0,15	A1	Superskill	+ 0,13	A1	Superskill
+ 0,13	A2		+ 0,12	A2	
+ 0,11	B1	Excellent	+ 0,10	B1	Excellent
+ 0,08	B2		+ 0,08	B2	
+ 0,06	C1	Good	+ 0,05	C1	Good
+ 0,03	C2		+ 0,02	C2	
0,00	D	Average	0,00	D	Average
- 0,05	E1	Fair	- 0,04	E1	Fair
- 0,10	E2		- 0,08	E2	
- 0,16	F1	Poor	- 0,12	F1	Poor
- 0,22	F2		- 0,17	F2	
CONDITION			CONSISTENSY		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Ideal
+0,04	B	Excellent	+0,03	B	Excellent
+0,02	C	Good	+0,01	C	Good
0,00	D	Average	0,00	D	Average
-0,03	E	Fair	-0,02	E	Fair
-0,07	F	Poor	-0,04	F	Poor

Pemberian faktor kelonggaran dan penyesuaian secara bersama-sama, selayaknya dapat dirasakan adil (fair), baik dari sisi operator maupun dari sisi manajemen. Faktor kelonggaran juga diperlukan untuk ketidaknyamanan visual dan postur kerja, desain suatu perkakas kerja untuk mengurangi kelelahan kerja serta meminimumkan resiko kesalahan serta supaya didapatkan optimasi, efisiensi kerja dan hilangnya resiko kesehatan akibat metode kerja yang kurang tepat (Nurmianto, 1996).

2. Metode Penelitian

Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif pada penelitian ini. Pendekatan kualitatif merupakan penelitian yang bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek penelitian misalnya perilaku, persepsi, motivasi, tindakan, dll secara *holistic*, dan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa, pada suatu konteks khusus yang alamiah dan dengan memanfaatkan berbagai metode alamiah. Sedangkan penelitian kuantitatif adalah penelitian dengan memberi data berupa angka. Angka yang diperoleh digunakan untuk melakukan analisa keterangan, sederhananya penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang disusun secara sistematis terhadap bagian-bagian dan untuk menemukan kausalitas keterkaitan. Pendekatan kualitatif dilakukan untuk mencari masalah beban kerja dengan diskusi bersama koordinator balai dan pekerja. Pendekatan kualitatif dilakukan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam perhitungan beban kerja dengan metode CVL dan WLA.

Menentukan subjek dalam penelitian ini dilakukan secara langsung, subjek atau sumber informasi yang ditentukan adalah para pekerja dari divisi permesinan dan divisi pengelasan Instalasi Industri Logam Semarang. Pertimbangan utama dalam menentukan subjek penelitian ini yaitu karena pekerja merupakan pihak yang melakukan pekerjaan atau tugasnya dan terkena dampak langsung dalam masalah pembebanan beban kerja.

Instalasi Industri Logam Semarang didirikan pada tahun 1983 di Jl. Industri Raya Barat I No. 1 Semarang. Terdapat beberapa jenis pelayanan yang diberikan oleh Instalasi Industri Logam Semarang ini, diantaranya adalah bubut, pengelasan, frais, scraf, potong dan tekuk plat serta masih terdapat beberapa pelayanan lainnya. Pada instalasi ini terdapat 2 divisi utama dalam melaksanakan pelayanan teknis yang dibutuhkan. Divisi pertama adalah divisi permesinan yang menyediakan pelayanan berupa pembubutan, milling, scraf, CNC, dan sebagainya dengan 7 orang pekerja yang menangani mesin-mesin kerja secara spesifik. Lalu, divisi kedua adalah divisi pengelasan yang menyediakan pelayanan berupa pengelasan, potong dan tekuk plat, pressing, dan sebagainya dengan 6

orang pekerja dimana 2 orang bertugas pada pengelasan dan sisanya pada pengerjaan plat.

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan Instalasi Industri Logam Semarang. Jumlah pekerja yang diamati sebanyak 13 orang, dengan 6 orang bertugas pada divisi permesinan dan 7 orang pada divisi pengelasan. Fokus bagi peneliti adalah mengumpulkan data untuk perhitungan Cardiovascular Load (CVL) dan work sampling dalam mengukur beban kerja pekerja pada divisi permesinan dan pengelasan. Data yang dikumpulkan dengan cara wawancara, pengukuran, serta pengamatan.

Data yang digunakan dalam perhitungan CVL merupakan data wawancara usia pekerja, pengukuran langsung denyut nadi kerja (DNK) dan denyut nadi istirahat (DNI) dari masing-masing pekerja dengan menggunakan Oksimeter. Pekerja diukur dengan Oksimeter dengan cara menempelkan Oksimeter pada salah satu ibu jari pekerja. Pengukuran denyut jantung selesai dalam waktu sekitar 10-15 detik, sesuai dengan cara penggunaan Oksimeter yang dianjurkan. Pengumpulan data DNI dilakukan saat pagi hari sebelum pekerja melakukan pekerjaan apapun. Data DNK dikumpulkan saat pekerja sudah melakukan aktivitas kerjanya. Pengumpulan data usia pekerja dilakukan dengan *sampling* lanjutan hingga jumlah data cukup atau memenuhi uji kecukupan data N^2 . Setelah itu, ditentukan skor *performance rating* dan *allowance* tiap divisi yang kemudian akan digunakan untuk mencari nilai pembobotan beban kerja dan penentuan jumlah pekerja optimal.

Pada penelitian ini, data diolah dengan dua metode yang dikerjakan secara bersamaan. Langkah-langkah pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

1. Data usia, DNK, dan DNI dari setiap pekerja akan dihitung menggunakan metode *Cardiovascular Load* (CVL).
2. Dilakukan pengamatan *pre-work sampling* dan mengujinya dengan uji kecukupan data. Lalu, apabila data tidak memenuhi uji kecukupan data dilakukan *work sampling* lanjutan hingga data cukup.
3. Dilakukan penilain dan penentuan *performance rating* dan *allowance* terhadap masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan.

Rekomendasi perbaikan, yaitu saran perbaikan yang dapat atau mungkin dilakukan oleh Instalasi Industri Logam Semarang dalam menyelesaikan permasalahan beban kerja

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil rekapitulasi data usia, DNK, dan DNI dari masing-masing pekerja:

Tabel 3. Data Usia, DNK, dan DNI Divisi Permesinan

Operator	Usia	DNK Hari ke-			DNI Hari ke-		
		1	2	3	1	2	3
1	47	108	104	109	75	74	76
2	36	106	95	97	68	65	64
3	42	103	99	101	67	79	77
4	46	105	100	98	75	83	85
5	43	98	93	95	75	68	73
6	26	116	112	100	73	69	75
7	37	114	108	112	76	78	74

Tabel 4. Data Usia, DNK, dan DNI Divisi Pengelasan

Operator	Usia	DNK Hari ke-			DNI Hari ke-		
		1	2	3	1	2	3
1	28	113	123	127	78	80	76
2	37	110	118	112	75	73	80
3	39	105	118	121	86	88	90
4	44	113	113	114	90	85	85
5	37	102	100	106	72	76	78
6	29	112	120	111	77	81	80

Pada metode CVL ini, perhitungan beban kerja fisik dinilai dengan mempertimbangkan denyut nadi maksimum, DNK, dan DNI. Denyut nadi maksimum diperoleh dari usia masing-masing pekerja. Lalu, untuk DNK dan DNI dihitung terlebih dahulu rata-rata DNK dan DNI dari 3 hari pengukuran. Berikut merupakan rekapitulasi denyut nadi maksimum dari masing-masing pekerja:

Tabel 5. Denyut Nadi Maksimum Pekerja Divisi Permesinan

Operator	Usia	DN Maks
1	47	173
2	36	184
3	42	178
4	46	174
5	43	177
6	26	194
7	37	183

Tabel 6. Denyut Nadi Maksimum Pekerja Divisi Pengelasan

Operator	Usia	DN Maks
1	28	192
2	37	183
3	39	181
4	44	176
5	37	183
6	29	191

Setelah didapatkan nilai dari denyut nadi maksimum, denyut nadi kerja, dan denyut nadi istirahat, maka dapat dihitung %CVL yang menunjukkan nilai beban kerja fisik dari pekerja. Berikut merupakan nilai %CVL dari masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan:

Tabel 7. % CVL Pekerja Divisi Permesinan

Operator	DN Maks	\bar{X} DNK	\bar{X} DNI	%CVL
1	121	107	32,65	173
2	113,33	99,33	28,45	184
3	114,66	101	25,72	178
4	113,33	101	21,5	174
5	102,66	95,33	22,22	177
6	114,3	109,33	30,41	194
7	121	111,33	33,02	183

Tabel 8. % CVL Pekerja Divisi Pengelasan

Operator	DN Maks	\bar{X} DNK	\bar{X} DNI	%CVL
1	192	121	78	37,719
2	183	113,333	76	34,891
3	181	114,667	88	28,674
4	176	113,333	86,6667	29,851
5	183	102,667	75,3333	25,387
6	191	114,333	79,3333	31,343

Dalam pengumpulan data dihitung berapa banyak kegiatan produktif dan non produktif yang dilakukan pekerja selama selama jam kerja. Pertama-tama dilakukan terlebih dahulu *pre-work sampling* lalu dilakukan uji kecukupan data.

Tabel 9. Persentase Produktivitas Divisi Permesinan

Operator	Jumlah Produktif	Jumlah Non Produktif	%Produktivitas
1	50	34	59,52%
2	43	41	51,19%
3	56	28	66,67%
4	49	35	58,33%
5	29	55	34,52%
6	50	34	59,52%
7	49	35	58,33%

Tabel 10. Persentase Produktivitas Divisi Pengelasan

Operator	Jumlah Produktif	Jumlah Non Produktif	%Produktivitas
1	58	26	69,05%
2	71	38	65,14%
3	39	45	46,43%
4	37	47	44,05%
5	48	36	57,14%
6	45	39	53,57%

Uji kecukupan data merupakan uji yang dilakukan untuk memeriksa apakah data yang digunakan sudah cukup atau belum dengan cara membandingkan antara N' dan N . Jika $N > N'$, data dikatakan cukup. Pada penelitian ini, digunakan nilai kepercayaan sebesar 95% ($k=2$) dan nilai ketelitian sebesar 5% ($s=0,05$) pada *pre-work sampling*.

$$N' = \frac{k^2(1-p)}{s^2p} = \frac{2^2(1-0,554)}{0,05^2 \times 0,554} = 1285,889 \approx 1286$$

Dikarenakan nilai $N < N'$, yaitu $1092 < 1286$ maka data dapat dinyatakan tidak lolos uji kecukupan data atau data belum cukup. Dengan demikian perlu dilakukan pengambilan data *work sampling* lanjutan agar data dapat dikatakan cukup.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi dari jumlah kegiatan produktif dan non produktif selama 3 hari pengamatan serta persentase produktivitas dari masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan:

Tabel 11. Persentase Produktivitas Divisi Permesinan

Operator	Jumlah Produktif	Jumlah Non Produktif	%Produktivitas
1	198	54	78,57%
2	199	53	78,97%
3	211	41	83,73%
4	200	52	79,37%
5	180	72	71,43%
6	170	82	67,46%
7	177	75	70,24%

Tabel 12. Persentase Produktivitas Divisi Pengelasan

Operator	Jumlah Produktif	Jumlah Non Produktif	%Produktivitas
1	202	50	80,16%
2	183	94	66,06%
3	151	101	59,92%
4	152	100	60,32%
5	158	94	62,70%
6	167	85	66,27%

Dari hasil *work sampling* keseluruhan didapatkan jumlah pengamatan keseluruhan sebanyak 3276 (252 pengamatan per pekerja) dengan rata-rata persentase produktivitas keseluruhan pekerja adalah 70,80 %.

Performance rating dihitung berdasarkan *performance* dari masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelesan. Penentuan *performance rating* pada penelitian ini menggunakan *Westinghouse system* dengan *rating factor* 1 dikarenakan pekerja bekerja pada kondisi normal atau wajar. Berikut merupakan *performance rating* masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan:

Tabel 13. Persentase Produktivitas Divisi Permesinan

Operator	Skill	Effort	Condition	Consistensy	Performance Rating
1	B1	C1	D	B	1,19
2	B1	C1	D	B	1,19
3	B1	C1	D	B	1,19
4	B1	C1	D	B	1,19
5	B1	C2	D	B	1,16
6	B1	C2	D	B	1,16
7	C2	C1	D	B	1,11

Tabel 14. Persentase Produktivitas Divisi Pengelasan

Operator	Skill	Effort	Condition	Consistensy	Performance Rating
1	C1	B1	D	B	1,19
2	C1	C1	D	B	1,14
3	C2	C2	D	B	1,08
4	C2	C2	D	B	1,08
5	C2	C1	D	B	1,11
6	C1	B2	D	B	1,17

Setelah ditentukan *performance rating*, maka perlu juga ditentukan nilai *allowance* dari setiap divisi. Kelonggran dilihat berdasarkan 7 faktor, yaitu tenaga yang dikeluarkan, sikap kerja, gerakan kerja, kelelahan mata, keadaan suhu tempat kerja, keadaan atmosfer, keadaan lingkungan, dan kebutuhan pribadi. Pada penilaian *allowance* ini dilakukan penilaian per divisi karena pada setiap divisi baik permesinan dan pengelasan keduanya memiliki jenis pekerjaan dan lingkungan yang hampir sama pada masing-masing divisi. Nilai *allowance* pada divisi permesinan adalah 28% sedangkan pada divisi pengelasan adalah 40%.

Perhitungan beban kerja dilakukan dengan metode *workload analysis* (WLA) dengan mempertimbangkan berbagai hal, seperti persentase produktivitas, *performance rating*, dan *allowance* yang didapatkan dari hasil *work sampling*. Berikut merupakan nilai WLA dari masing-masing pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan:

Tabel 15. Persentase Produktivitas Divisi Permesinan

Operator	Persentase Produktivitas	Rating Performance	All.	WLA
1	78,57%	1,19	28,00%	1,197
2	78,97%	1,19	28,00%	1,203
3	83,73%	1,19	28,00%	1,275
4	79,37%	1,19	28,00%	1,209
5	71,43%	1,16	28,00%	1,061
6	67,46%	1,16	28,00%	1,002
7	70,24%	1,11	28,00%	1,092

Tabel 16. Persentase Produktivitas Divisi Pengelasan

Operator	Persentase Produktivitas	Rating Performance	All.	WLA
1	80,16%	1,19	40,00%	1,335
2	66,16%	1,14	40,00%	1,056
3	59,92%	1,08	40,00%	0,906
4	60,32%	1,08	40,00%	0,912
5	62,70%	1,11	40,00%	0,974
6	66,27%	1,17	40,00%	1,086

Analisis CVL

Perhitungan beban kerja fisik pekerja dengan metode CVL, bahwa nilai %CVL tertinggi pada angka 33,022% dan nilai terendah pada angka 21,505%. Untuk keseluruhan pekerja pada divisi permesinan, terdapat 4 orang dengan nilai %CVL kategori rendah, dimana tidak perlu dilakukan perbaikan. Dan terdapat 3 orang dengan nilai %CVL kategori sedang, dimana diperlukan perbaikan namun tidak mendesak.

Lalu, pekerja pada divisi pengelasan nilai %CVL tertinggi pada angka 37,719% dan nilai terendah pada angka 25,387%. Untuk keseluruhan pekerja pada divisi permesinan, terdapat 3 orang dengan nilai %CVL kategori rendah, dimana tidak perlu dilakukan perbaikan. Dan terdapat 3 orang dengan nilai %CVL kategori sedang, dimana diperlukan perbaikan namun tidak mendesak.

Analisis Persentase Produktivitas

Persentase produktivitas tenaga kerja Indonesia berada di angka 74,4 persen (ILO, 2015). Dapat dilihat pada tabel bahwa pada divisi permesinan masih terdapat 3 operator yang mempunyai produktivitas di bawah 78%, yaitu pada bagian operator milling, frais, dan scrap. Pada divisi pengelasan juga ditemukan 5 pekerja memiliki produktivitas yang kurang dari 78%, yaitu 1 pekerja bagian pengelasan dan semua pekerja bagian pengerjaan plat.

Pada tabel juga terlihat bahwa produktivitas pekerja tidak merata walaupun berada pada bagian yang sama. Pada divisi permesinan bagian mesin bubut terdapat perbedaan 4-5% antara pegawai dengan tingkat produktivitas tertinggi dan terendah, pada bagian mesin milling, frais, dan scraf terdapat perbedaan sekitar 4% antara pegawai dengan produktivitas tertinggi dan terendah. Hal ini terjadi juga pada divisi pengelasan bagian pengelasan dimana terdapat perbedaan 14 antara pegawai dengan tingkat produktivitas tertinggi dan terendah, pada bagian pengerjaan plat perbedaan sekitar 7% antara pegawai dengan tingkat produktivitas tertinggi dan terendah. Hal ini mengindikasikan adanya porsi kerja yang diberikan kepada setiap pekerja yang tidak merata dan tidak seimbang.

Analisis WLA

Pada tabel 17 menunjukkan nilai WLA dari masing-masing pekerja pada divisi permesinan

dengan menghitung persentase produktivitas, rating performance, dan allowance. Nilai WLA tertinggi pada angka 1,275 dan nilai terendah pada angka 1,002. Untuk keseluruhan pekerja pada divisi permesinan diperoleh nilai WLA total, yaitu sebesar 8,038 dengan rata-rata per pekerjanya adalah 1,1482. Besaran nilai WLA atau beban kerja optimal yang diterima oleh pekerja adalah 80% dan maksimal adalah 100% (Widyarini, 2020). Hal ini tentunya menunjukkan adanya overload pada pembebanan kerja di divisi permesinan. Penyebab terjadinya overload ini adalah order yang tinggi sehingga pekerja dituntut untuk dapat menyelesaikannya. Tidak meratanya beban kerja yang diterima dikarenakan kebanyakan order yang diterima adalah pekerjaan dengan mesin bubut walaupun pada divisi ini sudah memiliki 5 operator mesin bubut.

Pada tabel 18 menunjukkan nilai WLA dari masing-masing pekerja pada divisi pengelasan dengan menghitung persentase produktivitas, rating performance, dan allowance. Pada tabel 18 dapat dilihat bahwa nilai WLA tertinggi pada angka 1,335 dan nilai terendah pada angka 0,906. Untuk keseluruhan pekerja pada divisi pengelasan diperoleh nilai WLA total, yaitu sebesar 6,629 dengan rata-rata per pekerjanya adalah 1,0049. Hal ini tentunya menunjukkan adanya overload pada pembebanan kerja di divisi. Penyebab terjadinya overload ini adalah order yang tinggi sehingga pekerja dituntut untuk dapat menyelesaikannya. Lalu, tidak meratanya beban kerja yang diterima dikarenakan pekerja bagian pengelasan hanya berjumlah 2 orang tetapi hampir semua order yang ada terdapat proses pengelasan dalam pembuatannya.

Analisis Pemecahan Masalah

Setelah dilakukan analisis, terdapat beberapa permasalahan yang ada. Tujuan dari saran perbaikan ini adalah untuk memberi rekomendasi kepada Instalasi Industri Logam Semarang dalam memperbaiki permasalahan yang ada pada pembebanan kerja secara fisik kepada pekerja pada divisi permesinan dan divisi pengelasan. Berikut merupakan beberapa saran perbaikan yang dapat dilakukan:

1. Penambahan Pekerja

Penentuan tenaga kerja optimal perlu dilakukan karena terjadi overload setelah dilakukan perhitungan dengan metode WLA. Besaran nilai WLA atau beban kerja optimal yang diterima oleh pekerja adalah 80% dan maksimal adalah 100% (Widyarini, 2020). Berikut merupakan perhitungannya

- Divisi Permesinan:

$$\text{Bila 7 pekerja (awal)} = \frac{8,038}{7} = 1,14282$$

$$\text{Bila 8 pekerja} = \frac{8,038}{8} = 1,00475$$

$$\text{Bila 9 pekerja} = \frac{8,038}{9} = 0,89311$$

$$\text{Bila 10 pekerja} = \frac{8,038}{10} = 0,8038$$

- Divisi Pengelasan:

$$\text{Bila 6 pekerja (awal)} = \frac{6,269}{6} = 1,0449$$

$$\text{Bila 7 pekerja} = \frac{6,269}{7} = 0,8955$$

$$\text{Bila 8 pekerja} = \frac{6,269}{8} = 0,7836$$

Maka sesuai dengan perhitungan tenaga kerja optimal diperlukan penambahan pekerja 3 orang pada divisi permesina serta 2 pekerja pada divisi pengelasan agar beban kerja setiap pekerja dapat bernilai $\leq 0,80$. Namun, setelah dilakukan diskusi dengan pihak koordinator Instalasi Industri Logam Semarang, hal ini tidak dapat dilakukan dikarenakan diperlukan tahapan atau proses yang tidak sedikit dalam melakukan perekrutan pekerja baru yang tentunya mampu mengerjakan pekerjaan-pekerjaan keteknikan yang spesifik seperti pada divisi permesinan dan divisi pengelasan.

2. Training dengan pihak eksternal

Training adalah Pendidikan jangka pendek dalam mempelajari prosedur, teknik, dan pengetahuan operasional lainnya untuk meningkatkan kinerja dan performansi kerja (Sikula, 2000). Terdapat setengah dari pekerja setiap divisi dikategorikan melakukan pekerjaan dengan beban kerja fisik sedang dengan perhitungan %CVL dimana membutuhkan perbaikan namun tidak mendesak. Adanya training dengan pihak eksternal ini bertujuan untuk memberikan pelatihan yang lebih mendalam lagi mengenai berbagai pekerjaan keteknikan bagi pekerja sehingga pekerja juga mengetahui sistem kerja dan metode kerja yang baik dan dapat menurunkan angka pembebanan kerja fisik. Namun, kendala dalam terlaksananya training dengan pihak eksternal adalah mencari event besar atau acara training yang diadakan oleh pihak eksternal, karena training juga tidak dapat dilakukan secara mandiri hanya untuk 13 orang saja.

3. Training antar pekerja

Dikarenakan terkendala training yang dilakukan dengan pihak eksternal, maka solusi lainnya adalah melaksanakan training antar pekerja di setiap divisi. Berbeda dengan training eksternal dimana pekerja dilatih dan diberi ilmu dari pihak eksternal, training antar peker ini bertujuan agar pekerja dapat saling berbagi ilmu dan keahlian dengan pekerja lainnya. Training antar pekerja dilaksanakan dalam divisi masing-masing. Pada divisi permesinan dilakukan training pembubutan oleh pekerja bubut kepada pekerja lainnya dalam divisi tersebut. Pelatihan pembubutan dipilih karena terdapat overload pekerjaan pada proses pembubutan ini. Pada divisi pengelasan dilakukan training pengelasan oleh pekerja pengelasan kepada pekerja pengerjaan plat dalam divisi tersebut. Pelatihan

pengelasan dipilih karena terdapat overload pekerjaan pada proses pengelasan ini. Tujuan akhir dari training antar pekerja ini adalah pekerja pada bagian yang tidak sibuk dapat melaksanakan dan sedikit membantu pekerjaan pada bagian yang sedang sibuk. Hal ini juga dapat menaikkan tingkat produktivitas dari bagian-bagian yang masih banyak melakukan kegiatan non-produktif.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bagaimana penilaian dan evaluasi beban kerja secara fisik dilakukan dengan menggunakan metode *Cardiovascular Load* dan *Workload Analysis*. Penelitian ini dilakukan pada Instalasi Industri Logam Semarang khususnya pada divisi permesinan dan divisi pengelasan. Data yang dikumpulkan berasal dari pengamatan, pengukuran, dan penilaian dari 7 orang pekerja divisi permesinan dan 6 orang pekerja divisi pengelasan selama 3 hari pada jam kerja. Setelah dilakukan pengumpulan lalu pengolahan data, ditemukan bahwa pekerja mengalami beban kerja fisik kategori sedang pada perhitungan CVL dan memerlukan perbaikan namun tidak mendesak. Lalu, didapatkan pula bahwa pekerja mengalami beban kerja yang berlebihan (rata-rata per divisi >1) menurut perhitungan WLA, dimana perlu dilakukan perbaikan hingga beban kerja yang dibebankan pada pekerja dapat optimal, yaitu pada WLA 80%. Terdapat beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan agar beban kerja fisik yang dibebankan sesuai, yaitu penambahan pekerja, rotasi kerja, training dengan pihak eksternal, dan training antar pekerja. Dikarenakan beberapa alasan, training antar pekerja terpilih sebagai solusi yang paling dapat dilaksanakan. Training antar pekerja bertujuan untuk memberikan pelatihan, serta saling tukar ilmu dan pengetahuan antar

pekerja. Training antar pekerja ini juga bertujuan agar pekerja di bagian yang tidak sibuk dapat membantu bagian kerja yang kelebihan beban kerja fisik dan berusaha meratakan beban kerja fisik yang dibebankan kepada pekerja di setiap divisi.

5. Daftar Pustaka

- Augusty, F. (2006). *Metode Penelitian Manajemen: Pedoman Penelitian untuk Skripsi, Tesis dan Disertasi Ilmu Manajemen*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- ILO. (2015, 6 25). <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/>. Retrieved from https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/documents/publication/wcms_757814.pdf
- Nurmianto, E. (1996). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Sukadji, S. (2000). *Psikologi Pendidikan dan Psikologi Sekolah*. Depok: Lembaga Pengembangan Sarana Pengukuran dan Pendidikan Psikologi.
- Tarwaka. (2014). *Ergonomi Industri*. Surakarta: Harapan Press.
- Widyarini, H. &. (2020). Analisis Beban Kerja Dengan Metode Workload Analysis (WLA) Dalam Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Optimal di PT INDOJIT. *Performa: Media Teknik Industri*.
- Wignjosoebroto, S. (1989). *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*. Surabaya: Laboratorium Ergonomi dan Teknik Tata Cara ITS.