

Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap *Human Reliability* Akibat Laju Beban Kerja pada Operator Mesin Jahit

LUCKY KELVIN, CAECILIA SRI WAHYUNING²

¹Institut Teknologi Nasional Bandung

² Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: luckycalvin11@mhs.itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Kinerja operator meliputi kualitas dan kuantitas dalam bekerja, dan kinerja operator baik bila beban kerja yang diterima sesuai dengan kemampuan operator. Laju beban kerja dapat dipengaruhi oleh lingkungan kerja, karena kondisi lingkungan yang merupakan salah satu sumber stres. Stres berkepanjangan meningkatkan beban kerja, dan pada saat beban kerja berlangsung lama berdampak pada kelelahan. Kelelahan mempengaruhi konsentrasi sehingga proses berpikir menurun dan mengakibatkan penurunan performansi kerja yang memicu terjadi human error. Probabilitas human error menggambarkan kondisi keandalan manusia (human reliability). Penelitian ini bertujuan mengkaji keterkaitan antara lingkungan kerja fisik terhadap human reliability yang dilakukan di CV Rabbani Asysa. Hasil penelitian diperoleh suhu WBGT berada < 28°C artinya masih berada dibawah nilai ambang batas (NAB). Hasil pengukuran pencahayaan berada di rentang 200 lux dan masuk ke kategori baik. Data detak jantung menunjukkan rentang 82.55 bpm – 87,37 bpm, yang artinya masuk ke kategori beban kerja ringan. Pengukuran beban kerja fisik berdasarkan detak jantung dan energy expenditure. Sedangkan human reliability berdasarkan jumlah cacat produk setiap jamnya. Hasil korelasi secara keseluruhan ditemukan adanya hubungan antara heart rate dengan suhu WBGT dan pencahayaan, hubungan antara energy expenditure dengan suhu WBGT, dan hubungan antara keandalan dengan suhu WBGT. Hal tersebut terjadi karena berbagai faktor, diantaranya adalah jenis kelamin, usia, dan faktor internal operator. Oleh karena itu, dalam minimasi human error perusahaan perlu melakukan evaluasi beban kerja terhadap operator secara berkala.

Kata Kunci: Heat stress, human reliability, beban kerja fisik.

ABSTRACT

Operator performance includes quality and quantity in work, the operator can work well if the workload received is in accordance with the operator's capabilities. The rate of workload performed by the operator can also be affected by the work environment. The condition will result in the operator feeling uncomfortable and will result in fatigue. This fatigue will make the worker's concentration and thinking process decrease which will result in a decrease in the operator's work performance and will spur human error. This shows that the risk of fatigue leads to potential reliability, so this risk is a description of the condition of human reliability (human reliability). The results of WBGT temperature measurements are < 28,

meaning that they are still below the NAB. The results of lighting measurements are stretched at 200 lux and fall into the good category. Heart rate data shows a range of 82.55 bpm – 87.37 bpm, which means it falls into the category of light workload. Measurement of physical workload based on heart rate and energy expenditure Meanwhile, human reliability is based on the number of product defects every hour. The results of the correlation in harmony found a relationship between the heart rate and WBGT temperature and lighting, the relationship between energy expenditure and WBGT temperature, and the relationship between reliability and WBGT temperature. This happens because of various factors, including gender, age, and internal factors of the operator. Companies need to periodically evaluate the workload of operators.

Keywords: *Work Environment, Human Reliability, Workload*

1. PENDAHULUAN

Kinerja merupakan hasil kerja dan perilaku kerja yang telah dicapai dalam menyelesaikan tugas-tugas dan tanggung jawab yang diberikan dalam suatu periode tertentu (Rahayu, 2019). Kinerja operator meliputi kualitas dan kuantitas dalam bekerja, operator dapat bekerja dengan baik apabila beban kerja yang diterima sesuai dengan kemampuan operator. Menurut sudut pandang ergonomi setiap beban kerja yang diterima seseorang harus sesuai dan seimbang baik terhadap kemampuan fisik, kemampuan kognitif maupun keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut (Wulandari, 2017). Laju beban kerja yang dilakukan oleh operator juga bisa dipengaruhi oleh lingkungan kerja.

Lingkungan kerja yang tidak baik akan mengakibatkan operator merasa tidak nyaman dan akan mengakibatkan kelelahan. Kelelahan tersebut akan membuat konsentrasi pekerja yang akan mengakibatkan menurunnya performansi kerja operator dan akan memacu kepada *human error* dan akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Hal tersebut dapat diminimasi dengan cara mengidentifikasi *human reliability*. *Human reliability* adalah kemungkinan dari sebuah keberhasilan dari suatu tugas dalam batas waktu tertentu, dengan persyaratan yang ditentukan (Dhillon, 2018).

Penelitian ini dilakukan di CV. Rabbani Asysa, perusahaan tersebut memiliki beberapa stasiun kerja. Salah satunya yaitu stasiun kerja jahit berdasarkan observasi awal yang telah dilakukan kebanyakan masalah terjadi pada stasiun kerja mesin jahit. Masalah yang dimaksud yaitu banyaknya produk cacat yang dihasilkan. Stasiun kerja tersebut diduga terdapat pencahayaan yang terlalu terang dan terlalu rendah sehingga dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kenaikan beban kerja operator. Selain itu berdasarkan wawancara terhadap partisipan, terkadang partisipan merasakan panas/gerah pada saat bekerja. Hal tersebut mungkin terjadi karena ketidaksesuaian lingkungan kerja pada stasiun kerja tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang akan mengkaji hubungan antara lingkungan kerja fisik dengan keandalan operator.

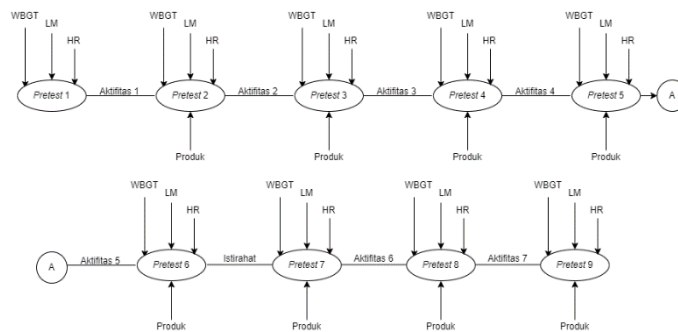
1. METODOLOGI

1.1 Identifikasi Pemecahan Masalah

Metode pemecahan masalah untuk mengkaji keterkaitan lingkungan kerja fisik terhadap *human reliability*. Identifikasi pemecahan masalah dilakukan dengan melakukan pengukuran lingkungan kerja fisik, pengukuran beban kerja yang dilihat berdasarkan *heart rate* dan perhitungan *energy expenditure*, dan perhitungan keandalan. Pengukuran lingkungan fisik yang dilakukan yaitu suhu WBGT dan pencahayaan karena kedua lingkungan tersebut diduga menjadi penyebab beban tambahan bagi operator.

1.2 Desain Penelitian

Desain penelitian disajikan dalam bentuk gambar yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian

- Keterangan:
- WGBT: *Wed-Bulb Globe Temperature*
 - LM: Lux Meter
 - HR: Heart Rate (*Welltory*)
 - Aktivitas: Saat partisipan melakukan pekerjaan setiap 1 jam

Langkah Penelitian:

1. Pada *pretest* 1 dilakukan pengukuran lingkungan kerja fisik (tingkat panas dan pencahayaan) dan HR.
2. *Pretest* 2 dilakukan pengukuran lingkungan kerja fisik (tingkat panas dan pencahayaan), HR, dan melihat jumlah produk yang dihasilkan (cacat dan berhasil).
3. Percobaan dilakukan sampai 7 jam kerja dengan langkah yang sama.

Desain penelitian tersebut merupakan gambaran untuk 1 hari kerja, setiap harinya dilakukan 9 kali pengukuran yang dimulai dari awal bekerja, istirahat sampai jam pulang bekerja. Pengambilan data tersebut bertujuan untuk memperoleh data lingkungan kerja melalui pengukuran suhu WBGT dan pencahayaan. Selain itu juga pengukuran detak jantung bertujuan untuk mengetahui beban kerja yang dialami oleh operator setiap jamnya, detak jantung juga digunakan untuk menghitung nilai pengeluaran energi (*energy expenditure*).

1.3 Lingkungan Kerja Fisik

a. Tekanan panas merupakan kombinasi dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan gerakan udara, dan panas radiasi yang dipadankan dengan produksi panas tubuh sendiri (Suma'mur, 2009). Tekanan panas yang berlebihan akan menjadi beban tambahan yang harus diperhatikan dan diperhitungkan. Beban tambahan tersebut berupa panas lingkungan kerja, menyebabkan beban fisiologis, dan denyut jantung bertambah. Pengukuran suhu WBGT berfungsi sebagai salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian ini, pengukuran suhu tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat panas di perusahaan berada pada kondisi normal atau tidak.

b. Pencahayaan merupakan sumber cahaya yang berasal dari matahari maupun lampu yang membantu operator dalam melakukan pekerjaannya. Faktor pencahayaan juga merupakan salah satu faktor penting dalam lingkungan kerja yang dapat menimbulkan resiko, jika intensitas cahaya tidak sesuai dengan standar pekerjaannya maka dapat menyebabkan produktivitas pekerja menurun (Tarwaka, 2004).

2.4 Pengukuran Beban Kerja

Beban kerja fisik adalah beban kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya dan konsumsi energi merupakan faktor utama untuk dijadikan tolak ukur penentu berat atau ringannya suatu pekerjaan. Aktivitas fisik akan mempengaruhi fisiologi manusia, diantaranya yaitu konsumsi oksigen, laju detak jantung, peredaran darah, temperatur tubuh, tingkat penguapan melalui keringat dll. Menurut (Tarwaka, 2015),

menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan menghitung denyut nadi. Kategori berat ringannya beban kerja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Beban Kerja Berdasarkan Denyut Jantung

Tingkat dan Kategori Beban Kerja	Denyut Nadi (Denyut/Menit)
0. Ringan	75-100
1. Sedang	100-125
2. Berat	125-150
3. Sangat Berat	150-175
4. Sangat Berat Sekali	>175

Sumber: Christensen. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. ILO. Geneva dalam Tarwaka (2015)

Penilaian beban kerja fisik dapat dilakukan dengan pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja (Tarwaka, 2004). Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan atau dikonsumsi. Bahwa selama menjalankan aktivitas yang tidak terlalu berat akan ada hubungan lurus antara detak jantung dan konsumsi oksigen. Untuk menentukan berapa *energy expenditure* dapat menggunakan persamaan yang berhubungan dengan detak jantung, usia, jenis kelamin, dan berat badan (Keytel, 2005)

$$EE = G \times (-55,0969 + 0,6309 HR + 0,1988 W + 0,2017 A) + (1 - G) \times (-20,4022 + 0,4472 HR - 0,1263 W + 0,074 A)$$

Keterangan:

EE = *Energy Expenditure* (kJ/menit)

G = Jenis Kelamin (pria=1, wanita=0)

HR = *Heart Rate* (beat/menit)

A = Usia (tahun)

W = Berat Badan (kg)

Berikut ini merupakan klasifikasi beban kerja fisik berdasarkan *energy expenditure* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi *Energy Expenditure*

Beban Kerja	<i>Energy Expenditure</i>
Ringan	2,5 – 5,0
Sedang	5,0 – 7,5
Berat	7,5 – 10,0
Sangat Berat	10,0 – 12,5

2.5 Human Reliability dan Mean Time to Human Error

Human reliability merupakan kemungkinan dari sebuah keberhasilan dari suatu tugas dalam batas waktu tertentu, dengan persyaratan yang ditentukan. (Dhillon, 2018). Keandalan adalah sebuah pemikiran mengenai kualitas yang berisikan kemungkinan berhasil atau tidaknya seseorang dapat menjalankan tugas tertentu. Langkah untuk perhitungan *reliability* dan MTTHE adalah sebagai berikut (Campbell, et al., 2011).

1. *Median Rank*

$$\text{Median Rank} = \frac{i-0,3}{n-0,4}$$

(2-1)

Keterangan:

i = urutan kejadian

n = banyak kejadian

2. Mencari Parameter Bentuk dan Parameter Skala

Perhitungan untuk mencari parameter bentuk dan parameter skala langkah yang dilakukan adalah menggunakan prinsip regresi linier dengan persamaan berikut (Dolas, Jaybhaye, & Deshmukh, 2014):

$$\ln(t_i) = \ln(\eta) + \frac{1}{\beta} \cdot \ln [\ln [1 - F(t_i)]^{-1}] \quad (2-2)$$

Persamaan tersebut dapat dinyatakan dengan bentuk:

$$Y_i = a + bX_i \quad (2-3)$$

Dari persamaan tersebut diperoleh persamaan berikut:

$$Y_i = \ln(t_i) \quad (2-4)$$

$$a = \ln(\eta) \quad (2-5)$$

$$b = \frac{1}{\beta} \quad (2-6)$$

$$X_i = \ln [\ln [1 - F(t_i)]^{-1}] \quad (2-7)$$

X_i adalah variabel bebas yang dapat dihitung dengan cara menaksir fungsi distribusi kumulatif dengan persamaan berikut:

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (2-8)$$

Keterangan:

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

$$n = \text{Jumlah Data}$$

Kemudian mencari nilai konstanta a dan b diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n} \quad (2-9)$$

$$b = \frac{n \sum (X_i Y_i) - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum (X_i)^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2-10)$$

Konstanta a dan b yang telah didapatkan digunakan untuk mencari parameter skala (η) dan parameter bentuk (β) dengan persamaan berikut:

$$\eta = e^a \quad (2-11)$$

$$\beta = \frac{1}{b} \quad (2-12)$$

3. Perhitungan *Human Reliability*

Berdasarkan hasil *plot* menggunakan parameter *weibull* maka *reliability* dihitung menggunakan distribusi Weibull yang dapat dilihat sebagai berikut (Dhillon, 2009).

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2-13)$$

Keterangan:

$$R(t) = \text{Reliability Function}$$

$$t = \text{Time (menit)}$$

$$\beta = \text{Shape parameter}$$

$$\eta = \text{Scale parameter}$$

4. Perhitungan *Mean Time To Human Error* (MTTHE)

Persamaan keandalan manusia dapat digunakan untuk menghitung *mean time to human error* (MTTHE).

$$\text{MTTHE} = \eta \tau \left[1 + \frac{1}{\beta} \right] \quad (2-14)$$

Keterangan:

$$\text{MTTHE} = \text{Mean Time to Human Error (menit)}$$

$$\tau = \text{Gamma}$$

$$\beta = \text{Shape parameter}$$

$$\eta = \text{Scale parameter}$$

2. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Data Iklim Kerja

Pembahasan ini akan difokuskan untuk operator 1. Berdasarkan rekapitulasi untuk hari ke-1 diketahui bahwa nilai WBGT^oC berada di rentang 23,5^oC – 25,9^oC. Hasil tersebut dibandingkan dengan nilai ambang batas untuk tekanan panas di stasiun kerja tersebut. Dalam menentukan nilai ambang batas perlu mengetahui beban kerja operator tersebut. Data pengukuran iklim kerja dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Iklim Kerja

Hari Ke-	Jam Kerja Ke-	°C	Hari Ke-	Jam Kerja Ke-	°C
1	1	23,5	3	6	24,8
	2	23,8		7	23,9
	3	23,7		8	23,7
	4	24,1		9	27,5
	5	25,2	4	1	21,5
	6	25,4		2	21,6
	7	26,5		3	22
	8	26,9		4	22,6
	9	25,9		5	23,4
2	1	22,3	5	6	24,8
	2	22,5		7	24,5
	3	23,8		8	25,1
	4	24,1		9	25,1
	5	24,8	5	1	21,9
	6	25,1		2	22,1
	7	25,2		3	23,2
	8	25,2		4	24,1
	9	24,9		5	24,1
3	1	22,6		6	24,3

	2	22,8		7	24,5
	3	23,6		8	24,6
	4	24,4		9	24,2
	5	24,7			

Berdasarkan Kementerian Kesehatan terkait peraturan iklim kerja dalam PERMENKES No 70 Tahun 2016 tentang standar dan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri (iklim kerja) dengan alokasi waktu kerja dan istirahat 75-100% dengan beban kerja sedang, maka nilai ambang batasnya adalah 28°C. Sehingga untuk hari ke-1, suhu tersebut masih berada dibawah nilai ambang batas yang berlaku. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan kerja tersebut memiliki ventilasi atau tempat keluar masuknya udara yang baik sehingga pergerakan udara membuat lingkungan tidak terasa panas.

3.2 Data Pencahayaan

Berikut merupakan rekapitulasi pengukuran pencahayaan untuk lokasi ke-1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Pencahayaan

Hari Ke-	Jam Kerja Ke-	<i>Lux</i>
1	1	221
	2	232
	3	218
	4	241
	5	239
	6	245
	7	246
	8	238
	9	240
...
	1	234

Tabel 4. Rekapitulasi Pencahayaan (lanjutan)

Hari Ke-	Jam Kerja Ke-	<i>Lux</i>
2	2	243
	3	259
	4	239
	5	242
	6	236
	7	241
	8	237
	9	220

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil pengukuran pencahayaan pada stasiun kerja lokasi 1 untuk hari ke-1 didapatkan nilai pencahayaan berada pada rentang 218 – 246 Lux. Jika menggunakan rata-rata untuk hari ke-1 maka:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{221+232+218+241+239+245+246+238+240}{9} \\ &= 235,5 \text{ Lux} \end{aligned}$$

Maka rata-rata yang didapatkan untuk hari ke-2 – ke-5 yaitu 228,7 lux untuk hari ke-2,

231,9 lux untuk hari ke-3, 222,1 lux untuk hari ke-4, dan 239 lux untuk hari ke-5. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar pencahayaan stasiun kerja jahit berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No. 5 Tahun 2018 yaitu 200 lux. Menurut penelitian Batara (2022), pengkategorian 200 lux tersebut dibagi menjadi dua, yaitu pencahayaan baik ≥ 200 lux dan pencahayaan buruk < 200 lux. Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan bahwa pada stasiun kerja lokasi 1 untuk 5 hari pengukuran pencahayaannya baik. Jika nilai tersebut lebih tinggi lagi dan terjadi untuk hari-hari berikutnya maka dapat diduga operator tersebut akan mengalami kelelahan mata. Kelelahan mata tersebut biasanya ditandai dengan kelambatan aktivitas motoris, sehingga mempengaruhi kerja fisik maupun mental (Grandjean & Kroemer, 2000).

3.3 Beban Kerja Fisik

Berikut ini merupakan rekapitulasi beban kerja fisik untuk operator 1 yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Beban Kerja Fisik

Hari Ke-	Jam Kerja Ke-	Heart Rate (bpm)	Energy Expenditure (Kj/Menit)
1	1	72	5,258
	2	80	8,836
	3	77	7,494
	4	122	27,618
	5	88	12,413
	6	75	6,600
	7	80	8,836
	8	97	16,438
	9	113	23,593
...
5	1	96	15,991
	2	88	12,413
	3	82	9,730
	4	88	12,413
	5	86	11,519
	6	90	13,308
	7	89	12,861
	8	81	9,283
	9	99	17,333

Hasil pengukuran detak jantung tersebut dibandingkan dengan klasifikasi data denyut jantung. Rentang detak jantung operator 1 berada diantara 72 bpm - 99 bpm, rentang tersebut masuk ke klasifikasi pekerjaan yang ringan. Tetapi terdapat nilai detak jantung yang signifikan yaitu 109, 113, dan 122 bpm, berdasarkan klasifikasi nilai tersebut masuk ke kategori pekerjaan yang sedang. Sedangkan untuk rata-rata detak jantung keseluruhan operator berada pada rentang 82.55 bpm – 87,37 bpm, yang artinya masuk ke kategori beban kerja ringan. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa nilai detak jantung setiap orang berbeda. Faktor lainnya yang dapat menyebabkan hal tersebut yaitu jenis kelamin. Pekerja dengan jenis kelamin laki-laki umumnya memiliki tingkat produktivitas lebih banyak dibandingkan dengan perempuan, tetapi pada penelitian ini perbedaan nilai detak jantung antara wanita dan pria tidak terlalu signifikan (Ukkas, 2017).

Selama operator melakukan pekerjaan yang tidak terlalu berat maka akan

mempengaruhi konsumsi energi operator tersebut, atau bisa dikatakan berbanding lurus antara detak jantung dan konsumsi oksigen (Tarwaka, 2004). Berdasarkan teori tersebut, jika membandingkan nilai antara detak jantung dan *energy expenditure* pada tabel rekapitulasi, maka kenaikan dan penurunan setiap jamnya adalah sama. Hal tersebut membuktikan bahwa detak jantung menjadi faktor penting dalam pengeluaran energi. Selain membandingkan dengan detak jantung hasil *energy expenditure* juga berkaitan dengan jenis kelamin, usia, dan berat badan. Artinya semakin besar usia dan berat badan maka semakin besar juga pengeluaran energi seseorang (Keytel, 2005).

3.5 Perhitungan Keandalan dan MTTHE

Data rekapitulasi hasil perhitungan keandalan untuk operator 1 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Keandalan

Waktu Pengamatan (t)	R(t)
t_1	1.000
t_2	0.759
t_3	0.743
t_4	0.615
t_5	0.842
t_6	0.726
t_7	1.000
t_8	0.004
t_9	0.654
...	...
T_{45}	0.000

Hasil tersebut didapatkan berdasarkan produk cacat yang dihasilkan menurut selang waktu antar kegagalannya. Penelitian Gasperz (2005), mengemukakan bahwa produk cacat dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa hal. Salah satunya yaitu disebabkan oleh operator itu sendiri, seperti terdapat kesalahan yang dilakukan saat proses produksi berlangsung. Hal tersebut erat kaitannya dengan *human reliability* atau keandalan. Sesaat sebelum memulai bekerja atau t_0 keandalan operator diasumsikan sebesar 1 atau 100% keandalan, dapat dilihat pada jam kerja ke-1 atau t_1 operator memiliki nilai keandalan sebesar 0.759. Hal tersebut berarti ada kondisi yang membuat keandalan operator menurun. Salah satu kondisi tersebut dapat disebabkan oleh lingkungan kerja atau faktor internal yang membuat operator mengalami kelelahan. Kelelahan tersebut akan mengakibatkan konsentrasi operator menurun, hal tersebut akan memacu kepada *human error*. Menurut Awaludin (2008), *human error* merupakan penyimpangan aktivitas yang dilakukan manusia dari kondisi normal.

Rekapitulasi hasil perhitungan MTTHE untuk 6 partisipan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan MTTHE

MTTHE (menit)	Partisipan Ke-					
	1	2	3	4	5	6
	72,82	73,50	75,61	73,45	75,92	71,54
	9	1	6	7	1	7

Berdasarkan data perhitungan *mean time to human error* tersebut dapat diketahui berapa lama rata-rata setiap partisipan akan melakukan kesalahan. Berdasarkan perhitungan pada operator ke-1, maka diperkirakan akan melakukan kesalahan pada menit ke 72,829. Begitu juga untuk partisipan ke-2 – ke-6.

3.6 Uji Kenormalan

Uji kenormalan yang akan disajikan pada dibawah ini adalah uji kenormalan setiap partisipan yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Uji Kenormalan

- Statistika Uji : *Kolmogorov-Smirnov*
- Hipotesis H_0 : Data *heart rate* partisipan berdistribusi normal
- Hipotesis H_1 : Data *heart rate* partisipan tidak berdistribusi normal
- Taraf signifikan : $\alpha = 5 \%$

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
N		45	45	45	45	39	45
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	86.4667	83.0000	86.4889	85.3778	88.3590	82.5556
	Std. Deviation	10.26158	8.67599	8.78693	9.28657	9.90079	8.04124
Most Extreme Differences	Absolute	.165	.111	.112	.108	.104	.068
	Positive	.165	.111	.112	.053	.089	.049
	Negative	-.087	-.067	-.056	-.108	-.104	-.068
Test Statistic		.165	.111	.112	.108	.104	.068
Asymp. Sig. (2-tailed)		.003 ^c	.200 ^{c,d}	.199 ^c	.200 ^{c,d}	.200 ^{c,d}	.200 ^{c,d}

Gambar 4.2 Uji Kenormalan *Heart Rate* per Partisipan

Kesimpulan: Berdasarkan hasil tersebut P1 mendapatkan nilai sig < 0,05, sehingga Tolak H_0 yang artinya hasil *heart rate* untuk P1 tidak berdistribusi normal. Sedangkan partisipan lain Terima H_0 artinya *heart rate* P2-P6 berdistribusi normal.

3.7 Uji Korelasi

1. Uji Korelasi Lingkungan Kerja Vs *Heart Rate*

Berikut ini merupakan hasil uji korelasi untuk partisipan 1 yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Uji Korelasi

- Statistika Uji : Korelasi Spearman
- Hipotesis H_0 : Tidak adanya hubungan antara *heart rate* dengan lingkungan kerja
- Hipotesis H_1 : adanya hubungan antara *heart rate* dengan lingkungan kerja
- Taraf signifikan : $\alpha = 5 \%$

		HeartRate_P1	WBGT_P1	Lux_P1	
Spearman's rho	HeartRate_P1	Correlation Coefficient	1.000	.126	.137
		Sig. (2-tailed)	.	.411	.369
		N	45	45	45
WBGT_P1		Correlation Coefficient	.126	1.000	.274
		Sig. (2-tailed)	.411	.	.069
		N	45	45	45
Lux_P1		Correlation Coefficient	.137	.274	1.000
		Sig. (2-tailed)	.369	.069	.
		N	45	45	45

Gambar 4.3 Uji Korelasi Spearman *heart rate* vs Lingkungan Kerja

Kesimpulan: Terima H_0 Cukup alasan menerima dugaan bahwa *heart rate* tidak mempengaruhi lingkungan kerja

Berdasarkan pengujian data korelasi menunjukkan bahwa lingkungan kerja (Suhu WBGT dan Lux) terhadap beban kerja (*heart rate*) memiliki hasil yang signifikan. Artinya lingkungan kerja (Suhu WBGT dan Lux) berpengaruh terhadap detak beban kerja. Hasil uji korelasi statistik mendapatkan nilai koefisien untuk Suhu WBGT adalah positif yang artinya suhu WBGT berbanding lurus dengan detak jantung. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Fenriandani (2020), yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara tekanan panas dengan beban kerja. Sedangkan koefisien untuk pencahayaan adalah negatif yang artinya semakin rendah pencahayaan maka detak jantung akan meningkat. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan penelitian menurut Lukman (2014), yang menyatakan

bahwa nilai *heart rate* berkorelasi positif terhadap peningkatan nilai cahaya. Artinya hal tersebut menunjukkan bahwa akan terjadi peningkatan aktivitas fisik saat cahaya meningkat.

2. Uji korelasi *energy expenditure* vs lingkungan kerja

Berikut ini merupakan korelasi lingkungan kerja terhadap *energy expenditure* untuk partisipan 1 yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Uji Korelasi

Statistika Uji : Korelasi Pearson

Hipotesis H_0 : Tidak adanya hubungan antara *energy expenditure* dengan Lingkungan kerja

Hipotesis H_1 : Adanya hubungan antara *energy expenditure* dengan Lingkungan kerja

Taraf signifikan : $\alpha = 5 \%$

		EE_P1	WBGT_P1	Lux_P1
EE_P1	Pearson Correlation	1	.199	.178
	Sig. (2-tailed)		.189	.243
	N	45	45	45
WBGT_P1	Pearson Correlation	.199	1	.303*
	Sig. (2-tailed)	.189		.043
	N	45	45	45
Lux_P1	Pearson Correlation	.178	.303*	1
	Sig. (2-tailed)	.243	.043	
	N	45	45	45

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 4 Uji Korelasi Pearson Energy Expenditure vs lingkungan kerja P1

Kesimpulan: Terima H_0 Cukup alasan menerima dugaan bahwa *energy expenditure* tidak mempengaruhi lingkungan kerja.

Jika membandingkan nilai suhu WBGT dengan nilai ambang batas (NAB) maka perlu untuk menentukan beban kerja operatornya. Beban kerja yang digunakan yaitu *energy expenditure*. Selain itu dalam menentukan nilai *energy expenditure* dengan menggunakan persamaan menurut Keytel (2005), ada faktor detak jantung, jenis kelamin, berat badan, dan usia. Faktor-faktor tersebut berkaitan dengan suhu tubuh, dalam kasus ini berkaitan dengan suhu WBGT. Akan tetapi meskipun *heart rate* merupakan faktor yang penting dalam menentukan konsumsi energi. Berbeda dengan pembahasan sebelumnya, pada kasus ini *energy expenditure* tidak berkorelasi dengan pencahayaan. Menurut Lukman (2014), bahwa nilai *heart rate* berkorelasi positif terhadap peningkatan nilai cahaya. Artinya ada faktor usia, berat badan, dan jenis kelamin yang menyebabkan tidak adanya hubungan *energy expenditure* dengan pencahayaan.

3. Uji korelasi Lingkungan kerja vs *human reliability*

Berikut ini merupakan korelasi *human reliability* dengan lingkungan kerja berdasarkan setiap partisipan yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Uji Korelasi

Statistika Uji : Korelasi Pearson

Hipotesis H_0 : Tidak adanya hubungan antara *human reliability* dengan Lingkungan kerja

Hipotesis H_1 : adanya hubungan antara *human reliability* dengan Lingkungan kerja

Taraf signifikan : $\alpha = 5 \%$

Correlations

		HR_P1	WBGT_P1	Lux_P1
HR_P1	Pearson Correlation	1	-.210	-.100
	Sig. (2-tailed)		.167	.515
	N	45	45	45
WBGT_P1	Pearson Correlation	-.210	1	.303*
	Sig. (2-tailed)	.167		.043
	N	45	45	45
Lux_P1	Pearson Correlation	-.100	.303*	1
	Sig. (2-tailed)	.515	.043	
	N	45	45	45

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 5 Uji Korelasi Pearson Energy Expenditure vs lingkungan kerja P1

Kesimpulan: Terima H_0 Cukup alasan menerima dugaan bahwa *human reliability* tidak mempengaruhi lingkungan kerja.

Berdasarkan rekapitulasi pengujian data korelasi menunjukkan bahwa Suhu WBGT terhadap *human reliability* memiliki hasil yang signifikan dan koefisiennya bernilai minus, artinya Suhu WBGT memiliki hubungan terbalik dengan keandalan. Semakin besar suhu WBGT maka keandalan akan semakin menurun. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Gasperz (2005) yang menyatakan produk cacat dapat terjadi karena berbagai faktor, salah satunya adalah lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang tidak baik memungkinkan operator merasa tidak nyaman dalam melakukan pekerjaannya dan akan mengakibatkan kelelahan. Kelelahan akan mengakibatkan *human error* sehingga jika hal tersebut terjadi akan mengakibatkan menurunnya nilai keandalan manusia. Selain itu dibandingkan dengan pria, wanita memiliki hubungan antara suhu WBGT terhadap keandalan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Ukkas (2017), yaitu pekerja dengan jenis kelamin laki-laki umumnya memiliki tingkat produktivitas lebih banyak dibandingkan perempuan, hal itu disebabkan karena faktor yang dimiliki oleh perempuan seperti, fisiknya yang tidak sekuat laki-laki.

3. KESIMPULAN

1. Pada lingkungan kerja fisik untuk Suhu WBGT dan Pencahayaan, keduanya berada dalam klasifikasi yang aman. Hasil pengukuran suhu WBGT berada $< 28^{\circ}\text{C}$ artinya masih berada di bawah NAB. Hasil pengukuran pencahayaan berada di rentang 200 lux dan masuk ke kategori baik. Data detak jantung menunjukkan rentang 82.55 bpm – 87,37 bpm, yang artinya masuk ke kategori beban kerja ringan.
2. Hasil korelasi secara keseluruhan ditemukan adanya hubungan antara *heart rate* dengan suhu WBGT dan pencahayaan, hubungan antara *energy expenditure* dengan suhu WBGT, dan hubungan antara keandalan dengan suhu WBGT.

Daftar Pustaka

- Awaludin, A. (2008). *Kajian Human Error Pada Pekerja Subkon Sektor Jasa Konstruksi Pada Proyek PT. B Tahun 2008*. Depok: Universitas Indonesia.
- Batara, J. P. (2022). *Hubungan Intensitas Pencahayaan Dengan Kelelahan Mata Pada Pekerja Penjahit Pasar Petisah Kota Medan Tahun 2021*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Campbell, J., Jardine, A., & McGlynn, J. (2011). *Asset Management Excellent: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Dhillon, B. (2009). *Safety, Reliability, Human Factors, and Human Error in Engineering Maintenance with Reference To Aviation Power Generation*. Boca Raton: CRC Press.
- Dolas, D. R., Jaybhaye, M. D., & Deshmukh, S. D. (2014). *Estimation the System Reliability using Weibull Distribution*. *IPEDR*, 144-148
- Fenriandani, A. (2020). *Pengaruh Beban Kerja Dengan Tekanan Panas (Heatstress) Terhadap Tekanan Darah Pada Pekerja Pabrik Bagian Smelting Pt. Antam Tbk.Ubpn Sulawesi Tenggara*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Gasperz, V. (2005). *Sistem Manajemen Kinerja Terintegrasi Balanced Scorecard untuk Organisasi Bisnis dan Pemerintah*. Jakarta: Gramedia.
- Grandjean, E., & Kroemer. (2000). *Fitting the Task to the Human. A textbook of Occupational Ergonomics. 5 th edition*. Piladelphie: Taylor & Francis.
- Keytel, d. (2005). Prediction Of Energy Expenditure From Heart Rate Monitoring During Submaximal Exercise. *Journal of Sports Sciences*.
- Lukman, M. (2014). Analisis Pengaruh Lingkungan Fisik Kabin Masinis Terhadap Kelelahan Masinis Berdasarkan Heart Rate Variability. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 319-327.
- Rahayu, P. T. (2019). *Pengaruh Lingkungan Kerja Dan Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suma'mur. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta: Sagung Seto.
- Tarwaka. (2015). *Ergonomi Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi Dan Aplikasi Di Tempat Kerja*. Surakarta: Perpustakaan Politeknik STIA LAN.
- Tarwaka. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Produktivitas*. Surakarta: Uniba Press.
- Ukkas, I. (2017). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja Industri Kecilkota Palopo. *Journal of Islamic Education Management*, 187-198.
- Wulandari, S. (2017). Analisis Beban Kerja Mental, Fisik Serta Stres Kerja Pada Perawat Secara Ergonomi Di Rsud Dr. Achmad Mochtar Bukittinggi. *JOM Fekon, Vol. 4 No. 1 (Februari) 2017*, 954-966.

