

REDESAIN TROLLEY UNTUK PERAWATAN *PIPING AC PACKAGE* KERETA DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI DI BALAI YASA SURABAYA GUBENG

Eko Arianto¹, Sajiyo²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
ekoarianta@gmail.com

ABSTRACT

Balai Yasa Surabaya Gubeng is one of the organizations under the company PT. Kereta Api Indonesia (Persero) where in its main duties and functions Balai Yasa is assigned to carry out maintenance of train facilities that have been determined by the head office. Where every two years (P24) and every four years (P48) trains serving passenger transportation must be included for large-scale maintenance here. One of the maintenance activities carried out at Balai Yasa Surabaya Gubeng is AC train maintenance which consists of two types, namely split AC and AC Package. One of the treatments is piping, when the operator performs piping maintenance. The operator performs maintenance with a bent condition due to the condition of the Trolley which is quite short and not ergonomic. This causes many complaints to operators in the piping maintenance process on the AC, so it is necessary to redesign the Trolley to suit the anthropometry of workers, so that the workload can decrease and the productivity of AC Package maintenance increases. The results of this study obtained several outputs after the redesign, including where the trolley can be operated up and down according to standing work anthropometry so that it has a maximum height specification of 129cm, a total width of 182cm, a length of 160cm, and a minimum height of 64.7cm. There was a decrease in working time of 4.3% per day. For standard output, there was an increase of 8.1% per week. And Subjective fatigue through questionnaires distributed to each operator decreased by 20.83%, (down from the category of moderate fatigue to light fatigue category.) Objective fatigue analysis which was carried out by calculating the pulse rate also decreased fatigue in workers by 33,5%. And the total cost of redesigning 1 trolley is IDR 5,071,000.

Keywords: Redesign, ergonomics, work fatigue

PENDAHULUAN

kegiatan perawatan yang dilakukan di Balai Yasa Surabaya Gubeng adalah perawatan AC kereta yang terdiri dari dua jenis, yakni *AC split* dan *AC Package*. adapun jenis kereta yang terdapat *AC Split* hanya ada di kereta jenis K2 dan K3, sedangkan untuk *AC Package* adalah kereta K1 dan *K3 premium*. Untuk perawatan *AC Package* sendiri dilakukan perawatan khusus dimana dalam proses perawatannya AC dibongkar untuk dilakukan penggantian pada komponen yang rusak seperti penggantian pipa kapiler, *coil condensor*, *coil evaporator*, pengecekan fungsi *Thermostart*, *pressure switch*, penggantian bearing motor *Evaporator* dan *condensor*, serta beberapa perawatan penggantian baut pada *chasing AC* itu sendiri. Dalam proses perawatannya terdapat alat bantu dorong (*Trolley*) untuk menyangga dan memindahkan AC dari cucian untuk selanjutnya dilakukan proses perawatan. Dalam sistem perawatan pada unit perawatan *AC package* terdapat 2 Line produksi untuk merawat AC yang sudah dilepas dari kereta, dimana masing-masing bagian tersebut berisi operator yang melakukan perawatan dan terbagi menjadi 2 bagian besar terdiri dari perawatan pipa kapiler (*piping*) yang juga melakukan perawatan *casing AC* dan operator yang melakukan perawatan motor *evaporator* dan motor *condensor*. Sehingga dapat disimpulkan pada tabel berikut:

Tabel 1. garis besar perawatan AC Package

| Perawatan Pipa (<i>piping</i>) dan perawatan <i>Casing</i> | Perawatan motor (blower) evaporator dan Condensor | Total operator |
|--|---|----------------|
| 4 orang | 1 orang | 5 orang |
| 4 orang | 1 orang | 5 orang |

Untuk proses perawatan pipa kapiler (*piping*) dan perawatan casing AC Package terdapat kondisi yang tidak ergonomis sehingga operator di bagian ini sering merasakan lelah berlebihan dan menyebabkan rasa sakit pada pinggang. Dalam prosesnya, *Trolley* yang digunakan sebagai material handling cukup pendek sehingga saat merawat AC Package, operator harus membungkuk dengan waktu yang cukup lama, sedangkan pada proses *piping* sendiri operator di tuntut untuk hati-hati dalam melakukan penyambungan pipa dengan las karena proses ini sangat rentan terhadap kebocoran refrigerant. demikian saat perawatan casing yang juga ada proses pengelasan pada setiap sambungan baut dan memastikan semua terpasang dengan rapih. Dalam prosesnya, *Trolley* yang digunakan sebagai material handling cukup pendek sehingga saat merawat AC Package, operator harus membungkuk dengan waktu yang cukup lama, sedangkan pada proses *piping* sendiri operator di tuntut untuk hati-hati dalam melakukan penyambungan pipa dengan las karena proses ini sangat rentan terhadap kebocoran refrigerant. demikian saat perawatan casing yang juga ada proses pengelasan pada setiap sambungan baut dan memastikan semua terpasang dengan rapih. Adapun data awal hasil analisa kelelahan kerja secara subjektif menunjukkan setiap operator mengalami beban kerja dalam kategori “lelah”

Table 1. Tabel hasil analisa subjektif

| No | Nama Operator | nilai Rata-rata jawaban kuesioner |
|----|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | Abdillah Musofi | 2.6 |
| 2 | Tria A | 2.5 |
| 3 | Khoirul Anam | 2.7 |
| 4 | Yulius Handoyo .S | 2.2 |
| 5 | Erik Taufik.A | 2.5 |
| 6 | Ongky Treas. K | 2.2 |
| 7 | Sugiantoro | 2.5 |
| 8 | Achmad Harris | 2.0 |
| | Total | 2.4 |

Table 2. kategori skor jawaban Kuesioner

| No | Rerata skor jawaban kuesioner | Tingkat kelelahan |
|----|-------------------------------|-------------------|
| 1 | $\leq 1,5$ | Tidak Lelah |
| 2 | $> 1,5 - 2,0$ | Agak Lelah |
| 3 | $> 2,0 - 3,0$ | Lelah |
| 4 | $> 3,0$ | Sangat Lelah |

Dengan adanya beban kerja tersebut ditambah dengan fasilitas kerja yang tidak ergonomis ini bisa menyebabkan tingkat produktivitas operator menurun, lebih besar lagi *output* dari perawatan *AC Package* tidak bisa maksimal sesuai yang diharapkan. Beberapa dokumentasi juga menunjukkan sikap kerja yang tidak nyaman, Hal ini dikarenakan *trolley* yang digunakan sangat pendek dan tidak ergonomis sehingga mengakibatkan performa pada operator yang melakukan perawatan menjadi kurang maksimal serta mempengaruhi hasil *output* pada perawatan *AC Package*. Adapun spesifikasi *AC Package* sendiri memiliki ukuran 185cm x 160cm x 38cm dengan berat 310 Kg.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen, didalam penelitian akan dilakukan eksperimen terhadap hasil redesain *trolley* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kelelahan kerja, penurunan waktu kerja, peningkatan produktivitas, dan juga akan dilakukan analisis biaya yang dibutuhkan untuk melakukan redesain *trolley* sebanyak satu unit. Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung dan mengukur setiap komponen penelitian yang dibutuhkan mulai dari pengukuran waktu kerja, kelelahan kerja baik objektif maupun subjektif, hingga estimasi biaya yang diperlukan dalam melakukan redesain *trolley*.

Adapun langkah-langkah pengumpulan data sebagai berikut:

- Menurut Purnomo (2004) Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stopwatch time study*) diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini terutama sekali diaplikasikan untuk pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang – ulang (*repetitive*). Adapun Langkah-langkah pengolahan data waktu kerja

- uji kecukupan data

$$N' = \left(\frac{k/s\sqrt{N'\sum xi^2 - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right)^2 \quad (1)$$

- Uji Keseragaman data

$$BKA = x + k.\bar{\sigma} \quad (2)$$

$$BKB = x - k.\bar{\sigma}$$

- Standar deviasi

$$SD = \left(\frac{N \sum x^2 - (\sum x_i)^2}{N} \right) \quad (3)$$

- Waktu standar

$$Ws = Wn \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} \quad (4)$$

- Wkatu Normal

$$Wn = \bar{x} \times Rf \quad (5)$$

- Output standar

$$\text{Output standart (OS)} = \frac{1}{Ws} = 1/Ws \quad (6)$$

- Analisa kelelahan objektif

Menurut S. Widodo (2008) Penggunaan nadi kerja sebagai penilaian beban kerja mempunyai keuntungan, selain mudah, cepat dan Penggunaan nadi kerja sebagai alat ukur beban kerja tidak membutuhkan biaya yang besar serta hasil pengukuranya juga cukup akurat dan tidak mengganggu pekerjaan pekerja yang diperiksa

- Metode Analisa Beban Kerja Fisik Palpasi 10 Denyut Nadi

$$\text{Denyut nadi} \left(\frac{\text{Nadi}}{\text{Menit}} \right) = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{waktu perhitungan}} \times 60 \quad (7)$$

- Perhitungan % CVL

$$\%CVL = \frac{100(DNK - DNI)}{DNM - DNI} \quad (8)$$

Dimana:

DNK = Denyut nadi saat bekerja

DNI = Denyut nadi saat istirahat

DNM = Denyut nadi maksimum

- Analisa Kelelahan Subjektif

Menurut Sajiyo (2008) analisa beban kerja subjektif dapat dilakukan dengan wawancara melalui 30 pertanyaan kuesioner yang nantinya akan di isi oleh operator adapun tabel pertanyaannya sebagai berikut:

Dari hasil jawaban kuesioner selanjutnya akan dihitung menggunakan rumus berikut

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} \quad (9)$$

Keterangan:

BFS = Beban kerja fisik subyektif

$\sum NK$ = Total nilai kusioner

Kemudian Kriteria tingkat kelelahan seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. skor kategori kelelahan

| NO | RERATA SKOR JAWABAN KUESIONER | TINGKAT KELELAHAN |
|----|-------------------------------------|----------------------|
| 1 | $\leq 1,5$ | Tidak Lelah |
| 2 | $>1,5 - 2,0$ | Agak Lelah |
| 3 | $>2,0 - 3,0$ | Lelah |
| 4 | $>3,0$ | Sangat Lelah |

Sumber : Adiputra,1998

4. Antropometri

Menurut Sajiyo (2019:95) Antropometri adalah ukuran-ukuran tubuh manusia secara alamiah baik melakukan aktivitas statis (ukuran sebenarnya) maupun dinamis (d disesuaikan dengan pekerjaan). Adapun untuk menentukan fasilitas kerja dan operator menggunakan rumus percentile

Tabel 5. Percentile

| Percentile | Rumus |
|------------|--------------------------|
| 1 – St | $\bar{X} - 2,325.\sigma$ |
| 2,5 – th | $\bar{X} - 1,96.\sigma$ |
| 5 – th | $\bar{X} - 1,645.\sigma$ |
| 10 – th | $\bar{X} - 1,28.\sigma$ |
| 50 – th | \bar{X} |
| 90 – th | $\bar{X} + 1,28.\sigma$ |
| 95 – th | $\bar{X} + 1,645.\sigma$ |
| 97,5 – th | $\bar{X} + 1,96.\sigma$ |
| 99 – th | $\bar{X} + 2,325.\sigma$ |

(10)

5. Estimasi biaya redesain 1 unit *trolley*

Menurut Hansen (2004) perbedaan metode *full costin*, Dalam metode *full costing*, biaya *overhead* pabrik, baik yang berperilaku tetap maupun variabel, dibebankan

pada produk yang diproduksi atas dasar tarif yang ditentukan dimuka pada kapasitas normal atau atas dasar biaya *overhead* pabrik sesungguhnya.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Biaya bahan baku} & \text{xxx} & \\
 \text{Biaya tenaga kerja langsung} & \text{xxx} & \\
 \text{Biaya } overhead \text{ pabrik variabel} & \underline{\text{xxx}} & + \\
 \text{Total biaya produksi variabel} & \text{xxx} & \\
 \text{Biaya } overhead \text{ tetap} & \underline{\text{xxx}} & + \\
 \text{Harga pokok per unit} & \text{xxx} & (11)
 \end{array}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. SEBELUM REDESAIN

a. Analisa data waktu kerja

Tabel 6. data waktu kerja sebelum redesain

| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator | | | | | | | | Rata-rata |
|--------------|----------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Mengukur | 1 | 20 | 21 | 23 | 21 | 19 | 22 | 24 | 22 | 20.725 |
| | 2 | 19 | 20 | 17 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| | 3 | 19 | 18 | 19 | 24 | 23 | 20 | 22 | 22 | |
| | 4 | 24 | 18 | 23 | 20 | 22 | 18 | 24 | 21 | |
| | 5 | 20 | 22 | 20 | 20 | 20 | 19 | 22 | 20 | |
| Pembentukan | 1 | 145 | 146 | 154 | 149 | 159 | 149 | 154 | 158 | 151.68 |
| | 2 | 145 | 148 | 150 | 151 | 161 | 150 | 155 | 159 | |
| | 3 | 143 | 150 | 154 | 150 | 158 | 146 | 156 | 156 | |
| | 4 | 145 | 150 | 151 | 151 | 160 | 146 | 151 | 159 | |
| | 5 | 143 | 149 | 150 | 148 | 155 | 147 | 156 | 160 | |
| Pemotongan | 1 | 15 | 18 | 17 | 18 | 18 | 16 | 16 | 16 | 16.625 |
| | 2 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 16 | 16 | 15 | |
| | 3 | 15 | 17 | 16 | 17 | 19 | 16 | 16 | 15 | |
| | 4 | 16 | 18 | 16 | 19 | 18 | 17 | 15 | 16 | |
| | 5 | 17 | 16 | 16 | 17 | 19 | 15 | 15 | 15 | |
| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator | | | | | | | | Rata-rata |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Pengelasan | 1 | 240 | 245 | 242 | 241 | 251 | 255 | 256 | 249 | 247.63 |

| | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 | 241 | 246 | 245 | 241 | 250 | 255 | 254 | 251 |
| 3 | 240 | 245 | 243 | 240 | 252 | 254 | 256 | 250 |
| 4 | 241 | 245 | 242 | 242 | 252 | 254 | 255 | 248 |
| 5 | 242 | 246 | 243 | 241 | 250 | 256 | 257 | 249 |

- Rata-rata nilai *performance rating* berdasarkan tabel *rating factor*

a) mengukur

skill 0.087
 Effort 0.035
 Condition 0.012
Consistency 0.022 +

Rf 0.16

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 20,72 \times (1 + 0,16) = 23,98 \text{ menit}$$

b) pembentukan

skill 0.011
 Effort 0.062
 Condition 0.033
Consistency 0.027 +

Rf 0.24

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 151,57 \times (1 + 0,24) = 188,26 \text{ menit}$$

c) pemotongan

skill 0.14
 Effort 0.11
 Condition 0.03
Consistency 0.02 +

Rf 0.32

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 16,625 \times (1 + 0,32) = 21,98 \text{ menit}$$

d) pengelasan

skill 0.09
 Effort 0.07
 Condition 0.03
Consistency 0.01 +

Rf 0.21

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 257,625 \times (1 + 0,21) = 301,793 \text{ menit}$$

- *Allowance time*

a) Mengukur

PA 1%
FA 1%
DA 1% +
 Total *Alt* 3%

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 23,98 \times \frac{100\%}{100\% - 3 (\%)} = 24,80 \text{ menit}$$

b) Pembentukan

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 4% |
| <i>FA</i> | 3% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>2%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 9% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 188,26 \times \frac{100\%}{100\% - 9\%} = 207,74 \text{ menit}$$

c) Pemotongan

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 1% |
| <i>FA</i> | 1% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>1%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 3% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 16,625 \times \frac{100\%}{100\% - 1\%} = 22,70 \text{ menit}$$

d) Pengelasan

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 5% |
| <i>FA</i> | 4% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>2%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 11% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 301,793 \times \frac{100\%}{100\% - 11\%} = 340,85 \text{ menit}$$

- *Output standar*

a) Total output standar per hari

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| <i>Ws</i> pengukuran | 24,80 |
| <i>Ws</i> pembentukan | 207,74 |
| <i>Ws</i> pemotongan | 22,70 |
| <u><i>Ws</i> pengelasan</u> | <u>340,85</u> + |
| Total | 596,08 |

$$\frac{596,08}{60 \text{ (menit)}} = 9,8$$

$$\text{Output standart (OS)} = \frac{1}{9,8} = 0,102 \text{ unit/hari}$$

$$0,102 \times 7 \text{ (jam)} = 0,714 \text{ unit/hari}$$

b) Total output standar per minggu

$$0,714 \times 5 \text{ (hari)} = 3,4 \text{ unit/minggu}$$

b. Analisa kelelahan subjektif berdasarkan 30 pertanyaan gejala kelelahan

- Operator 1

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{78}{30} = 2,6$$

- Operator 2

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{77}{30} = 2,5$$

- Operator 3

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{82}{30} = 2,7$$

- Operator 4

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{66}{30} = 2,2$$

- Operator 5

$$\text{BFS} = \frac{\sum NK}{30} = \frac{76}{30} = 2,5$$

- Operator 6

$$\text{BFS} = \frac{\sum NK}{30} = \frac{76}{30} = 2,2$$

- Operator 7

$$\text{BFS} = \frac{\sum NK}{30} = \frac{75}{30} = 2,5$$

- Operator 8

$$\text{BFS} = \frac{\sum NK}{30} = \frac{70}{30} = 2,3$$

- Kesimpulan hasil perhtingan beban fisik subjektif sebagai berikut

Tabel 7. skor nilai kelelahan subjektif sebelum redesain

| Operator | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| nilai Rata-rata jawaban kuesioner | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.2 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.46667 |

Berdasarkan rata-rata hasil kuesioner menunjukkan bahwa operator dalam kategori “lelah” dengan skor rata-rata 2,4.

c. Analisa kelelahan Objektif berdasarkan denyut nadi

Denyut Nadi diukur dengan metode palpsi 10 denyut, baik pada saat istirahat maupun pada saat bekerja, selanjutnya data hasil pengukuran tersebut dianalisis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Denyut nadi} = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60$$

- Analisa Denyut Nadi Kerja (DNK) :

Dari pengukuran operator 1 pada saat bekerja didapatkan data 10 denyut memerlukan waktu rata-rata = 5,42 detik, sehingga DNK operator tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \text{DNK (1)} &= \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60 \\ &= \frac{10 \text{ denyut}}{5,42} \times 60 = 110,68 \text{ denyut / menit} \end{aligned}$$

- Analisis Denyut Nadi Istirahat (DNI) :

Dari hasil pengukuran operator 1 pada saat istirahat didapatkan data 10 denyut memerlukan waktu rata-rata = 8,20 detik sehingga denyut DNI Operator adalah :

$$\begin{aligned} \text{DNI (1)} &= \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60 \\ &= \frac{10 \text{ denyut}}{8,20} \times 60 = 73,15 \text{ denyut / menit} \end{aligned}$$

- Analisa % CVL

Jika operator 1 pada hari senin :

$$\%CVL = \frac{100\%(DNK-DNI)}{DN\ Max-DNI} = \frac{100 \times (124, -65,64)}{193-65,64} = 45,966$$

Keterangan:

DNI = Denyut nadi istirahat

DNK = Denyut nadi kerja

DN Max = Denyut nadi maksimal yaitu

Laki-laki = 220-umur

Perempuan = 200-umur

NK = Nadi kerja (DNK-DNI)

Dari hasil perhitungan %CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan.

hasil nilai rekapitulasi rata-rata CVL dalam 1 minggu penelitian sebelum dilakukan redesain sebagai berikut:

Tabel 8. skor nilai kelelahan objektif sebelum redesain

| Hari | DNK | DNI | DNK Max | %CVL |
|-----------|----------|----------|---------|----------|
| senin | 124.3628 | 69.00313 | 191.125 | 45.28616 |
| selasa | 123.9634 | 72.57727 | 191.125 | 43.31075 |
| rabu | 115.2453 | 73.87678 | 191.125 | 35.26852 |
| kamis | 124.3583 | 71.63886 | 191.125 | 44.07694 |
| rata-rata | 121.9825 | 71.77401 | 191.125 | 41.98559 |

Dari hasilnya terlihat rata-rata % CVL menunjukkan angka 47,98% dimana operator dikategorikan lelah ringan dan perlu diperbaiki

2. SETELAH REDESAIN

- Analisa antropometri sesuai kebutuhan pekerja

Dari pengolahan data percentile dari tiap-tiap pengukuran anthropometri operator perawatan *AC Package* mulai dari Tinggi berdiri tegak (TBT), Tinggi pinggang berdiri, Jangkauan tangan kedepan (JTK) kemudian ditetapkan nilai percentile 5-th untuk penentuan dimensi maksimum dan nilai percentile 95-th untuk dimensi minimum dari perancangan redesain *trolley*. Data dari perhitungan percentile tiap-tiap pengukuran anthropometri pegawai perawatan *AC Package* dikelompokkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 9. hasil perhitungan percentile

| jenis antropometri | \bar{X} | σ | percentile 5th | \bar{X} | percentile 95th |
|--------------------|-----------|----------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| | | | $\bar{X} - 1,645 .\sigma$ | | $\bar{X} + 1,645 .\sigma$ |
| TBT | 168 | 2.83 | 163.34 | 168.00 | 163.34 |

| | | | | | |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|
| TPB | 87,63 | 1,92 | 84.46 | 87,63 | 84.46 |
| JTK | 80,78 | 3,3 | 74.78 | 80,25 | 74.78 |

b. Analisa waktu kerja

Tabel 10. data waktu kerja setelah redesain

| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator (menit) | | | | | | | | Rata-rata |
|--------------|----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Mengukur | 1 | 20 | 21 | 18 | 21 | 19 | 22 | 21 | 18 | 19.975 |
| | 2 | 21 | 20 | 17 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 | |
| | 3 | 18 | 18 | 19 | 22 | 19 | 20 | 22 | 22 | |
| | 4 | 21 | 18 | 23 | 20 | 22 | 18 | 20 | 21 | |
| | 5 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 20 | |
| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator | | | | | | | | Rata-rata |
| Pembentukan | 1 | 145 | 146 | 144 | 149 | 148 | 145 | 143 | 146 | 145.48 |
| | 2 | 141 | 148 | 148 | 149 | 148 | 147 | 143 | 145 | |
| | 3 | 143 | 144 | 149 | 149 | 145 | 146 | 144 | 145 | |
| | 4 | 142 | 143 | 143 | 149 | 143 | 146 | 145 | 144 | |
| | 5 | 143 | 145 | 145 | 148 | 144 | 147 | 149 | 143 | |
| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator | | | | | | | | Rata-rata |
| Pemotongan | 1 | 15 | 18 | 17 | 18 | 14 | 16 | 16 | 16 | 16.1 |
| | 2 | 17 | 15 | 18 | 18 | 18 | 16 | 15 | 15 | |
| | 3 | 15 | 17 | 16 | 17 | 17 | 15 | 16 | 15 | |
| | 4 | 16 | 17 | 16 | 17 | 16 | 17 | 15 | 14 | |
| | 5 | 17 | 16 | 16 | 17 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| Elemen Kerja | pengamatan ke- | Operator | | | | | | | | Rata-rata |
| Pengelasan | 1 | 239 | 238 | 242 | 241 | 239 | 243 | 240 | 242 | 240 |
| | 2 | 238 | 240 | 242 | 241 | 237 | 246 | 240 | 235 | |
| | 3 | 240 | 239 | 238 | 240 | 233 | 244 | 239 | 237 | |
| | 4 | 239 | 245 | 237 | 242 | 239 | 241 | 237 | 238 | |
| | 5 | 241 | 242 | 240 | 241 | 240 | 246 | 239 | 240 | |

- Rata-rata nilai *performance rating* berdasarkan tabel *rating factor*

a) Mengukur

| | |
|-------------|---------|
| skill | 0.09 |
| Effort | 0.035 |
| Condition | 0.012 |
| Consistency | 0.022 + |
| <i>Rf</i> | 0.16 |

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 19,75 \times (1 + 0,16) = 23,11 \text{ menit}$$

b) pembentukan

| | |
|--------------------|----------------|
| skill | 0.011 |
| Effort | 0.062 |
| Condition | 0.033 |
| <u>Consistency</u> | <u>0.027</u> + |
| <i>Rf</i> | 0.24 |

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 150,85 \times (1 + 0,24) = 187,24$$

c) pemotongan

| | |
|--------------------|---------------|
| skill | 0.14 |
| Effort | 0.11 |
| Condition | 0.03 |
| <u>Consistency</u> | <u>0.02</u> + |
| <i>Rf</i> | 0.32 |

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 16,62 \times (1 + 0,32) = 21,29 \text{ menit}$$

d) pengelasan

| | |
|--------------------|---------------|
| skill | 0.09 |
| Effort | 0.07 |
| Condition | 0.03 |
| <u>Consistency</u> | <u>0.01</u> + |
| <i>Rf</i> | 0.21 |

$$W_n = \bar{x} \times R_f = 241,95 \times (1 + 0,21) = 294,88 \text{ menit}$$

- Allowance time

a) Mengukur

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 2% |
| <i>FA</i> | 2% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>1%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 6% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 23,11 \times \frac{100\%}{100\% - 6 (\%)} = 24,46 \text{ menit}$$

b) Pembentukan

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 4% |
| <i>FA</i> | 3% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>2%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 9% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 187,24 \times \frac{100\%}{100\% - 9\%} = 206,61 \text{ menit}$$

c) Pemotongan

| | |
|------------------|-------------|
| <i>PA</i> | 1% |
| <i>FA</i> | 1% |
| <u><i>DA</i></u> | <u>1%</u> + |
| Total <i>Alt</i> | 3% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 21,292 \times \frac{100\%}{100\% - 6 (\%)} = 21,98 \text{ menit}$$

d) Pengelasan

| | |
|------------------|-----|
| <i>PA</i> | 5% |
| <i>FA</i> | 4% |
| <i>DA</i> | 2% |
| <hr/> | |
| Total <i>Alt</i> | 11% |

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Alt (\%)} = 301,793 \times \frac{100\%}{100\% - 11 \%} = 340,85 \text{ menit}$$

- *Output standar*

$$\text{Output standart (OS)} = \frac{1}{W_s} = 1/W_s$$

a) Total output standar per hari

| | |
|-----------------------|--------|
| <i>Ws pengukuran</i> | 23,90 |
| <i>Ws pembentukan</i> | 206,61 |
| <i>Ws pemotongan</i> | 21,98 |
| <i>Ws pengelasan</i> | 329,16 |
| <hr/> | |
| Total | 572,02 |

$$\frac{581,65}{60 (\text{menit})} = 8,4 \text{ dibulatkan } 9,5 \text{ menit}$$

$$\text{Output standart (OS)} = \frac{1}{9,6} = 0,104 \text{ unit/hari}$$

$$0,104 \times 7 (\text{jam}) = 0,729 \text{ unit/hari}$$

b) Total output standar per minggu

$$0,833 \times 5 (\text{hari}) = 3,6 \text{ unit/minggu}$$

c. Analisa Kelelahan subjektif

Dari total skor jawaban kuesioner maka kita dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

- Operator 1 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{54}{30} = 1,8$
- Operator 5 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{63}{30} = 2,1$

- Operator 2 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{58}{30} = 1,9$
- Operator 6 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{60}{30} = 2$

- Operator 3 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{59}{30} = 1,9$
- Operator 7 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{54}{30} = 1,8$

- Operator 4 $BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{54}{30} = 1,8$

- Operator 8

$$BFS = \frac{\sum NK}{30} = \frac{61}{30} = 2,0$$

Sehingga jika di total keseluruhan maka dapat dihitung hasil kuesioner dapat di dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. skor nilai kelelahan subjektif setelah redesain

| Operator | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|------------|
| nilai Rata-rata jawaban kuesioner | 1.9 | 1.8 | 1.9 | 2 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 2 | 1.9 |

Dengan total nilai 1,9 maka semua pekerja di unit perawatan *AC Package* berada pada kategori “lelah ringan” berdasarkan klasifikasi hasil kuesioner.

d. Analisa kelelahan objektif

Denyut Nadi diukur dengan metode palpsi 10 denyut, baik pada saat istirahat maupun pada saat bekerja, selanjutnya data hasil pengukuran tersebut dianalisis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Denyut nadi} = \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60$$

- Analisa Denyut Nadi Kerja (DNK) :

Dari pengukuran operator 1 pada saat bekerja didapatkan data 10 denyut memerlukan waktu rata-rata = 5,65 detik, sehingga DNK operator tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \text{DNK (1)} &= \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60 \\ &= \frac{10 \text{ denyut}}{5,65} \times 60 = 106,19 \text{ denyut / menit} \end{aligned}$$

- Analisis Denyut Nadi Istirahat (DNI) :

Dari hasil pengukuran operator 1 pada saat istirahat didapatkan data 10 denyut memerlukan waktu rata-rata = 11,82 detik sehingga denyut DNI Operator Rotari adalah :

$$\begin{aligned} \text{DNI (1)} &= \frac{10 \text{ denyut}}{\text{Waktu perhitungan}} \times 60 \\ &= \frac{10 \text{ denyut}}{8,32} \times 60 = 72,12 \text{ denyut / menit} \end{aligned}$$

- Analisa % CVL

Jika operator 1 pada hari senin dengan data berikut:

$$\%CVL = \frac{100\%(DNK-DNI)}{DN \text{ Max}-DNI} = \frac{100 \times (90,21-50,76)}{193-50,76} = 27,740$$

Keterangan:

DNI = Denyut nadi istirahat

DNK = Denyut nadi kerja

DN Max = Denyut nadi maksimal yaitu

Laki-laki = 220-umur

Perempuan = 200-umur

NK = Nadi kerja (DNK-DNI)

Dari hasil perhitungan %CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan.

hasil nilai rekapitulasi rata-rata CVL dalam 1 minggu penelitian setelah dilakukan redesain sebagai berikut:

Tabel 12. skor nilai kelelahan objektif setelah redesain

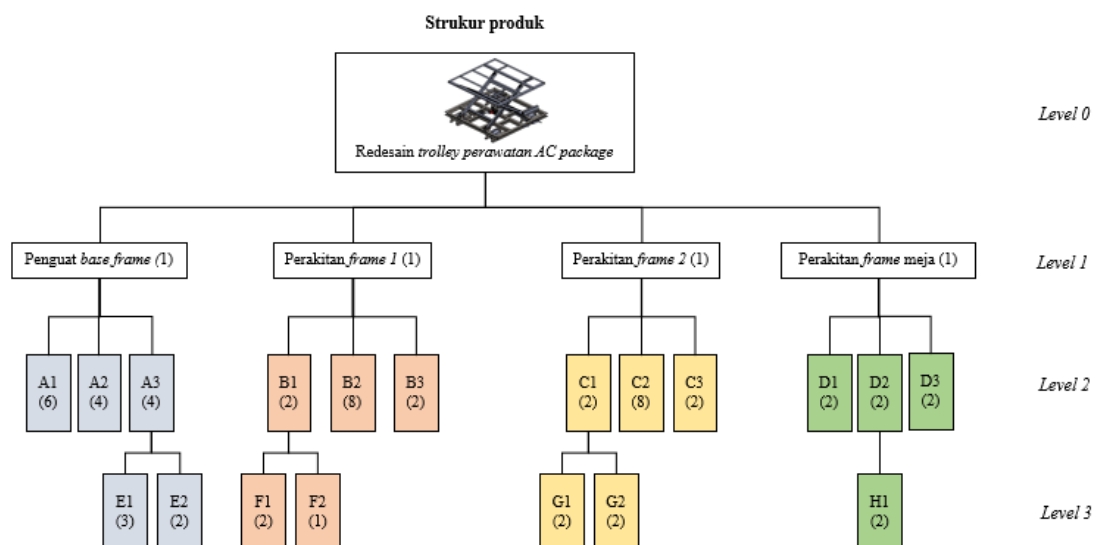
| Hari | DNK | DNI | DNK Max | %CVL |
|-----------|----------|----------|---------|----------|
| Senin | 107.4523 | 70.20444 | 191.125 | 30.74799 |
| Selasa | 103.5788 | 71.04066 | 191.125 | 27.09391 |
| Rabu | 107.9759 | 71.82223 | 191.125 | 30.26022 |
| Kamis | 99.98526 | 71.87795 | 191.125 | 23.44735 |
| rata-rata | 104.748 | 71.23632 | 191.125 | 27.88737 |

Dari hasilnya terlihat rata-rata %CVL menunjukkan angka 27,88% dimana operator dikategorikan tidak lelah.

e. Estimasi biaya

- Struktur produk

Gambar 1. Struktur produk setelah redesain



- Bill of material

Tabel 13. *bill of material* redesain *trolley*

| Kode | level | Deskripsi | Spesifikasi | Jumlah | harga |
|--------------|-------|---|----------------|--------|---------------------|
| | 0 | redesain <i>trolley</i> perawatan <i>piping AC</i> <i>Package</i> | | 1bh | |
| | 1 | penguat <i>basic frame</i> <i>trolley</i> | | 1bh | |
| A1 | 2 | besi UNP 100 | 100x10x400 | 6bh | Rp 300.000 |
| A2 | 2 | rel bawah (besi St 41) | 400x10mm | 4bh | Rp 60.000 |
| A3 | 2 | engsel UNP 80 | 80x50x60 mm | 6bh | Rp 120.000 |
| E1 | 2 | Pin | | 3bh | Rp 360.000 |
| E2 | 2 | Dongkrak | 10ton | 1bh | Rp 250.000 |
| | 1 | Perakitan <i>frame 1</i> | | 1bh | |
| B1 | 2 | besi UNP 50 | 50x50 mm | 2bh | Rp 280.000 |
| B2 | 2 | Bush | | 8bh | Rp 260.000 |
| B3 | 2 | Rodal nilon | Φ80mm | 2bh | Rp 84.000 |
| F1 | 2 | baut | M10x70 | 2bh | Rp 86.000 |
| F2 | 2 | Pin | | 1bh | Rp 360.000 |
| | 1 | Perakitan <i>frame 2</i> | | 1bh | |
| C1 | 2 | besi UNP 50 | 50x50 mm | 2bh | Rp 280.000 |
| C2 | 2 | Bush | | 8bh | Rp 260.000 |
| C3 | 2 | Rodal nilon | Φ80mm | 2bh | Rp 84.000 |
| G1 | 2 | Rodal nilon | Φ60mm | 2bh | Rp 70.000 |
| G2 | 2 | baut | M10x70 | 2bh | Rp 86.000 |
| | 1 | <i>Frame</i> meja atas | | 1bh | |
| D1 | 2 | besi siku | 50x50x3 mm | 1bh | Rp 250.000 |
| D2 | 2 | engsel UNP 80 | 80x50x60 mm | 4bh | Rp 80.000 |
| D3 | 3 | Rel atas (besi st 41) | 400x10mm | 2bh | Rp 60.000 |
| H1 | 2 | Pin | | 2bh | Rp 240.000 |
| Total | | | | | Rp 3,330.000 |

- Perhitungan biaya redesain *trolley*
Biaya redesain *trolley AC Package* baru yakni :
Biaya Bahan Baku : Rp 3.330.000
Biaya tenaga kerja : Rp 1.490.000
Biaya *overhead* : Rp 251.809 +
Rp 5.071.000

f. Perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan redesain

- Perbandingan waktu kerja

Tabel 14. Perbandingan waktu kerja

| No. | Hasil Analisa | sebelum redesain | Sesudah redesain |
|-----|----------------|------------------|------------------|
| 1 | Waktu standar | 596,08/ hari | 572,02/ hari |
| 2 | output standar | 3,4/minggu | 3,7/ minggu |

Dari tabel diatas maka dapat dilakukan perbandingan prosesntase pada perubahan waktu dan output standar sebagai berikut :

$$\frac{W_{sL}-W_{sB}}{W_{sL}} \times 100\% = \frac{596,08-572,02}{596,08} \times 100\% = 4,03\% \text{ per hari}$$

$$\frac{O_{sB}-O_{sL}}{O_{sB}} \times 100\% = \frac{3,7-3,4}{3,7} \times 100\% = 8,1\% \text{ per minngu}$$

Keterangan :

WsL : Waktu standar lama

WsB : Waktu standar baru

OsB : output standar lama

OsL : Output standar baru

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa waktu standar berkurang sebesar 4,03%/ hari, sedangkan output standar terjadi peningkatan sebear 8,1% per minggu

- Perbandingan Analisa kelelahan

Tabel 15. perbandingan kelelahan kerja

| No. | Hasil Analisa | sebelum redesain | Sesudah redesain |
|-----|--------------------------|------------------|------------------|
| 1 | skor kelelahan subjektif | 2,4 | 1,9 |
| 2 | CVL kelelahan obejktif | 41,98% | 27,88% |

Dari tabel diatas maka dapat dilakukan perbandingan prosesntase pada perubahan waktu dan output standar sebagai berikut :

$$\frac{K_{sL}-K_{sB}}{K_{sL}} \times 100\% = \frac{2,4-1,9}{2,4} \times 100\% = 20,83\%$$

$$\frac{K_{oL}-K_{oB}}{K_{oL}} \times 100\% = \frac{41,96-27,88}{41,98} \times 100\% = 33,55\%$$

Keterangan :

KsL : Kelelahan subjektif lama

KsB : Kelelahan subjektif baru

KoB : Kelelahan objektif lama

KoL : Kelelahan objektif baru

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa skor kelelahan subjektif berkurang dari kategori lelah menjadi kategori lelah ringan, sedangkan hasil kelellahan objektif berkurang dari 32,62% (kategori lelah) menjadi 29,81% (kategori lelah ringan)

KESIMPULAN

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan analisa dari hasil redesain *trolley* untuk perawatan *piping AC package* kereta di UPT.Balai Yasa Surabaya Gubeng. adapun hasil kesimpulan sebagai berikut Berdasarkan hasil antropometri dengan operator tinggi berdiri tegak 163,34cm, tinggi pinggang berdiri 84,46cm dan jangkauan tangan kedepan 74,78cm. Redesain *trolley* disesuaikan dengan kebutuhan operator dimana *trolley* bisa dioperasikan naik turun sesuai antropometri kerja berdiri sehingga memiliki spesifikasi tinggi maksimal 129cm, lebar total 182cm, panjang 160cm, dan tinggi minimum 64,7cm. Setelah dilakukan redesain pada *trolley*, Pada waktu standar pengerjaan perawatan *piping AC Package* kereta terjadi penurunan waktu kerja sebanyak 4,3% per hari Untuk output standar sendiri terjadi peningkatan sebesar 8,1% per minggu. Dari analisa kelelahan subjektif melalui kuesioner yang di sebar pada msing-masing operator terjadi penurunan sebesar 20,83%, (turun dari kategori lelah sedang menjadi kategori lelah ringan.) Analisa kelelahan objektif yang dilakukan dengan cara menghitung denyut nadi juga terjadi penurunan kelelahan pada pekerja sebesar 33,5%. Adapun total biaya redesain pada 1 *trolley* sebesar Rp 5.071.000,- .

Daftar Pustaka

- Adhi Dwi Artha, (2011). Perancangan Ulang Alat Mesin Pembuat Es Puter Berdasarkan Aspek Ergonomi
- Irawan, Purna, Agustinus, (2017). Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur. Yogyakarta. Andi Offset.
- Jum Natsoba, Jaji (2016). pengaruh posisi ergonomis terhadap kejadian *low back pain* pada penenun songket di kampung bni 46
- M. Idham Kholid & Sajiyo, (2018) Rancang bangun alat pemecah kelapa muda di kabupaten sidoarjo dengan pendekatan ergonomi
- Putri Marcheliani Safitri, Indah Kurnia M.L, Lucyana Tresia (2018),. Perancangan Footrest Stairs dan Scissor Lift Table di Area Mesin CNC Bor Melalui Pendekatan Ergonomi dengan Metode Posture Evaluation Index (PEI)di PT Pindad (Persero) Bandung
- Ulrich, Karl T, dan Eppinger, Steven D, (2001). Perancangan dan Pengembangan Produk (Alih Bahasa : Azmi, Nora dan Marie, Iveline Anne). Jakarta. Salemba Teknika.
- Sajiyo dkk, (2019). Ergonomi Industri. Malang, UB press.

- Tomi agus, Titisn Isna, Cyrilla Indri (2015). redesain alat pengupas biji mete berbasis ergonomi dan *quality function deployment (QFD)* guna meningkatkan kualitas kesehatan pekerja.
- Wignjosoebroto, Sritomo, (2006). Ergonomi studi gerak dan waktu. Surabaya, Prima printing.