

# **USULAN DESAIN JIG DAN JUMLAH OPERATOR UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PROSES PENGECATAN BATTERY COVER SMARTPHONE POLYTRON PADA MESIN PU BASE COAT UNIT PAINTING (Studi Kasus PT. Hartono Istana Teknologi Kudus)**

**Harun Pamuji**

*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang  
Email: [harunpamuji14@gmail.com](mailto:harunpamuji14@gmail.com)*

## **ABSTRAK**

*PT. Hartono Istana Teknologi (HIT) merupakan salah satu perusahaan manufaktur terbesar di Indonesia yang bergerak di bidang elektronik. Perusahaan ini memiliki dua lokasi perusahaan, yaitu terletak di Kudus dan Sayung. Unit painting PT. HIT yang berlokasi di Kudus merupakan unit yang digunakan untuk proses pengecatan produk, baik pengecatan dasar maupun pengecatan akhir. Unit ini digunakan dalam proses berbagai macam produk Polytron, termasuk smartphone. Berdasarkan peramalan, permintaan untuk produk smartphone mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut melebihi kapasitas dari unit ini, sehingga perlu dilakukan peningkatan produktivitas, termasuk pada unit ini. Peningkatan produktivitas dapat dicapai dengan berbagai cara, seperti pengembangan peralatan kerja, pengaturan kondisi kerja, dan penggunaan secara maksimal sumber daya yang ada. Dalam meningkatkan produktivitas pada mesin PU base coat unit painting PT. HIT, peningkatan produktivitas diupayakan dengan melakukan pengembangan terhadap peralatan kerja dan efisiensi sumber daya dengan menentukan jumlah pekerja optimal. Pengembangan peralatan kerja dilakukan dengan melakukan desain ulang terhadap jig produk menggunakan software AutoCAD. Sementara penentuan jumlah pekerja optimal dilakukan dengan perhitungan waktu standar melalui metode SWTS (Stop Watch Time Study) yang kemudian digunakan untuk menentukan kebutuhan pekerja berdasarkan beban kerja kapasitas pekerja.*

**Kata kunci :** *jig, smartphone, pengukuran kerja, SWTS*

## **ABSTRACT**

*PT. Hartono Istana Teknologi (HIT) is one of the largest manufacturing companies in Indonesia that engaged in electronics equipments. This company has two company locations, there are located in Kudus and Sayung. Painting unit of PT. HIT that located in Kudus is a unit used for product painting processes, either basic painting, and final painting. This unit is used in the process of various Polytron products, including smartphones. Based on forecasting, demand for smartphone products has increased. This increase exceeds the capacity of this unit, therefore productivity needs to be increased, including this unit. Increased productivity can be achieved in various ways, such as the development of work equipment, regulation of working conditions, and maximum use of existing resources. In order to increase the productivity of PU base coat painting machines unit of PT. HIT, the effort can be cultivated by developing work equipment and resource efficiency by determining the optimal number of workers. Development of work equipment is done by redesigning product jigs using AutoCAD. Then the determination of the optimal number of workers is achieved by calculating standard time through the SWTS (Stop Watch Time Study) method which is then used to determine workers' needs based on the workload capacity.*

**Keywords:** *jig, smartphone, work measurement, SWTS*

### **1. Pendahuluan**

Dengan persaingan industri yang semakin ketat, setiap perusahaan dituntut untuk terus meningkatkan produktivitasnya. Peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari proses produksi yang dapat dicapai melalui pengembangan peralatan kerja, pengaturan

kondisi kerja, dan penggunaan secara maksimal sumber daya yang ada.

PT. Hartono Istana Teknologi (HIT) merupakan salah satu perusahaan manufaktur terbesar di Indonesia yang bergerak di bidang elektronik. Perusahaan yang berdiri sejak tahun 1975 ini memiliki dua lokasi perusahaan, yaitu terletak di Kudus dan Sayung. Perusahaan telah ini

memproduksi berbagai macam peralatan audio, video, peralatan rumah tangga seperti AC, kulkas, dispenser, hingga telepon genggam. Sebagai salah satu perusahaan terbesar di Indonesia, perusahaan dengan merk dagang Polytron ini senantiasa berupaya memperluas pangsa pasar dan memenuhi permintaan konsumen yang semakin meningkat terhadap perangkat-perangkat elektronik, seperti *smartphone*.

Unit *painting* PT. HIT yang berlokasi di Kudus merupakan unit yang digunakan untuk proses pengecatan produk, baik pengecatan dasar maupun pengecatan akhir. Unit ini digunakan dalam proses berbagai macam produk Polytron, termasuk *smartphone*. Saat ini *production rate* mesin *base coat* unit *painting* yaitu sebanyak 4459 unit battery cover *smartphone* per hari. Sementara berdasarkan data peramalan, permintaan produk *smartphone* meningkat sebesar 9059 unit, sehingga produktivitas pada unit *painting* PT. Hartono Istana Teknologi (Kudus) perlu ditingkatkan

Peningkatan produktivitas dapat dicapai dengan berbagai cara, seperti pengembangan peralatan kerja, pengaturan kondisi kerja, dan penggunaan secara maksimal sumber daya yang ada. Dalam meningkatkan produktivitas pada mesin *PU base coat* unit *painting* PT. HIT, peningkatan produktivitas diupayakan dengan melakukan pengembangan terhadap peralatan kerja dan efisiensi sumber daya dengan menentukan jumlah pekerja optimal. Pengembangan peralatan kerja dilakukan dengan melakukan desain ulang terhadap jig produk menggunakan *software* AutoCAD. Sementara penentuan jumlah pekerja optimal dilakukan dengan perhitungan waktu standar melalui metode SWTS (*Stop Watch Time Study*) yang kemudian digunakan untuk menentukan kebutuhan pekerja berdasarkan beban kerja kapasitas pekerja.

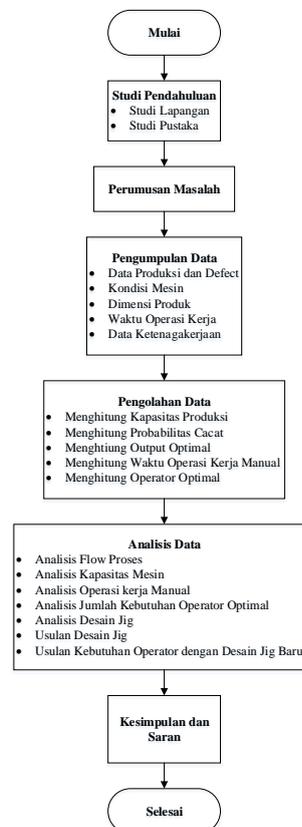
## 2. Metodologi

Metodologi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

### Pengukuran Kerja

Pengukuran kerja (*work measurement*) merupakan suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja dengan kemampuan rata-rata dan terlatih dalam melaksanakan kegiatan kerja dalam kondisi kerja yang normal. Salah satu kriteria pengukuran kerja adalah pengukuran waktu (*time study*). Pengukuran kerja dalam hal ini yaitu pengukuran waktu standar atau waktu baku. Waktu standar dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis lainnya. Waktu standar digunakan dalam penentuan jadwal dan perencanaan kerja; perencanaan kebutuhan tenaga kerja; estimasi biaya-biaya untuk upah pekerja, indikasi keluaran

output yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja, dan penentuan efektivitas pekerja atau mesin. Proses pengukuran waktu terdiri dari pengukuran waktu secara langsung dan secara tidak langsung.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

### Pengukuran Kerja *Stop-Watch Time Study* (SWTS)

*Stopwatch time study* (SWTS) atau pengukuran kerja dengan jam henti adalah pengukuran waktu kerja secara langsung yang dilakukan dengan alat ukur waktu *stopwatch*. Metode ini sangat cocok diterapkan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan. Waktu baku ini akan digunakan sebagai standar penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama. Metode pengukuran dengan jam henti merupakan cara pengukuran yang obyektif karena dalam hal ini waktu ditetapkan berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak hanya sekedar estimasi secara subyektif

### Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan rata-rata waktu proses pada pengamatan terhadap suatu operasi kerja, yang dalam hal ini yaitu operasi kerja yang dilakukan secara berulang ulang. Waktu siklus

diperoleh melalui pengamatan. Waktu siklus ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Ws = \frac{\sum Xi}{N} \quad 1)$$

Dengan  $Ws$  = waktu siklus,  $\sum Xi$  = jumlah nilai data, dan  $N$  = jumlah data.

### Uji Kecukupan Data

Pengukuran waktu kerja untuk masing-masing elemen kerja yang telah ditentukan biasanya dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan data yang *valid*. Untuk menetapkan jumlah pengamatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut;

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

dengan  $k$  harga indeks berdasarkan tingkat kepercayaan (*confidence level*),  $s$  derajat ketelitian (*degree of accuracy*).

### Performance Rating dengan Metode Westinghouse

*Performance rating* ditentukan sebagai penyesuaian waktu berdasarkan kondisi pekerja saat melakukan pekerjaan. Tabel 1 merupakan *performance rating* dengan metode *Westinghouse*:

**Tabel 1. Performance Rating dengan Metode Westinghouse**

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	Superskill	A1	+ 0,15
	Exellent	A2	+ 0,13
		B1	+ 0,11
Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	Good	B2	+ 0,08
	Average	C1	+ 0,06
	Fair	C2	+ 0,03
	Poor	D	0,00
		E1	- 0,05
		E2	- 0,10
		F1	- 0,16
		F2	- 0,22
Usaha	Superskill	A1	+ 0,13
	Exellent	A2	+ 0,12
	Good	B1	+ 0,10
	Average	B2	+ 0,08
	Fair	C1	+ 0,05
	Poor	C2	+ 0,02
		D	0,00
		E1	- 0,04
		E2	- 0,08
		F1	- 0,12
	F2	- 0,17	
Kondisi	Superskill	A	+ 0,06
	Exellent	B	+ 0,04
	Good	C	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,03
	Poor	F	- 0,07
Konsistensi	Superskill	A	+ 0,04
	Exellent	B	+ 0,03
	Good	C	+ 0,01
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,02
	Poor	F	- 0,04

(Nurmianto, 2003)

### Waktu Normal

Waktu normal adalah waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kondisi wajar dan kemampuan rata-rata. Pembagian faktor penyesuaian waktu normal dalam bekerja terbagi atas 3 yaitu:

- $P = 1 / P = 100\%$  artinya bekerja normal
- $P > 1 / P > 100\%$  artinya bekerja cepat
- $P < 1 / P < 100\%$  artinya bekerja lambat.

Perhitungan waktu normal adalah sebagai berikut:

$$Wn = Ws \times p \quad 3)$$

dengan  $Wn$  = waktu normal,  $P$  = *performance rating*

### Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan seorang pekerja rata-rata untuk menyelesaikan suatu satuan pekerjaan secara wajar dalam suatu rancangan sistem kerja tertentu. (Echa, 2012) Langkah-langkah menghitung waktu baku adalah sebagai berikut:

$$Wb = Wn + (Wn \times \ell) \quad 4)$$

dengan:

$Wn$  = waktu normal

$p$  = penyesuaian

$Wb$  = waktu baku

$\ell$  = kelonggaran

### Analisis Beban Kerja

Pengukuran beban kerja merupakan salah satu teknik manajemen untuk mendapatkan informasi jabatan, melalui proses penelitian dan pengkajian yang dilakukan secara analisis. Informasi jabatan tersebut dimaksudkan agar dapat digunakan sebagai alat untuk menyempurnakan aparatur baik di bidang kelembagaan, ketatalaksanaan, dan sumber daya manusia. Metode *workload analysis* merupakan suatu proses untuk menghitung beban kerja pada suatu posisi atau sub-posisi dan juga kebutuhan jumlah orang untuk mengisi posisi/sub posisi tersebut. Perhitungan beban kerja dilakukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\frac{\text{Jumlah Kebutuhan Pekerja} = \text{waktu kerja 1 orang untuk memenuhi target}}{\text{waktu kerja efektif yang tersedia}} \quad 5)$$

### Penentuan Jumlah Operator

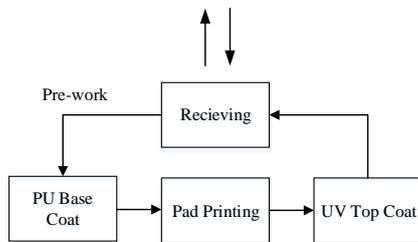
Jika jumlah output utama dan waktu kerja tersedia serta waktu baku pekerjaan sudah ditentukan maka untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada suatu aktivitas operasi dapat menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$N = \frac{P \times Wb}{DE} \quad 6)$$

dengan  $N$  (Jumlah pekerja optimal yang dibutuhkan pada suatu operasi kerja),  $P$  (target output yang harus dihasilkan selama periode), dan  $DE$  (waktu kerja efektif).

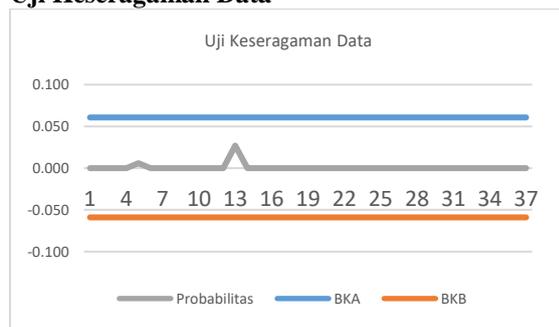
### 3. Hasil dan Pembahasan Unit *Painting* PT HIT Kudus

Unit *painting* PT. Hartono Istana Teknologi Kudus merupakan salah satu unit baru yang mulai beroperasi pada bulan Desember 2016. Unit terbagi dalam tujuh proses kerja, yaitu *receiving*, *prework*, *pad painting*, *UV base coat metalizing*, *PU base coat*, *UV top coat*, dan *vacuum*. Gambar 2 merupakan proses pengecatan *smartphone*:



Gambar 2. Alur Proses Produk *Battery cover Smartphone Polytron*

#### Probabilitas Cacat Produk Uji Keseragaman Data



Gambar 3. Grafik Keseragaman Data *Defect*

Dari perhitungan probabilitas cacat berdasarkan data produksi pengecatan *smartphone* mesin *PU base coat*, probabilitas cacat pada mesin *PU base coat* diketahui sebesar 0,001.

#### Perhitungan Kapasitas Mesin

Proses pewarnaan *battery cover smartphone* berjalan dengan sistem *flow shop*. Mesin *PU Base Coat* berjalan dengan menggunakan konveyor dengan kecepatan yang dapat diatur. Mesin tersebut menggunakan stik-stik sebagai tempat untuk meletakkan jig produk. Stik ini berbentuk silinder, disusun secara horizontal dengan jarak antar stik 5 cm. Mesin ini merupakan mesin yang berjalan secara kontinyu dengan lintasan melingkar. Berikut merupakan data mesin *PU Base Coat*

Tabel 2. Mesin *PU Base Coat*

Nama Mesin	Kecepatan	Jumlah Stik untuk Jig	Jumlah Operator
<i>PU Base Coat</i>	2,5 rpm	2610	6

Tabel 3. Rekap Kapasitas Mesin *PU Base Coat*

Nama Mesin	Kecepatan Produksi		Waktu Pemasangan Jig	Waktu untuk menghasilkan produk pertama
	Detik /Unit	Unit /Menit		
<i>PU Base Coat</i>	5	12	48 menit 58 detik	48 menit 58 detik

Tabel 3. Rekap Kapasitas Mesin *PU Base Coat* (lanjutan)

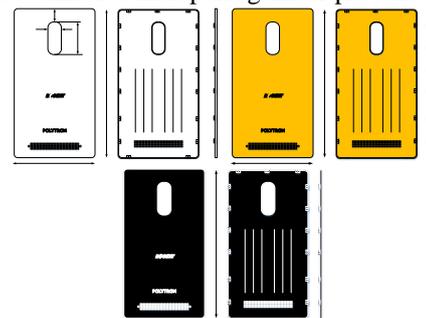
Waktu Istirahat	Waktu efektif untuk menghasilkan produk	Kemampuan Produksi Maksimal per Hari
10 menit	421 menit 2 detik	4464,4 ≈ 4464

Tabel 4. Output Optimal dengan *Defect*

Nama Mesin	Kemampuan Produksi Maksimal per Hari	Prob. Defect	Kemampuan Produksi Produk Baik per Hari
<i>PU Base Coat</i>	4464	0,001	4459,5 ≈ 4459

#### Data Produk

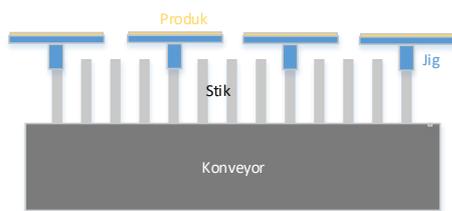
Terdapat tiga tipe *battery cover* yang diproduksi, yaitu *Battery Cover BLK R2507W/PN(BLK)+PRT+UV*, *Battery Cover WHT R2507 /PNT(WH)+PRT+UV*, dan *Battery Cover BLK R2507 /PNT(GL)+PRT+UV*. Ketiga produk ini merupakan jenis produk yang sama sehingga memiliki dimensi yang sama, hanya berbeda pada warna. Gambar 4 merupakan gambar produk.



Gambar 4. Produk *Battery Cover Smartphone*

#### Penggunaan Jig

Mesin *PU base coat* merupakan mesin dengan menggunakan konveyor sebagai lintasan produk. Pada konveyor tersebut terdapat stik sebagai tempat menempatkan jig produk. Setiap stik berjarak 5 cm. Untuk melakukan proses pengecatan *battery cover smartphone*, tidak semua stik digunakan. Saat ini jig yang digunakan diletakkan dalam posisi horizontal. Dengan ukuran tempat produk 14,5 cm x 7,25 cm, sehingga diameter putaran produk yaitu 15,112 cm. Gambar 5 merupakan ilustrasi posisi pemasangan produk pada jig.



Gambar 5. Posisi Pemasangan Produk

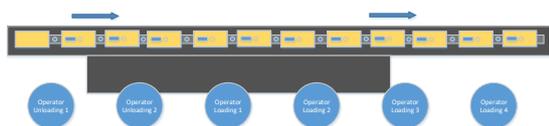
### Proses Operasi Kerja Manual

Mesin *PU Base Coat* dioperasikan oleh enam operator untuk pekerjaan manual. Proses kerja manual pada mesin ini terdiri dari dua kegiatan, yaitu *loading* dan *unloading*. Proses *loading* terdiri dari tiga operasi kerja, yaitu:

1. Meletakkan produk pada jig (*Loading 1*)  
Operasi kerja ini yaitu meletakkan produk ke atas jig pada konveyor yang sedang berjalan. Operator mengambil produk pada wadah produk, kemudian meletakkannya di atas jig.
2. Mengencangkan produk pada jig (*Loading 2*)  
Kegiatan operasi kerja ini yaitu menekan produk pada jig yang berbentuk *casing smartphone* agar produk melekat dengan kokoh.
3. Membersihkan produk dari debu (*Loading 3*)  
Kegiatan ini membersihkan produk dengan kain agar tidak ada kotoran maupun debu karena kotoran dan debu sangat mempengaruhi hasil pengecatan yang dilakukan secara otomatis oleh mesin. Operasi kerja ini dilakukan oleh dua operator.

Sementara proses *unloading* terdiri dari:

1. Melepaskan produk dari jig (*Unloading 1*)  
Operasi kerja ini yaitu melepaskan produk dari jig setelah produk melawati proses pengecatan otomatis oleh mesin, namun produk masih berada pada jig.
2. Mengambil produk dari jig untuk diletakan pada wadah (*Unloading 2*)  
Operasi kerja ini yaitu mengambil produk diatas jig yang sudah dilepas dan memasukkannya ke dalam wadah untuk dilakukan proses selanjutnya.



Gambar 6. Posisi Operator pada Lini Produksi

### Perhitungan Waktu Siklus, Waktu Normal, dan Waktu Baku

Untuk menghitung waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku, maka ditentukan terlebih dahulu *allowance* sesuai dengan kondisi kerja di lapangan. *Allowance* diperoleh dari kelonggaran-

waktu yang perlu antara lain ditunjukkan pada Tabel 5:

Tabel 5. Penentuan *Allowance* Berdasarkan Kondisi Lapangan

Faktor	Pekerjaan	Kelonggaran (%)
Tenaga yg dikeluarkan	Bekerja di meja, berdiri	2
Sikap kerja	Berdiri di atas dua kaki	1
Gerakan Kerja	Normal, ayunan bebas	0
Kelelahan mata	Pencahayaan baik	0
Temperature	Sedang, 22-28 Celcius	1
Keadaan Atmosfer	Udara ruangan sejuk, sirkulasi udara lancar	0
Keadaan lingkungan	Ruangan bersih dan rapi, kebisingan rendah	0
Jumlah		4

(Nurmianto, 2003)

### Proses Loading

- a. Meletakkan produk pada jig (*Loading 1*)

- Waktu Normal

*Performance rating* dihitung dengan metode *Westing House Sistem's Rating* dimana menerapkan unsur kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan keajegan (*consistency*). *Performance rating* operator proses kerja *loading 1* yaitu 1,02.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{waktu siklus rata-rata} \times \text{performance rating} \\ &= 2,25 \times 1,02 \\ &= 2,27 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Waktu Baku

Dengan *allowance* yang telah diperoleh, maka perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku} &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\ &= 2,27 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 4\%} \\ &= 2,37 \text{ detik} \end{aligned}$$

- b. Mengencangkan produk pada jig (*Loading 2*)

- Waktu Normal

*Performance rating* dihitung dengan metode *Westing House Sistem's Rating* dimana menerapkan unsur kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan keajegan (*consistency*). *Performance rating* operator proses kerja *loading 1* yaitu 1,00.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{waktu siklus rata-rata} \times \text{performance rating} \\ &= 2,50 \times 1,00 \\ &= 2,50 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Waktu Baku  
Dengan allowance yang telah diperoleh, maka perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku} &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\ &= 2,50 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 4\%} \\ &= 2,60 \text{ detik} \end{aligned}$$

- c. Membersihkan produk (*Loading 3 dan 4*)

- Waktu Normal  
*Performance rating* dihitung dengan metode *Westing House Sistem's Rating* dimana menerapkan unsur kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan keajegan (*consistency*). *Performance rating* operator proses kerja *loading 1* yaitu 1,02.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{waktu siklus rata-rata} \times \text{performance rating} \\ &= 2,27 \times 1,02 \\ &= 2,32 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Waktu Baku  
Dengan allowance yang telah diperoleh, maka perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku} &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\ &= 2,32 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 4\%} \\ &= 2,60 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### Proses Unloading

- a. Melepaskan produk dari jig (*Unloading 1*)

- Waktu Normal  
*Performance rating* dihitung dengan metode *Westing House Sistem's Rating* dimana menerapkan unsur kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan keajegan (*consistency*). *Performance rating* operator proses kerja *loading 1* yaitu 1,00.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{waktu siklus rata-rata} \times \text{performance rating} \\ &= 2,90 \times 1,00 \\ &= 2,90 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Waktu Baku  
Dengan allowance yang telah diperoleh, maka perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku} &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\ &= 2,90 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 4\%} \\ &= 3,03 \text{ detik} \end{aligned}$$

- b. Mengambil produk dari jig (*Unloading 2*)

- Waktu Normal  
*Performance rating* dihitung dengan metode *Westing House Sistem's Rating* dimana menerapkan unsur kecakapan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi kerja (*condition*), dan keajegan (*consistency*).

*Performance rating* operator proses kerja *loading 1* yaitu 1,00.

$$\begin{aligned} \text{Waktu normal} &= \text{waktu siklus rata-rata} \times \text{performance rating} \\ &= 3,60 \times 1,00 \\ &= 3,60 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Waktu Baku  
Dengan allowance yang telah diperoleh, maka perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu baku} &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\ &= 3,60 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 4\%} \\ &= 3,75 \text{ detik} \end{aligned}$$

**Tabel 6. Rekap Perhitungan Waktu Proses (Waktu Baku)**

Operator	Kegiatan	Nama Proses	Waktu Operasi Kerja (detik)
1	Memasukkan Produk pada Jig	Loading 1	2,37
2	Mengencangkan Produk pada Jig	Loading 2	2,60
3	Membersihkan Produk	Loading 3	2,41
4	Membersihkan Produk	Loading 4	2,41
5	Melepaskan Produk dari Jig	Unloading 1	3,03
6	Memasukkan Produk ke Wadah	Unloading 2	3,75
Jumlah			16,58

#### Perhitungan Beban Kerja Operator

Menghitung beban kerja digunakan waktu kerja yang tersedia pada unit *painting* dalam satu hari kerja adalah 9 jam, 1 jam istirahat, waktu *set up* 48 menit 548 detik, dan istirahat 10 menit. Maka total waktu efektif untuk melakukan proses produksi yaitu 372 menit 4 detik atau 22324 detik. Dengan output maksimal 4464 unit/hari, maka perhitungan perhitungan beban kerja untuk proses operasi kerja *Loading 1*:

$$\begin{aligned} \text{Beban Kerja}_{\text{loading 1}} &= \frac{\text{Waktu proses loading 1} \times \text{Output}}{\text{Waktu tersedia}} \\ &= \frac{2,37 \times 4464}{22324} \\ &= 0,473 \end{aligned}$$

**Tabel 7. Rekap Perhitungan Beban Kerja Operator**

Operator	Kegiatan	Nama Proses	Beban kerja
1	Memasukkan Produk pada Jig	Loading 1	0,473
2	Mengencangkan Produk pada Jig	Loading 2	0,521
3	Membersihkan Produk	Loading 3	0,482
4	Membersihkan Produk	Loading 4	0,482

**Tabel 7. Rekap Perhitungan Beban Kerja Operator**  
(lanjutan)

Operator	Kegiatan	Nama Proses	Beban kerja
5	Melepaskan Produk dari Jig	Unloading 1	0,606
6	Memasukkan Produk ke Wadah	Unloading 2	0,750

#### Penentuan Jumlah Operator

Jika jumlah output, waktu kerja tersedia, dan waktu baku pekerjaan sudah ditentukan, maka untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada suatu aktivitas operasi dapat menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$N = \frac{4464 \text{ unit} \times 16,58 \text{ detik}}{22324 \text{ detik}}$$

$$N = 3,314 \approx 4$$

Dengan operasi kerja yang ada saat ini, jumlah operator optimal yang dihasilkan yaitu 3,314 operator, atau jika diekuivalenkan menjadi 4 operator.

#### Perhitungan Beban Kerja Operator dan Kebutuhan Operator Usulan

Operasi kerja manual pada mesin *PU base coat* saat ini dioperasikan oleh 6 operator. Waktu baku dari seluruh operasi kerja manual yaitu 16,58 detik. Dengan output sebesar 4464 unit/hari, dan waktu kerja efektif 372 menit 4 detik atau 22324 detik.

**Tabel 8. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Operator dan Beban kerja Operator**

Operator	Kegiatan	Nama Proses	Waktu Operasi Kerja (detik)	Waktu Tersedia (detik)	Beban Kerja
1	Memasukkan Produk pada Jig	Loading 1	2,37	5	0,473
2	Mengencangkan Produk pada Jig	Loading 2	2,60	5	0,521
3	Membersihkan Produk	Loading 3	2,41	5	0,482
4	Membersihkan Produk	Loading 4	2,41	5	0,482
5	Melepaskan Produk dari Jig	Unloading 1	3,03	5	0,606
6	Memasukkan Produk ke Wadah	Unloading 2	3,75	5	0,750

Sementara dengan perhitungan jumlah pekerja optimal diperoleh 4 operator. Dengan 4 operator,

maka operasi kerja tiap operator menjadi seperti pada Tabel 9.

**Tabel 9. Analisis Beban kerja Operator dengan 4 Operator**

Operator	Kegiatan	Nama Proses	Waktu Operasi Kerja (detik)	Waktu Tersedia (detik)	Beban Kerja
1	Memasukkan Produk pada Jig	Loading 1	4,97	5	0,994
	Mengencangkan Produk pada Jig	Loading 2			
2	Membersihkan Produk	Loading 3	4,81	5	0,964
	Membersihkan Produk	Loading 4			
3	Melepaskan Produk dari Jig	Unloading 1	3,03	5	0,606
4	Memasukkan Produk ke Wadah	Unloading 2	3,75	5	0,750

#### Data Ketenagakerjaan

Berikut adalah data mengenai tenaga kerja bagian *painting* pada PT Hartono Istana Teknologi.

- Jam kerja pekerja adalah 8 jam perhari, 5 hari perminggu dimulai dari pukul 07.00 hingga 16.00.
- Jam istirahat pekerja selama 70 menit, yakni pada pukul 09.00 – 09.10 dan 12.00 – 13.00.
- Gaji pekerja operator adalah UMR Kudus ditambah tunjangan. UMR Kota Kudus tahun 2017 sebesar Rp 1.740.900,-.
- Gaji pekerja pengawas sebesar Rp 2.000.000,-
- Gaji lembur pada hari biasa ditunjukkan pada Tabel 10.

**Tabel 10. Upah Lembur Hari Biasa**

Jam	Upah
1	Rp15.217
2	Rp55.793
3	Rp76.084
4	Rp96.475
5	Rp116.662

**Alternatif Desain Jig Usulan**

Terdapat beberapa batasan dalam melakukan desain jig, yaitu:

- Memilih desain jig dengan kapasitas terbanyak dengan kecepatan konveyor yang sama
- Ukuran tempat untuk memasang produk yaitu 14,5 cm x 7,25 cm
- Tinggi stik 20 cm dengan jarak batas atas lubang dengan jig 25 cm
- Pada lintasan konveyor terdapat lubang yang membatasi ruang setiap proses dengan ukuran 30 cm x 30 cm, sehingga desain jig tidak diperbolehkan untuk melebihi ukuran tersebut.

Untuk desain jig dengan posisi produk berdiri atau vertikal terdapat beberapa pilihan yang memungkinkan. Dengan selisih 4 stik, waktu yang dibutuhkan yaitu 5 detik. Maka setiap stik waktu yang dibutuhkan yaitu:

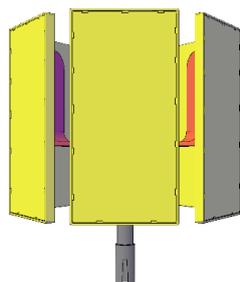
$$\text{Waktu tiap stik} = \frac{1}{4} \times 5 \text{ detik} = 1,25 \text{ detik}$$

**Tabel 11. Rekap Perhitungan Kapasitas dengan Beberapa Produk per Jig**

Jumlah Produk per Jig	Diameter Putar (cm)	Selisih stik	Waktu per Jig	Output per Hari
4	11,291	3 (15 cm)	3,75 detik	23812 unit
5	15,158	4 (20 cm)	5 detik	22324 unit
6	18,078	4 (20 cm)	5 detik	26788 unit
7	20,025	5 (25 cm)	6,25 detik	25002 unit

Pada hitungan kapastitas produksi dengan beberapa produk per jig, jumlah output maksimal yaitu 6 produk per jig dengan output 26788 unit.

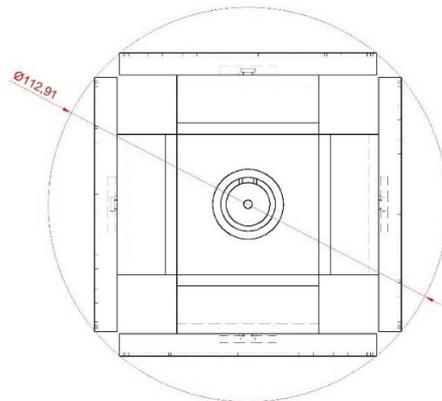
**Desain Jig Usulan**



**Gambar 8. Tampilan 3D Usulan Desain Jig Baru**

Dengan waktu efektif tersedia 22324 detik, maka:

- Desain jig dengan 4 produk/jig



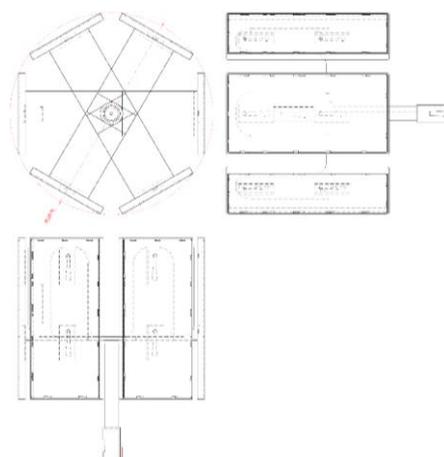
**Gambar 7. Diameter Desain Jig dengan 4 Produk per Jig**

Dengan 4 produk/jig, diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Diameter putar} &= 11,291 \text{ cm} \\ \text{Jarak antar jig yang mungkin} &= 15 \text{ cm (3 stik)} \\ \text{Waktu konveyor untuk 3 stik} &= 3 \times 1,25 \\ &= 3,75 \text{ detik} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi mesin} &= \frac{22324 \text{ detik}}{3,75 \text{ detik}} \times 4 \text{ produk} \\ &= 23.812,26 \text{ produk} \\ &\approx 23.812 \text{ produk} \end{aligned}$$



**Gambar 9. Tampilan 2D Usulan Desain Jig Baru**

**Perhitungan Jumlah Operator untuk Desain Jig Usulan**

Dengan usulan desain jig baru yang setiap jignya terdapat 6 produk ini produktivitas mesin akan meningkat. Untuk menyesuaikan output produk yang diharapkan dibutuhkan lebih banyak operator. Pada operasi kerja saat ini terdapat 6 operator dengan 2 operasi kerja manual oleh operator pada mesin, yaitu *loading* dan *unloading*.

Tabel 12 menunjukkan waktu untuk setiap proses berdasarkan perhitungan waktu baku proses kerja saat ini.

**Tabel 12. Waktu Proses pada Desain Jig Baru**

No	Elemen Kerja	Waktu (detik)
1	Memasukan Produk pada Dudukan	2,37
2	Membersihkan	2,41
3	Memasang Produk pada Jig	2,37
4	Mengambil Produk	3,03
5	Melepas Produk	3,75
Total Waktu		13,93

Jumlah operator minimal yang diperlukan yaitu:

$$N = \frac{P \times Wb}{DE}$$

$$N = \frac{26788 \text{ unit} \times 13,93 \text{ detik}}{22324 \text{ detik}}$$

$$N = 16,712 \approx 17$$

Untuk menentukan jumlah operator tiap elemen kerja perlu dilakukan perhitungan beban kerja. Berikut merupakan perhitungan beban kerja setiap elemen kerja:

$$\text{Beban Kerja}_{\text{elemen kerja 1}} = \frac{\text{Waktu proses loading} \times \text{Output}}{\text{Waktu tersedia}}$$

$$= \frac{2,37 \times 26788}{22324} = 2,840$$

**Tabel 13. Rekap Perhitungan Beban Kerja Operator Desain Jig Baru**

No	Elemen Kerja	Waktu (detik)	Beban Kerja	Usulan Jumlah Operator
1	Memasukan Produk pada Dudukan	2,37	2,840	3
	Memasang Produk pada Jig	2,37	2,840	
2	Membersihkan Produk	2,41	2,894	3

**Tabel 13. Rekap Perhitungan Beban Kerja Operator Desain Jig Baru (lanjutan)**

No	Elemen Kerja	Waktu (detik)	Beban Kerja	Usulan Jumlah Operator
4	Mengambil Produk	3,03	3,636	4
5	Melepas Produk	3,75	4,501	5
Jumlah		13,93		18

Dengan desain jig baru, jumlah operator usulan yaitu 18 operator. Jumlah 6 produk per jig merupakan jumlah produk maksimal. Hal ini akan cocok diterapkan jika permintaan produk tinggi atau mencapai kapasitas maksimal yaitu 26788 unit per hari. Namun jika permintaan lebih kecil dari target maksimal, artinya lebih kecil dari 26788 unit per hari, jumlah 18 operator merupakan suatu pemborosan. Untuk menentukan jumlah operator dan jumlah produk per jig yang optimal harus mempertimbangkan **target produksi**.

**Peningkatan Produksi Smartphone**

Berdasarkan data permalan, permintaan produk *smarthopne* polytron meningkat sebesar sebesar. Untuk mencapai 9059 unit per hari produk baik. Maka kebutuhan input setiap mesin pada unit *painting* untuk proses pengecatan *battery cover smartphone* dengan mempertimbangkan probabilitas *defect* yaitu:

Mesin *UV top coat*:

$$P = \frac{P_g}{1 - P_d} = \frac{9059}{1 - 0,196} = 11.278,195$$

$$\approx 11.279 \text{ unit}$$

Mesin *pad printing*:

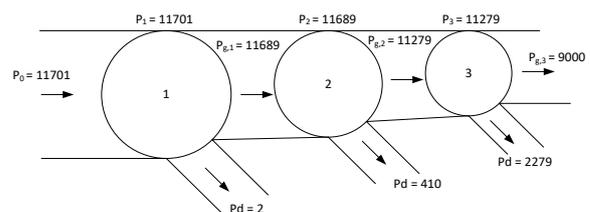
$$P = \frac{P_g}{1 - P_d} = \frac{11.279}{1 - 0,035} = 11.688,083$$

$$\approx 11.689 \text{ unit}$$

Besaran input untuk mesin *UV base coat* adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{P_g}{1 - P_d} = \frac{11.689}{1 - 0,001} = 11.700,701$$

$$\approx 11.701 \text{ unit}$$



**Gambar 9. Diagram Input-Output Mesin berdasarkan Probabilitas Cacat**

**Tabel 14. Kemampuan Produksi dengan Target Produk per Mesin**

No	Nama Mesin	Kemampuan Produksi Produk Baik per Hari	Target Produk Baik per Hari
1	PU Base Coat	4459	11689
2	Pad Printing	3376	11279
3	UV Top Coat (target)	3860	9000

Dengan target produksi 11689 dan mempertimbangkan probabilitas *defect*, maka jumlah unit yang harus diproduksi pada mesin *PU base coat* yaitu sebanyak 11701 unit per hari.

Berikut merupakan perhitungan kapasitas dan jumlah usulan operator jika setiap jig diisi beberapa produk:

- Kapasitas untuk 2 produk per Jig  
Waktu efektif = 22324 detik  
Waktu per jig = 5 detik

$$\begin{aligned} \text{Unit per jig} &= 2 \\ \text{Maka, Kapasitas} &= \frac{22324 \text{ detik}}{5 \text{ detik}} \times 2 \text{ unit} \\ &= 8929,6 \approx 8929 \end{aligned}$$

- Kapasitas untuk 3 produk per Jig  
Waktu efektif = 22324 detik  
Waktu per jig = 5 detik  
Unit per jig = 3  
Maka, Kapasitas =  $\frac{22324 \text{ detik}}{5 \text{ detik}} \times 3 \text{ unit}$   
= 13394,4  $\approx$  13394

**Tabel 15. Rekap Perhitungan Kapasitas untuk Beberapa Produk per Jig**

Jumlah Produk per jig	Output
2	8929,6 $\approx$ 8929
3	13394,4 $\approx$ 13394
4	17859,2 $\approx$ 17859
5	22324
6	26788,8 $\approx$ 26788

**Tabel 16. Hasil Perhitungan Beban Kerja dan Operator untuk Beberapa Produk per Jig**

Elemen Kerja	Waktu	2 Produk per Jig		3 Produk per Jig		4 Produk per Jig		5 Produk per Jig		6 Produk per Jig	
		Beban	Usulan Opt								
Memasukkan Produk Pada Dudukan	2,37	0,947	1	1,420	2	1,894	2	2,367	3	2,840	3
Membersihkan	2,41	0,965	1	1,447	2	1,930	2	2,412	3	2,894	3
Memasang Produk Pada Jig	2,37	0,947	1	1,420	2	1,894	2	2,367	3	2,840	3
Mengambil Produk	3,03	1,212	2	1,818	2	2,424	3	3,030	4	3,636	4
Melepaskan Produk	3,75	1,500	2	2,251	3	3,001	4	3,751	4	4,501	5
Jumlah	13,93		7		11		13		17		18

Terdapat 5 alternatif untuk memproduksi 11701 unit per hari pada mesin *PU base coat*, yaitu dengan 2 produk per jig hingga 6 produk per jig. Untuk menentukan alternatif terbaik perlu dilakukan perhitungan analisis biaya.

**• 2 Produk Per Jig dengan 7 Operator**

Target = 11701 unit  
Kapasitas per hari = 8929 unit

Kekurangan = 11701 – 8929  
= 2772 unit

$$\begin{aligned} \text{Overtime} &= \frac{2772}{2} \times 5 = 6930 \text{ detik} = 1,925 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jumlah pekerja = 7 operator + 1 pengawas

$$\begin{aligned} \text{Biaya overtime 2 jam} &= \text{Rp } 35.506,00/\text{operator} \\ &= \text{Rp } 35.506,00 \times 8 \\ &= \text{Rp } 284.048,00/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya overtime} &= \text{Rp } 6,249.056,00/\text{bulan} \\ \text{Total biaya} &= (1 \times \text{Rp } 2.000.000) + \\ &+ (7 \times \text{Rp } 1.740.900) + \text{Rp } 6,249.056,00 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp } 20.435.356,00 \end{aligned}$$

**Tabel 17. Rekap Estimasi Biaya untuk Beberapa Produk per Jig**

Jumlah Produk per Jig	Jumlah Pekerja	Jumlah Biaya
2	8	Rp 20.435.356,00
3	12	Rp 21.149.900,00
4	14	Rp 24.631.700,00

**Tabel 17. Rekap Estimasi Biaya untuk Beberapa Produk per Jig (lanjutan)**

Jumlah Produk per Jig	Jumlah Pekerja	Jumlah Biaya
5	18	Rp 31.595.300,00
6	19	Rp 33.336.200,00

Dari perhitungan tersebut, jika produksi ditingkatkan hingga 9059 produk baik per hari, maka rekomendasi keputusan yang sesuai yaitu dengan menetapkan 2 produk per jig dengan 7 operator pada operasi manual dengan melakukan lembur selama 2 jam karena menghasilkan biaya terendah.

#### 4. Kesimpulan

Unit *painting* pada PT. Hartono Istana Teknologi yang terletak di Kudus merupakan unit pengecatan baru untuk berbagai macam *part* produk Polytron seperti *part* TV, audio, video, AC, hingga *smartphone*. Pada unit ini masih terdapat permasalahan yaitu produktivitas yang masih rendah, khususnya pengecatan *battery cover smartphone* pada mesin *PU base coat* dengan output maksimal sebesar 4464 unit produk perhari. Peningkatan produktivitas pada mesin *PU base coat* dapat dilakukan dengan pengembangan peralatan kerja dan efisiensi sumber daya dengan optimal.

Pengukuran waktu kerja dilakukan untuk menentukan jumlah operator optimal pada mesin *PU base coat*. pada mesin ini terdapat 5 operasi kerja manual yang terdiri dari *loading* dan *unloading* yang saat ini dioperasikan oleh 6 operator. Operasi kerja *loading* terdiri dari Meletakkan produk pada jig (*Loading 1*); Mengencangkan produk pada jig (*Loading 2*); dan Membersihkan produk dari debu (*Loading 3*). Sementara proses *unloading* terdiri dari Melepaskan produk dari jig (*Unloading 1*) dan Mengambil produk dari jig untuk diletakkan pada wadah (*Unloading 2*). Waktu baku yang dihasilkan berdasarkan pengolahan data masing-masing secara berurutan yaitu 2,37 detik; 2,60 detik; 2,41 detik; 3,03 detik, dan 3,75 detik dengan total waktu proses sebesar 16,68 detik.

Berdasarkan perhitungan waktu baku dan perhitungan beban kerja, operator optimal yang dibutuhkan dengan menggunakan metode yang ada saat ini yaitu 4 operator. Untuk meningkatkan produktivitas, pengembangan perlengkapan dilakukan dengan mendesain ulang jig produk. Saat ini hanya terdapat 1 produk untuk satu jig, sehingga output maksimal berdasarkan waktu yang tersedia hanya sebesar 4464 unit/hari. Berdasarkan perhitungan diameter dan kapasitas mesin, output maksimal dapat diperoleh dengan desain jig 6 unit/jig dengan output maksimal 26.788 unit/hari dan membutuhkan 18 operator jika operasi kerja

dilakukan dengan menggunakan metode kerja saat ini.

Berdasarkan data permintaan produksi dan peramalan, produksi meningkat sebesar 9059 unit. Untuk mencapai target 9059 unit/hari, solusi optimal yaitu menerapkan produksi dengan 2 unit/jig, kebutuhan pekerja optimal yaitu 8 pekerja yang terdiri dari 7 operator dan 1 pengawas, *overtime* selama 2 jam, dengan estimasi biaya sebesar Rp 20.435.356,00/bulan.

#### Daftar Pustaka

- Hartono. 2008. *Perencanaan Kebutuhan Tenaga Kerja Pada Perusahaan Jasa Penyeberangan Ujung-Kamal*, Jurnal Teknik Industri, Vol.9, No.2, 95-101.
- Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara RI (2004), Surat Keputusan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara No. KEP/75/M.PAN/7/2004 tentang Pedoman Perhitungan Kebutuhan Pegawai Berdasarkan Beban Kerja Dalam Rangka Penyusunan Formasi Pegawai Sipil. Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara.
- Nurmianto, Eko. 2003. *Ergonomi Konsep Dasar Dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Rinawati, Dyah Ika, dkk. 2012. *Penentuan Waktu Standar dan Jumlah Tenaga Kerja Optimal pada Produksi Batik Cap (Studi Kasus: Ikm Batik Saud Effendy, Laweyan)*. J@TI Undip, Vol VII, No 3.
- Suharyono, M & Adisasmito, W.B.B (2006), *Analisis Jumlah Kebutuhan Tenaga Pekarya Dengan Work Sampling Di Unit Layanan Gizi Pelayanan Kesehatan*, Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan, Vol.9, No.2, 72-79.
- Sutalaksana, Iftikar Z. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Triswandana, Michael Sidhi. 2011. *Penentuan Jumlah Optimal Operator Pemindahan Unit Mobil pada Vehicle Logistic Center Perusahaan Manufaktur Otomotif Dengan Pendekatan Workload Analysis*. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2003. *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*. Gunawidya.