Terbit *online* pada laman web jurnal : http://josi.ft.unand.ac.id/

Jurnal Optimasi Sistem Industri

| ISSN (Print) 2088-4842 | ISSN (Online) 2442-8795 |

Artikel Penelitian

Penerapan Ergonomi pada Perancangan Mesin Pewarna Batik untuk Memperbaiki Postur Kerja

Siswiyanti[1], *Rusnoto*[2]

[1] *Program Studi Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal, Jl. Halmahera Km. 1 Tegal, 52121, Indonesia*
[2] *Program Studi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal, Jl. Halmahera Km. 1 Tegal, 52121, Indonesia*

ARTICLE INFORMATION

Received: January 4, 18
Revised: February 27, 18
Available Online: April 27, 18

KEYWORDS

Postur tubuh, mesin pewarna batik, ergonomi, Rapid Entire Body Assessment (REBA)

CORRESPONDENCE

Phone: +6281804257407/ +6281215318158
E-mail: siswieyanti@gmail.com

A B S T R A C T

The process of batik tulis (hand-waxed batik) dying in Kalinyamat Wetan, Tegal Municipality is performed in stooping and squatting working postures. Workers' both hands hold a cloth and dip the cloth into a bucket containing colorants. When this dip dyeing process proceeds continuously for an enormous number of cloths, it will eventually result in musculoskeletal complaint, particularly in the such parts of body as the back, neck, leg, upper arm, lower arm and wrist. This research aims at designing an ergonomic batik dying machine to enable a natural body posture at work. The research anthropometry data and Rapid Entire Body Assessment (REBA) method. The research on batik craftswomen's working posture during the traditional dip dyeing process found that the stooping and squatting worker's posture scores are 4-8 with medium to high musculoskeletal levels (needs to needs to be immediately corrected). Meanwhile, the machine dip dyeing work position with standing body posture scores are 2-4 with safe to low musculoskeletal level (maybe need to be corrected in longer term). As for the specification of batik dyeing machine, it uses driving force of 0.190 HP, machine rotation of 72.5 rpm.

PENDAHULUAN

Aktifitas pencelupan (warna) batik tulis di kelompok batik Kelurahan Kalinyamat Wetan Kota Tegal dilakukan secara manual (tradisional) menggunakan tangan. Pada proses pewarnaan, kedua tangan mencelupkan kain ke dalam ember dengan jangkauan tangan masuk ke dalam ember sejauh 25 cm. Sikap tubuh pekerja harus menyesuaikan dengan bahan dan alat yang diletakkan di depan mereka. Peneliti mengidentifikasi bahwa postur tubuh pekerja saat melakukan kegiatan pewarnaan secara manual (celup tradisional) adalah membungkuk dan menjongkok. Kajian pendahulan dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) terhadap 10 orang pekerja ketika melakukan proses pewarnaan batik. Hasil kuesioner NBM menunjukkan bahwa pekerja mempunyai keluhan muskuloskeletal pada bagian leher bawah, pinggang, betis, kaki, dan pergelangan tangan. Gambar 1 menunjukkan posisi tubuh pekerja pada saat melakukan pewarnaan batik secara tradisional.

Peneliti melakukan analisis lanjutan berdasarkan hasil kuesioner NBM yang telah diperoleh. Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) kemudian digunakan untuk menganalisis tingkat risiko muskuloskeletal yang dialami pekerja. REBA dipilih untuk menganalisis sudut tubuh yang sangat berpengaruh sesuai dengan kondisi pekerja, khususnya pewarnaan batik yang memerlukan pergerakkan yang berulang. REBA dapat menganalisis penurunan keluhan dan cedera tulang belakang seperti halnya dalam proses pemindahan material [1]. Pengukuran REBA pada proses pencelupan tradisional memperoleh skor 5 sampai dengan 8 dengan level risiko tinggi (perlu perbaikan segera), terutama pada bagian punggung, pergelangan tangan, lengan, leher, dan kaki.

Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pewarna batik menggunakan data antropometri dan prinsip ergonomi untuk menghasilkan kerja alamiah. Selain itu dilakukan perbandingan skor REBA pada posisi pekerja saat menggunakan metode pewarnaan celup tradisional dan pada saat menggunakan celup mesin. Penerapan prinsip antropometri ergonomi dalam merancang mesin dapat menurunkan keluhan muskuloskeletal [2]. Konsep perancangan mesin adalah kain yang akan diwarnai dipasangkan pada silinder atas dan silinder bawah dengan ujung kain disambungkan. Silinder diputar dengan mesin penggerak motor listrik, akibat putaran silinder maka kain akan tercelup ke dalam kolam (bak) yang berisi cairan zat warna. Gelembung udara di dalam kolam (bak) dipasang untuk mempercepat meresapnya cairan zat warna ke dalam kain.

Pengukuran REBA

Metode REBA yaitu metode yang digunakan untuk menganalisis posisi tubuh pada bagian lengan atas, leher, lengan bawah, pergelangan tangan dan kaki untuk pekerja atau aktivitas pekerjaan yang menimbulkan ketidaknyamanan muskuloskeletal pada pekerja [3]. Pengukuran dengan metode REBA dilakukan dengan urutan berikut ini.
Langkah 1: Menganalisis data postur tubuh kegiatan pewarnaan batik dengan direkam dan difoto sehingga diperoleh gambar kegiatan posisi tubuh. Data yang diambil adalah posisi tubuh

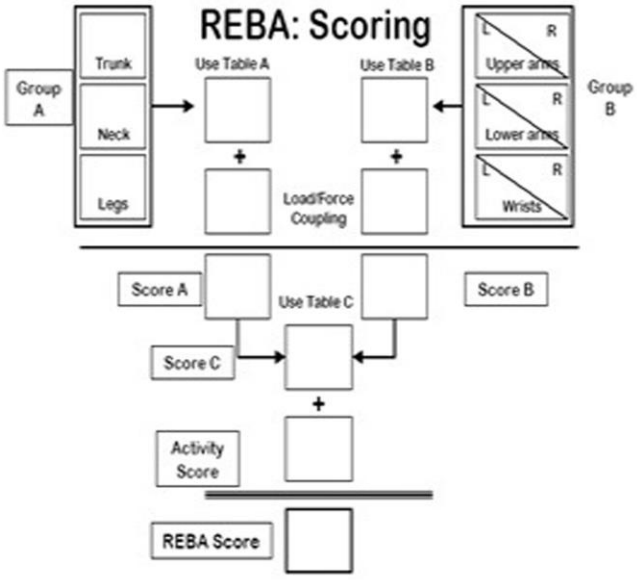
DOI: 10.25077/josi.v17.n1.p75-85.2018
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

bagian leher, pergelangan tangan, lengan atas, lengan bawah, punggung sampai kaki.



Gambar 1. Posisi Tubuh Pekerja Saat Pewarnaan Batik *Stooping* (membungkuk)/*Squatting* (menjongkok)

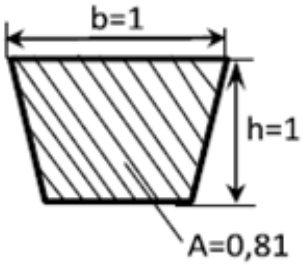
Langkah 2: Menentukan sudut postur tubuh pekerja setelah dilakukan perekaman dan foto menggunakan software animasi (Blender 3D V 2,78). Langkah berikutnya mengelompokkan nilai REBA dalam 2 grup A dan B. Kelompok grup A meliputi leher, punggung, dan kaki. Kelompok B meliputi lengan atas, lengan bawah serta pergelangan tangan.
Langkah 3: Beban yang diangkat, *coupling* dan aktivitas kerja harus diperhatikan.karena setiap faktor memiliki skor.
Langkah 4: Hasil skor REBA tabel A ditambah skor beban yang dipindahkan untuk memperoleh nilai Kode A. Sedangkan tabel B ditambahkan skor *coupling* untuk memperoleh Kode B. Skor dari kode A dan kode B digunakan sebagai analisis dalam menghasilkan kode C yang disesuaikan dengan tabel C.
Total akhir kode REBA menentukan level risiko pada muskuloskeletal dan tindakan yang perlu dilakukan untuk mengurangi risiko serta perbaikan kerja. Langkah-langkah pengukuran risiko muskuloskeletal menggunakan metode REBA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Kerja Perhitungan Analisis REBA

Sabuk (Belt)

Fungsi sabuk (*belt*) adalah sebagai alat pemindah daya antara dua poros yang sejajar. Jenis sabuk yang diterapkan adalah sabuk jenis *V-belt.* Berputarnya puli yang berkelanjutan akan menghasilkan gaya sentrifugal, sehingga akan meningkatkan kekencangan pada sabuk. Perbandingan antara sabuk bagian atas dengan sabuk bagian bawah pada puli akan menghasilkan perubahan tegangan tarik, disebabkan gesekan antara sabuk dan puli. Panjang sabuk yang digunakan disesuaikan dengan jarak antar sumbu puli. Oleh karena itu pada sabuk tersebut perlu digunakan pengatur ketegangan puli atau ulir pengatur jarak sumbu sehingga ketegangan sabuk dapat diatur [4]. Gambar 3 menunjukkan penampang sabuk yang akan digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. Penampang Sabuk

Panjang sabuk ditentukan dengan persamaan berikut:

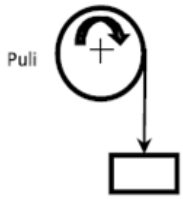
$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D3 + D4) + \frac{(D3 - D4)^2}{4C} \quad (1)$$

Puli

Puli berfungsi pemindah daya dari poros ke poros lain melalui sistem penggerak transmisi sabuk. Rasio kecepatan puli berbanding terbalik dengan diameter puli.

Persamaan diameter puli adalah:

$$\frac{n3}{n4} = \frac{d3}{d4} \quad (2)$$



Gambar 4. Puli

Daya Motor

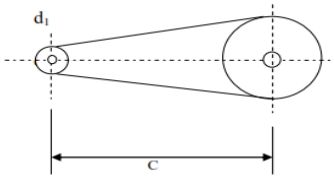
Persamaan dari daya motor adalah [5]:

$$T = 63025 \times \frac{Pd}{n}$$

$$P = \frac{Tn}{63025} \quad (3)$$

Momen torsi yang digunakan adalah:

$$T = 974 \text{ x} \frac{Pd}{n} \quad (4)$$



Gambar 5. Perhitungan Panjang Keliling Sabuk

METODE

Kegiatan penelitian untuk kelompok pewarnaan batik dengan cara melalui pengamatan dan praktek. Jumlah sampel yang diukur secara antropometri ergonomi adalah 20 pekerja yang kemudian akan dianalisis postur tubuh menggunakan metode REBA. Pengukuran sudut diawali dengan pengambilan gambar pekerja untuk dibuat animasinya menggunakan program animasi software (Blender 3D V 2,78). Data analisis postur REBA diolah menggunakan worksheet Ms. Excel versi 2010, dan analisis distribusi normal antropometri pengukuran mesin pewarna menggunakan software IBM SPPS Stastistics 23.

Penentuan Jumlah Sampel Pekerja pada Pengukuran Keluhan

Penelitian pendahuluan diujikan kepada 10 pekerja. Data hasil kuesioner kemudian dikelompokkan menjadi dua yaitu kuesioner tingkat keluhan muskuloskeletal NBM dan kelelahan 30 *item of scale rating* [6]. Hasil kuesioner dilakukan perhitungan besar jumlah sampel, dan diambil nilai terbesar sebagai jumlah sampel.

a. Kuesioner tingkat keluhan muskuloskeletal

$$N_1 = \frac{2x\delta}{\mu_1 - \mu_2} f(\alpha, \beta) = 16{,}456 \quad (5)$$

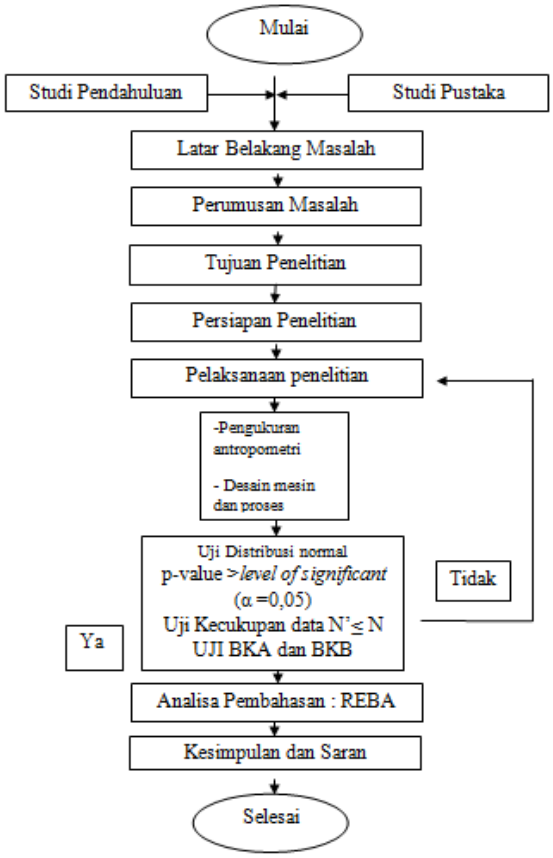
b. Jumlah sampel untuk kuesioner kelelahan

$$N_1 = \frac{2x\delta}{\mu_1 - \mu_2} f(\alpha(\beta) = 16{,}72$$

Dari kedua nilai diatas, nilai terbesar adalah 16,72, sehingga sampel yang diambil dalam penelitian adalah 17 orang dan ditetapkan 20 orang agar terhindar dari *drop out*.

Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Subjek

Kriteria subjek penelitian adalah jenis kelamin wanita, dalam kondisi sehat, pengalaman kerja sedikitnya satu tahun, usia antara 20 sampai dengan 55 tahun, dan bersedia ikut menjadi subjek penelitian sampai selesai. Kriteria tidak dilanjutkan sebagai sampel adalah jika: (1) selama penelitian pekerja tidak/kurang bisa diajak kerjasama selama proses penelitian berlangsung; (2) selama proses pengambilan data pekerja tidak bekerja/tidak datang/izin; (3) selama penelitian pekerja tersebut jatuh sakit.

Pekerja yang melakukan proses pewarnaan berjumlah 20 orang dan hasil pengukuran indek masa tubuh (IMT) dapat dilihat pada Tabel 1. Rata-rata usia pekerja adalah 40,05 tahun ±10,94 tahun dengan nilai minimal 22 tahun dan nilai maksimal 58 tahun. Ukuran tinggi badan 1,51 m ± 0,07 m dengan nilai minimal rentangan 1,40 m dan nilai maksimal 1,64 m. Rata-rata berat badan pekerja adalah 54,25 kg ± 5,65 kg dengan nilai minimal 46 kg dan nilai maksimal 63 kg. Rata-rata data pengalaman kerja 11,40 tahun ± 8,12 tahun dengan nilai minimal 2 tahun dan nilai maksimal 40 tahun.

Tabel 1. Deskripsi Subjek Pekerja Wanita

Aspek	Rerata	Simpangan Baku	Rentangan
Usia (tahun)	40,05	10,94	22-58
Tinggi badan (m)	1,51	0,07	1,40-1,64
Berat Badan (kg)	54,25	5,65	46-63
Pengalaman kerja (tahun)	11,4	8,12	2-40

Desain Mesin Pewarna Batik

Perancangan mesin pewarna batik menggunakan prinsip dan data antropometri. Hasil pengolahan data antropometri berupa nilai rerata dan standar deviasi diuji menggunakan uji distribusi normal. Data memenuhi syarat uji distribusi normal jika nilai p>0,05. Data antropometri ukuran dimensi mesin yang diperoleh merupakan analisis perhitungan persentile yang terpilih atas dasar prosentase populasi tertentu dari kelompok orang yang ukurannya sama dengan atau lebih rendah dari ukuran tersebut [7]. Konsep desain mesin seperti meja untuk pewarnaan mencolet batik dengan diberi roll yang dapat diputar sehingga menjadikan postur pekerja dari posisi menjongkok menjadi duduk di kursi untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal [8]. Tabel 2 sampai dengan Tabel 5 menunjukkan hasil uji kecukupan data, uji keseragaman data, serta

persentil yang digunakan untuk perancangan mesin pewarna batik.

Hasil uji kecukupan data antropometri pekerja memenuhi syarat (N'≤N) dan semua data seragam. Nilai persentil yang dipilih untuk perancangan mesin pewarna batik adalah P5, P50, dan P95. Selanjutnya hasil persentil dijumlah dengan nilai kelonggaran untuk dasar perancangan. Nilai kelonggaran didasarkan pada jarak rata-rata pekerja dengan mesin karena tubuh tidak langsung menempel dengan mesin, tambahan faktor kelonggaran juga diperoleh dari rata-rata tinggi alas kaki (sepatu/sandal) pekerja, posisi/sikap dan gerakan yang terbatas [9]. Dasar pemilihan *allowance* juga tergantung dengan ketebalan pakaian yang dipakai, penggunaan sarung tangan ketika aktivitas pewarnaan [7].

Data antropometri yang digunakan dalam perancangan ini adalah: (1) Jangkauan tangan ke atas, JTA; (2) Lebar bahu, LB; (3) Jarak jangkauan tangan ke depan, JJTD; (4) Jangkauan tangan ke depan, JTK; (5) Tinggi pinggang berdiri, TPB; (6) Tinggi bahu berdiri, TBHB; (7) Jarak kedua tangan ke depan, JKTD; (8) Tinggi lutut berdiri, TLB.

Tabel 2. Hasil Uji Kecukupan Data Antropometri

Dimensi	Rerata (mm)	SD (mm)	Kecukupan Data		
			N	N'	Ket.
JTA	1756,35	90,20	20,00	5,00	Cukup
LB	463,50	44,99	20,00	15,00	Cukup
JJTD	205,05	5,25	20,00	1,00	Cukup
JTK	821,70	36,20	20,00	3,00	Cukup
TPB	797,55	89,32	20,00	20,00	Cukup
TBHB	1231,25	113,03	20,00	13,00	Cukup
JKTD	924,35	57,44	20,00	6,00	Cukup
TLB	431,50	30,92	20,00	8,00	Cukup

Tabel 3. Hasil Uji Keseragaman Data Antropometri

Dimensi	Keseragaman Data (mm)		
	BKA	BKB	Ket.
JTA	1936,75	1575,95	Seragam
LB	553,48	373,52	Seragam
JJTD	215,54	194,56	Seragam
JTK	894,10	749,30	Seragam
TPB	976,18	618,92	Seragam
TBHB	1457,30	1005,20	Seragam
JKTD	1039,22	809,48	Seragam
TLB	493,34	369,66	Seragam

Tabel 4. Hasil Uji Distribusi Normal Data Antropometri

Dimensi	Rerata (mm)	Simpang Baku	*P*
JTA	1756,35	90,20	0,158
JJTD	205, 05	5,24	0,081
JTK	821,70	36,19	0,200
LB	463,50	44,98	0,200
TPB	797,55	89,31	0,200
TBHB	1231,25	113,02	0,151
JTK	821,70	36,19	0,200
JKTD	924,35	57,43	0,110
TLB	431,50	30,92	0,200

Keterangan : p = nilai probabilitas (p > 0,05)

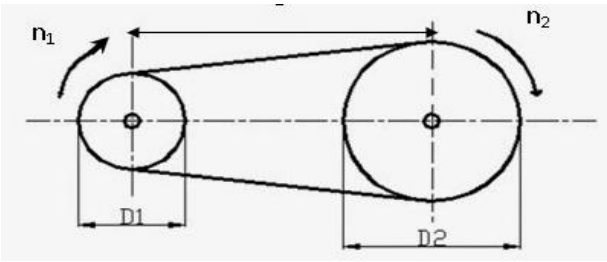
Perhitungan Penggerak Listrik

Mesin pewarna batik memiliki puli yang dikenai beban kerja dan memiliki 3 buah silinder yang terpasang pada kerangka mesin dan dapat diatur ketinggiannya. Uji coba dilakukan dengan memasangkan (melilitkan) kain pada mesin dengan panjang kain 3 meter dan dapat dipasang hingga 2 helai kain. Apabila kain yang dipasang berukuran pendek (panjang 2 meter), jumlah kain yang dapat dililitkan bisa lebih dari 3 helai kain. Uji coba dilakukan dengan menggunakan gaya sebesar 50 kg.

Putaran motor listrik adalah n_1 = 1450 rpm.
Putaran mesin n_1 dihubungkan ke *gear box* sebesar n_2 = 1450 rpm.
G*ear box* ditentukan dengan *gear ratio* sebesar 1:20, dengan putaran n_3 yang keluar adalah sebesar 72,5 rpm.

Diameter puli 1 dan puli 2 dirancang 3 inci atau 76,2 mm, sehingga :

F = 50 kg = 490,5 N = 110,22 lb
T = F x r puli
= 110,22 lb x 1,5 in = 165,33 lb in.



Gambar 7. Sabuk dan pully

Tabel 5. Nilai Antropometri Perancangan Mesin Pewarna Batik

Dimensi Antropometri	Nilai Persentil			*Allowance*	Ukuran Rancangan	Dimensi Mesin
	P5	P50	P95		(Persentil ± *Allowance*)	
JTA	1607,97 *	1756,4	1905	72,96	1680,93	Tinggi mesin
2*LB	389,49	463,5	537,51*	77,49	1230	Panjang silinder
JJTD	196,42*	205,05	214	3,58	200	Lebar penyangga silinder atas
JTK	762,15	821,7	881,25*	118,75	1000	Lebar rangka kaki bawah
LB	389,49	463,5	537,51*	812,49	1350	Panjang rangka kaki bawah
TPB	650,62*	797,55	944	149,38	800	Tinggi rangka meja
TBHB	1045,32*	1231,3	1417	-454,68	600	Tinggi pipa penyetel silinder atas
JTK	762,15*	821,7	881	37,85	800	Lebar rangka meja atas/lebar bak
JKTD	829,87*	924,35	1019	70,76	900,63	Tinggi penyangga silinder atas
TLB	380,63*	431,5	482	-155,83	224,8	Tinggi penguat rangka meja

Keterangan : (*) nilai persentil terpilih untuk perancangan

Daya motor yang digunakan adalah:

$$T = 63025 \ x \frac{P}{n}$$

$$P = \frac{Tn}{63025}$$

$$P = \frac{165,33 \ x \ 72,5}{6325} = 0,190 \text{ HP} = 140,4 \text{ Watt.}$$

Maka pemakaian daya sebesar 1/4 Hp.

Daya yang ditransmisikan:

Faktor koreksi yang digunakan diambil $F_c = 1,1$

$Pd = P \times F_c = 0,14 \text{ kW} \times 1,1 = 0,154 \text{ kW}$

Besar momen torsi adalah :

$$T = 974.000 \ x \frac{Pd}{n} = 974.000 \, x \frac{0,154}{72,5} = 2068,9 \text{ kg.mm}$$

Diameter puli yang digunakan :

$$\frac{n3}{n4} = \frac{d3}{d4}$$

$$\frac{72,5}{72,5} = \frac{4in}{d4}$$

d4 = 4 in = 101, 6 mm

Panjang sabuk [10]:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D3 + D4) + \frac{(D3 - D4)^2}{4C}$$

$$= 2 \times 500 + 1,57 \ (101,6 + 101,6) + 0$$

$$= 1000 + 319,02 = 1319,1 \text{ mm.}$$

Panjang sabuk diambil 1400 mm.

Kecepatan kain:

$$V = \frac{\pi x d x n}{60 \, x 1000} = \frac{3,14 x 101,6 x 72,5}{60.000} = 0,385 \text{ m/s}$$

Spesifikasi Mesin

- Daya penggerak ¼ Hp
- Putaran mesin penggerak n_1 = 1450 rpm
- Diameter pulli penggerak D_1= 3 in
- Putaran gear box n_2 = 1450 rpm
- Diameter pulli gear box D_2 = 3 in
- Gear box rasio 1:20
- Putaran keluar gear box n_3 = 72,5 rpm
- Diameter puli gear box keluar D_3 = 4 in
- Diameter pulli silinder paralon D_4 = 4 in

Matriks Perencanaan Proses Pembuatan Mesin Pewarna

Matriks perencanaan proses menggambarkan urutan proses pembuatan mesin pewarna, spesifikasi proses, dan cara atau metode kerja serta bahan material yang digunakan [11]. Matriks dapat dilihat pada Tabel 6.

Assembly Chart

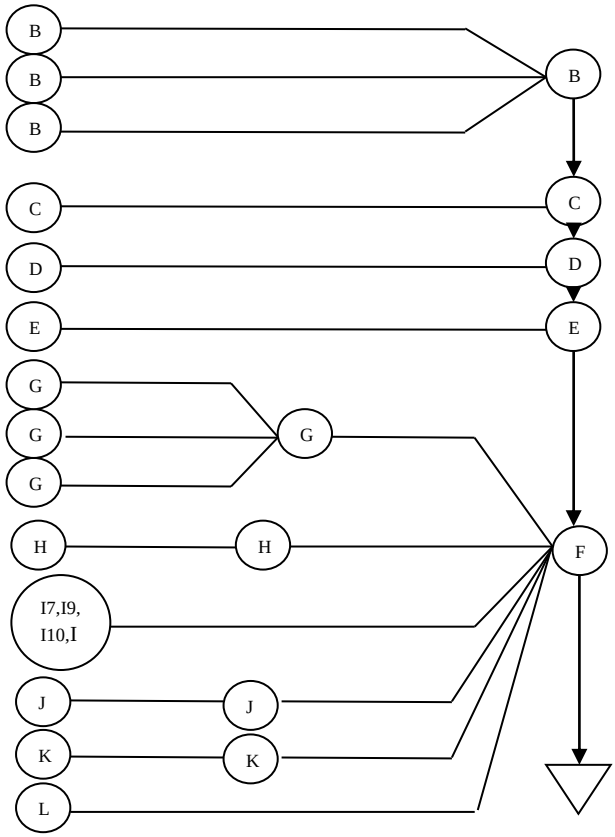
Assembly chart merupakan diagram yang menginformasikan komponen yang akan dibuat menjadi produk. *Assembly chart* berguna untuk menunjukkan komponen penyusun produk serta memperbaiki metode kerja termasuk postur kerja [12]. Gambar 8 menunjukkan *assembly chart* untuk pembuatan mesin pewarna batik.

Proses Pewarnaan Batik Menggunakan Mesin

Proses pewarnaan batik menggunakan mesin dilakukan dengan beberapa langah. Langkah-langkah tersebut adalah: (1) Kain yang akan direndam dipasangkan dalam cairan pewarna, dengan ukuran kain rata–rata 3 m dan dapat dipasang hingga 3 helai kain; (2) Menyiapkan cairan hangat pewarna batik; (3) Mesin dihidupkan selama 5 sampai dengan 10 putaran supaya cairan bisa meresap sampai ke bagian dalam kain; (4) Mesin dimatikan; (5) Menyiapkan cairan dingin pewarna batik; (6) Menggeser kain dari cairan hangat pewarna batik ke cairan dingin pewarna batik; (7) Mesin dijalankan kembali selama 5 sampai dengan 10 putaran sama seperti langkah nomor 3; (8) Mesin dimatikan; (9) Kain dilepas dan dikeringkan.

Bagan Aliran Bill of Material

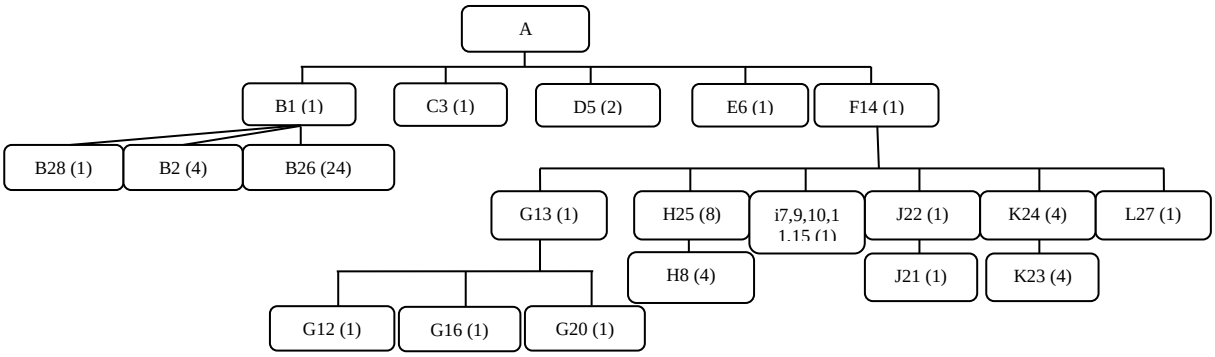
Bagan aliran *Bill of Material* (BOM) adalah definisi produk akhir meliputi material, daftar item yang dibeli pada suatu aktivitas kerja. BOM juga menggambarkan setiap komponen bahan yang dirakit, mencampur atau memproduksi produk akhir [13]. Gambar 9 menunjukkan BOM mesin pewarna batik.



Gambar 8. *Assembly Chart* Pembuatan Mesin Pewarna Batik

Tabel 6. Matriks Perencanaan Proses Pembuatan Mesin Pewarna Batik

Proses *spesification*	Rancangan mesin pewarna	Bak besar	Silinder bawah	Silinder atas	Elektrik motor	*Critical part requirement*	Proses perencanaan	
Manual	.	0	0	0	·	Proses pengukuran	Proses Kerangka Mesin	1
Rol meter	.	0	0	0	·	Alat yang digunakan		
Besi ukuran	0	·	·	·	0	Ukuran Bahan		
Disesuaikan desain	0	0	·	·	·	Cara Pemotongan		
Gergaji besi	.	0	·	·	·	Alat yang digunakan		
Disesuaikan desain	0	·	·	·	·	Cara Pengelasan		
Las listrik	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	0	.	.	.	Proses perakitan	Pemasangan Bak Besar	2
Painting, pipa penyangga, baut, mur, ring	0	.	.	.	.	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	0	0	·	Proses perakitan	Pemasangan Silinder Bawah	3
Kerangka mesin,sekat bak	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	0	0	0	0	Proses perakitan	Pemasangan Silinder Atas	4
Kerangka mesin bagian bawah	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	0	Proses perakitan	Elektrik Motor	5
Kerangka mesin bagian atas	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
tutup pengaman,van belt 1,2,3	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
baut pengencang,bearing unit	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
as silinder	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
pulley silinder penggerak	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
pulley silinder digerakan	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
pulley penggerak	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
pulley motor dia	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
gear box	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	0	Proses perakitan		
pulley driven 4 inch	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	0	Proses perakitan		
pulley driven 6 inch	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	·	Proses perakitan		
kompresor,pipa slang bulbing	0	·	·	·	·	Alat yang digunakan		
Manual	.	·	·	·	0	Proses perakitan		
saklar,stop kontak,kabel	0	·	·	·	0	Alat yang digunakan		



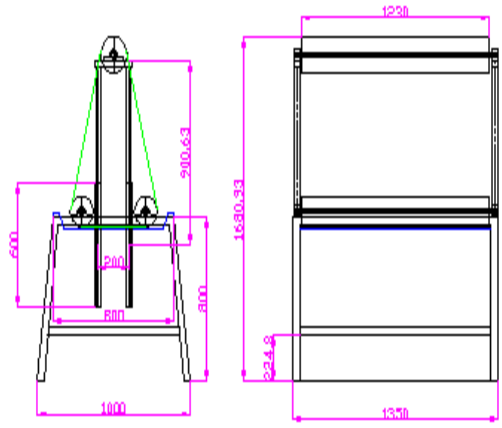
Gambar 9. *Bill Of Material* Mesin Pewarna Batik

Tabel 7. Keterangan *Bill of Material* Mesin Pewarna Batik

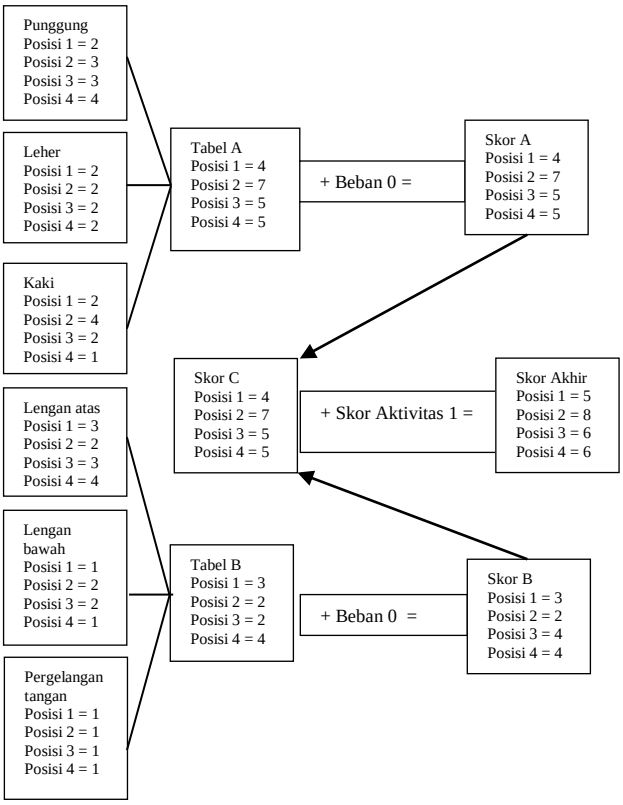
Description	Level	Code	Quantity	Ket
Mesin pewarna	0	A	1	Rakit
Kerangka mesin	1	B1	1	Rakit
Painting	2	B28	1	Rakit
Pipa tiang penyangga	2	B2	4	Rakit
Baut, mur, ring	2	B26	24	Rakit
Assembly 1	2	ASS 1	1	Rakit
Bak besar	1	C3	1	Rakit
Sekat bak	1	C4	1	Rakit
Assembly 2	2	ASS 2	1	Rakit
Silinder bawah	1	D5	2	Rakit
Silinder atas	1	E6	1	Rakit
Elektrik motor	1	F14	1	Rakit
Tutup pengaman	2	G13	1	Rakit
Van belt 1	3	G12	1	Rakit
Van belt 2	3	G16	1	Rakit
Van belt 3	3	G20	1	Rakit
Assembly 3	3	ASS 3	1	Rakit
Baut pengencang	2	H25	8	Rakit
Bearing	3	H8	4	Rakit
Assembly 4	3	ASS 4	1	Rakit
As silinder	2	I7	3	Rakit
Pulley penggerak	2	I9	1	Rakit
Pulley penggerak	2	I10	1	Rakit
Pulley penggerak	2	I11	1	Rakit
Pulley motor	2	I15	1	Rakit
Pulley driven 4 inch	2	I18	1	Rakit
Pulley driven 6 inch	2	I19	1	Rakit
Kompresor	2	J22	1	Rakit
Pipa slang bulbing	3	J21	1	rakit
Assembly 5	3	ASS 5	1	rakit
Dudukan cantingan	2	K24	4	rakit
Gelas canting	3	K23	4	rakit
Asseembly 6	3	ASS 6	1	rakit
Saklar, stop kontak, kab	2	L27	1	rakit
Assembly 7	2	ASS 7	1	rakit

Analisis Penilaian Postur Tubuh Menggunakan Metode REBA pada Proses Pewarnaan Celup (Tradisional)

Aktivitas pencelupan kain secara tradisional memiliki 4 (empat) jenis aktivitas posisi tubuh meliputi: (1) persiapan warna; (2) pemberian campuran air dingin dan panas; (3) mencampur cairan pewarna; (4) pencelupan kain [14]. Gambar 10 menunjukkan desain pewarna batik. Hasil analisis sudut tubuh pekerja yang sedang melakukan aktivitas pewarnaan mesin dengan metode REBA dibantu program Blender 3D V 2.78. Hasil REBA dengan Worksheet Ms. Excel versi 2010 dapat dilihat pada Gambar 11 dan Lampiran 1.



Gambar 10. Desain Mesin Pewarna Batik

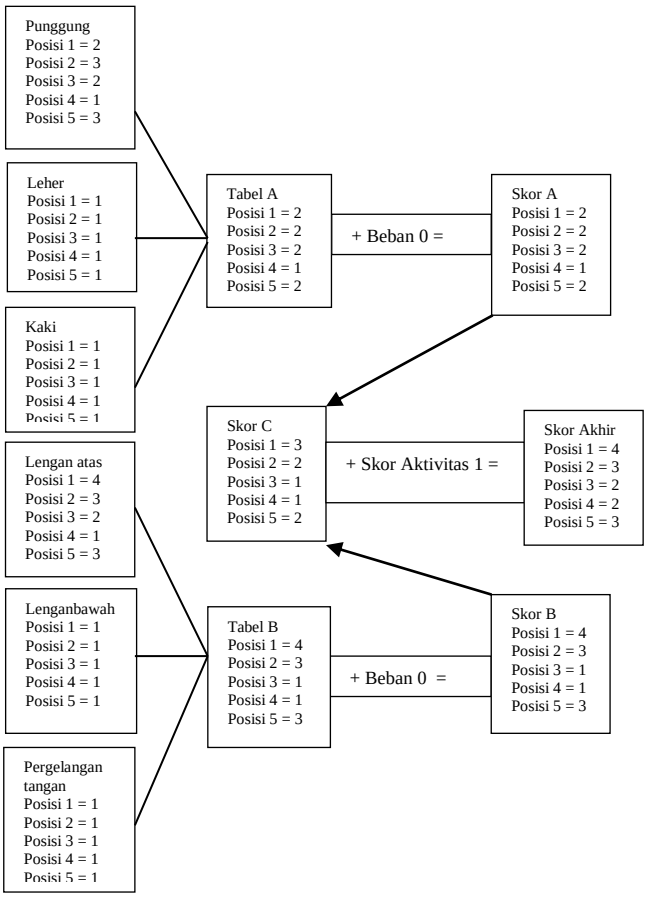


Gambar 11. Hasil REBA worksheet excel Level 5-8 (celup tradisional)

Berdasarkan skor REBA pada Gambar 11, dapat diketahui bahwa level risiko pada aktivitas celup tradisional yaitu antara level 5 sampai dengan 8 atau risiko keluhan otot sedang sampai dengan tinggi yaitu perlu hingga perlu segera perbaikan.

Analisis Penilaian Postur Tubuh Menggunakan Metode REBA pada Proses Pewarnaan Celup (mesin)

Aktivitas pencelupan kain dengan mesin memiliki 5 (lima) posisi badan yaitu: (1) pemasangan kain batik; (2) mengambil zat warna; (3) menjangkau zat warna; (4) menyalakan mesin; (5) mengeluarkan zat warna. Analisis sudut-sudut pada tubuh pekerja menggunakan analisis REBA dan dibantu program Blender 3D V 2.78 dan Worksheet Ms. Excel versi 2010 dapat dilihat pada Gambar 12 dan Lampiran 2.



Gambar 12. Hasil REBA worksheet excel Level 2-4 (celup mesin)

Hasil perhitungan skor REBA pada Gambar 12 menunjukkan bahwa aktivitas dengan celup mesin memiliki risiko dengan level 2 sampai dengan 4, yang berarti risiko muskuloskeletal rendah sampai dengan sedang, sehingga mungkin perlu sampai dengan perlu dilakukan tindakan. Gambar 13 menunjukkan perbandingan perbandingan kondisi postur tubuh sebelum dan setelah perancangan mesin pewarna batik yang dilakukan.

KESIMPULAN

Mesin Pewarna batik tulis didesain menggunakan 3 buah roll (silinder) yang memiliki daya penggerak 0,190 HP, dengan konsep kerja lembaran kain dililitkan pada silinder dengan putaran 72,5 rpm. Material rangka terbuat dari besi siku yang di cat dan silinder terbuat dari pipa PVC untuk menghindari korosi. Penilaian postur tubuh pekerja pada proses pewarnaan (celup tradisional) diperoleh skor REBA yaitu 5 sampai dengan 8 berada di level muskuloskeletal sedang sampai tinggi (perlu hingga perlu dilakukan perbaikan segera). Setelah diterapkan hasil rancangan mesin pewarna pada proses pewarnaan batik oleh pekerja, diperoleh skor REBA yaitu 2–4 berada pada level muskuloskeletal aman hingga rendah (perlu dilakukan perbaikan jangka waktu lama). Hal ini menunjukkan terjadi perubahan postur tubuh setelah dilakukan penerapan mesin pewarnaan batik yaitu dari postur tubuh menjongkok (membungkuk) yang tidak alamiah, menjadi postur tubuh berdiri yang bersifat lebih alamiah. Pengembangan alat/mesin pewarna batik disarankan dengan melakukan sosialisi kepada pekerja untuk menerapkan metode mewarnai batik celup menggunakan mesin sehingga dapat meningkatkan produktivitas pengrajin batik serta mengurangi risiko cidera.



(a) (b)

Gambar 13. Perbandingan kondisi Postur Tubuh pada aktivitas pencelupan warna antara (a) sebelum (celup tradisional) dan (b) setelah perancangan mesin pewarna batik (celup mesin)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterimakasih kepada Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah dan Dirjen Dikti atas pendanaan penelitian program Hibah Produk Terapan (DRPM DIKTI 2017 , dengan nomor kontrak**:** 305.a/K/F/LPPM/UPS/V/2017). Terimakasih juga untuk pihak yang terlibat dalam pembuatan penelitian. Harapannya hasil penelitian ini sebagai bahan ajar ilmu Teknik Industri dan Mesin. Amin.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Arminas, "Analisis Postur Kerja Aktivitas Pengangkatan Karung di PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk. Cabang Makassar," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 16, no. 1, p. 58, May 2017.

[2] Khalid Walidi and Yunia Dwie Nurcahyanie, "Rancangan Pengembangan Produk Boncengan Sepeda Motor Untuk Anak Dengan Pendekatan Ergonomi," *J. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 68–73, 2016.

[3] S. P. Chakravarthya, Subbaiah.K.M, and S. G.L, "Ergonomic Assessment and Risk Reduction of Automobile Assembly Tasks," *Int. J. Res. Sci. Manag.*, vol. 2, no. 6, pp. 38–42, 2015.

[4] F. T. Yunianto, S. Subroto, and S. Wiyono, "Rekayasa Mesin Pencetak Cimu-cumi dengan Tenaga Penggerak 1 HP dan Putaran 1420 RPM," *Media Mesin J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 1, pp. 32–37, Jan. 2015.

[5] I. Syafril, "Penerapan Mesin Pewarnaan Kain Batik Tulis Pada Industri Kecil 'Peri Kecil' Batik Bangkalan Madura," in *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) 2016*, 2016.

[6] R. Z. Surya, R. Badruddin, and M. Gasali, "Aplikasi Ergonomic Function Deployment (EFD) pada Redesign Alat Parut Kelapa untuk Ibu Rumah Tangga," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 13, no. 2, p. 771, Apr. 2016.

[7] S. W. Soebroto, "Prinsip-Prinsip Perancangan Berbasiskan

Dimensi Tubuh (Antropometri) Dan Perancangan Stasiun Kerja 1)," *Oktober*, no. 2, pp. 17–19, 2000.
[8] S. Siswiyanti, Luthfianto, "Perubahan Postur / Sikap Tubuh Pada Aktivitas Pewarnaan Batik (Colet) Setelah Dilakukan Perancangan Meja Batik Secara Ergonomi Untuk Mengurangi Keluhan," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 54–58, 2016.
[9] Masruroh and Nisa, "Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Ampbell Dudeck Smith, Palmer, dan Dannenbring di PT Loka Refraktoris Surabaya," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Produksi "TEKMAPRO,"* vol. 3, no. 2, pp. 158–171, 2012.
[10] S. Syawaldi, "Variasi Ukuran Puli Terhadap Produksi Hasil Alat Penumbuk Jengkol," *J. Surya Tek.*, vol. 2, no. 4, pp. 37–42, 2016.
[11] S. Ongkodjojo, C. Anson, and S. Tjitro, "Desain dan Pembuatan Alat Penggiling Dasing dengan Quality Function Deployment," *J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 106–113, Feb. 2006.
[12] A. Shtub and E. M. Dar-El, "An assembly chart oriented assembly line balancing approach," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 28, no. 6, pp. 1137–1151, Jun. 1990.
[13] I. Limbong, H. Tarore, J. Tjakra, and D. R. O. Walangitan, "Manajemen Pengadaan Material bangunan dengan Menggunakan Metode MRP (Material Requirement Planning) Studi Kasus: Revitalisasi Gedung Kantor BPS Propinsi Sulawesi Utara," *J. Sipil statik*, vol. 1, no. 6, May 2013.
[14] S. Siswiyanti and R. Rusnoto, "Analisa Postur Kerja pada Pewarnaan Batik Tulis (Celup Tradisional) dan Celup dan (Celup Mesin) Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA)," in *Proceeding SENDI_U*, 2017.

NOMENKLATUR

L = panjang sabuk (mm)
n = jumlah putaran (Rpm)
d = diameter puli (mm)
P = daya motor (HP)
T = momen torsi (Kg mm)
N = jumlah sampel (orang)
Pd = Daya (transmisi) (Kw)
V = kecepatan putar (m / s)
μ_1 = Rerata kelompok kontrol
μ_2 = Rerata kelompok perlakuan
α = Konstanta (0,01)
β = Konstanta (0,05)
N' = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan
x_i = Data hasil pengukuran ke-i
S = Tingkat ketelitian yang dikehendaki (dinyatakan dalam desimal)
k = Harga indeks tingkat kepercayaan, yaitu:

BIODATA PENULIS



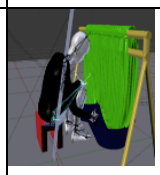
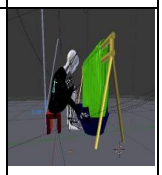
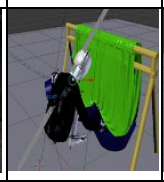
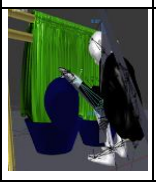
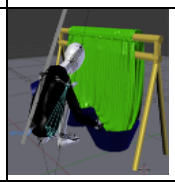
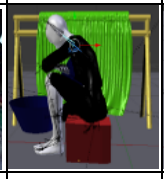
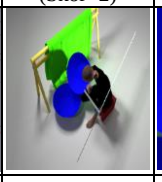
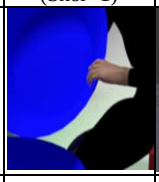
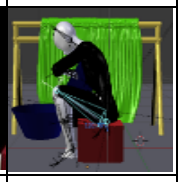
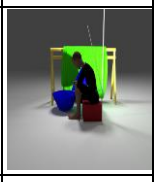
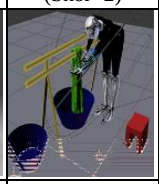
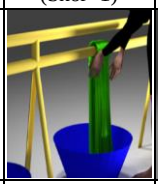
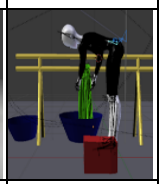
Penulis Pertama
Siswiyanti, Dosen Teknik Industri di Universitas Pancasakti Tegal, dalam mata kuliah Ergonomi dan Biomekanika.



Penulis Kedua
Rusnoto, Dosen Teknik Mesin di Universitas Pancasakti Tegal, dalam mata kuliah Material Teknik dan Teknik Perawatan Mesin.

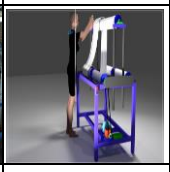
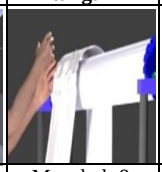
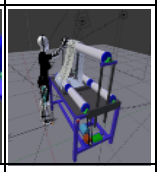
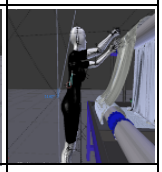
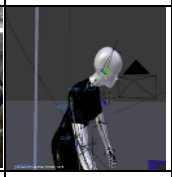
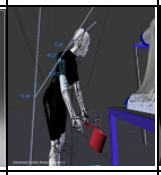
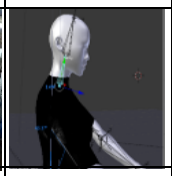
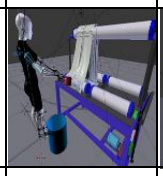
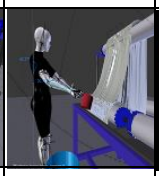
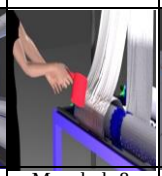
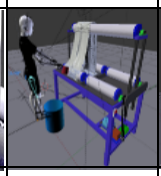
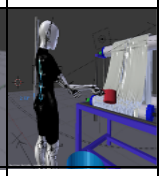
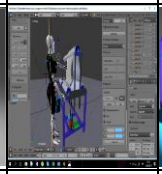
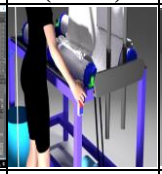
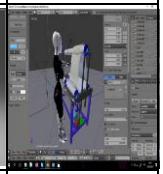
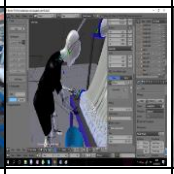
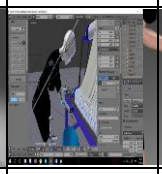
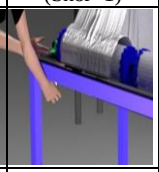
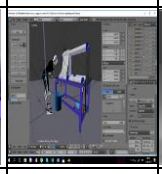
LAMPIRAN 1

Nilai Sudut pada Tubuh menggunakan Analisis REBA (pencelupan kain tradisional)

	Posisi dan Proses Kerja	Leher	Lengan atas	Lengan bawah	Pergelangan tangan	Kaki	Badan
POSISI 1							
1	**PERSIAPAN**	Sudut=11,42° (Skor= 2)	Sudut=63,09° (Skor=3)	Sudut=34,56° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=120,42° (Skor=1+1)	Sudut=15,88° (Skor=2)
POSISI 2							
2	**PENAMBAHAN AIR HANGAT**	Sudut=11,42° (Skor=1+1)	Sudut=30° (Skor=2)	Sudut= 124,44° (Skor=2)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=147,23° (Skor=2+2)	Sudut=14,85° (Skor=2+1)
POSISI 3							
3	**PENCAMPURAN WARNA**	Sudut=5,34° (Skor=1+1)	Sudut=74,18° (Skor=3)	Sudut= 111,12° (Skor=2)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=120,78° (Skor=1+1)	Sudut=19,01° (Skor=2+1)
POSISI 4							
4	**PENCELUPAN**	Sudut=10,56° (Skor=1+1)	Sudut= 101,34° (Skor=4)	Sudut=12° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=1,3° (Skor=1)	Sudut=63,38° (Skor=4)

LAMPIRAN 2

Nilai Sudut pada Tubuh menggunakan Analisis REBA (pencelupan kain dengan mesin)

	Posisi dan Proses Kerja	Leher	Lengan atas	Lengan bawah	Pergelangan tangan	Kaki	Badan
POSISI 1							
1	**MEMASANG KAIN**	Sudut=11,20° (Skor=1)	Sudut= 107,56° (Skor=4)	Sudut=35,54° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=0,30° (Skor=1)	Sudut=14,62° (Skor=2)
POSISI 2							
2	**MENGAMBIL PEWARNA DARI EMBER**	Sudut=15,94° (Skor=1)	Sudut=46,23° (Skor=3)	Sudut=22,43° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=16,26° (Skor=1)	Sudut=37,40° (Skor=3)
POSISI 3							
3	**MENUANGKAN ZAT WARNA**	Sudut=1,69° (Skor=1)	Sudut=43,37° (Skor=2)	Sudut=30,73° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=14,68° (Skor=1)	Sudut=2,73° (Skor=2)
POSISI 4							
4	**MENJALANKAN MESIN**	Sudut=0,40° (Skor=1)	Sudut=18,09° (Skor=1)	Sudut=27,32° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=3,51° (Skor=1)	Sudut=0,05° (Skor=1)
POSISI 5							
5	**MENGELUAR KAN PEWARNA**	Sudut=1,52° (Skor=1)	Sudut=67,01° (Skor=3)	Sudut=21,43° (Skor=1)	Menekuk & Memutar (Skor=1)	Sudut=5,55° (Skor=1)	Sudut=45.40° (Skor =3)