

ANALISA DAN REDESAIN STASIUN KERJA OPERASI TENUN SECARA ERGONOMIS UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS

Sritomo Wigjosoebroto

Kepala Laboratorium Ergonomi

Staf Pengajar jurusan Teknik Industri, ITS Surabaya

Sutaji

Mahasiswa Teknik Industri, ITS Surabaya

ABTRAKSI

Aspek-aspek ergonomi dalam proses perancangan fasilitas kerja dalam suatu industri merupakan faktor penting. Demikian pula beberapa aspek lain yang erat kaitannya dengan ergonomi. Seperti anatomi dan fisiologi sangat menunjang diketahuinya hal-hal yang menyebabkan ketidaknyamanan kerja dari segi manusia serta pengeluaran energi akibat beban kerja yang diterima.

Stasiun kerja merupakan bagian yang penting bagi sebuah industri. Dengan stasiun kerja yang ergonomis maka karyawan dapat bekerja dengan aman, nyaman dan produktif. Sebaliknya apabila stasiun kerjanya tidak ergonomis maka akan timbul postur-postur yang tidak benar, sehingga performance kerja orang tersebut akan menurun, tidak efektif dan efisien. Hal ini disebabkan karena postur tersebut dapat menyebabkan kelelahan yang lebih cepat dibandingkan dengan kondisi yang ergonomis. stasiun kerja yang menimbulkan postur kerja yang tidak ergonomis dijumpai pada stasiun operasi tenun di Cerme, Gresik. Postur tersebut akan dianalisa secara Biomekanik. Dan analisa denyut jantung juga dilakukan untuk mengetahui energi cost

Stasiun kerja yang ergonomis juga erat kaitannya dengan kesesuaian antara dimensi segmen-segmen tubuh operator dengan dimensi fasilitas-fasilitas yang digunakan. Bila terdapat ketidaksesuaian, maka akan mengurangi efektifitas kerja operator. Untuk itu fasilitas-fasilitas kerja yang tidak memiliki kesesuaian dengan dimensi segmen tubuh operator yang berkaitan perlu dirancang ulang. Perancangan ulang ini menggunakan data antropometri populasi operator pada operasi tenun.

Kata kunci : ergonomi, biomekanik, postur kerja, denyut jantung, antropometri, stasiun kerja tenun

1. PENDAHULUAN

CV BAMIRI DAN CV GAMIRI adalah industri tekstil yang memproduksi kain sarung. CV ini masih menggunakan alat tenun tradisional yang tenaga dan kontrolnya 100% dari manusia. Alat yang digunakan manual dan sederhana. Sebagaimana dijumpai disektor industri tradisional semacam ini fasilitas , tata cara maupun lingkungan fisik kerja sangatlah jauh dari prinsip-prinsip ergonomi. Hal tersebut terlihat pada CV BAMIRI dan CV GAMIRI dimana dalam proses tenun dilaksanakan oleh para pekerja wanita.

Kondisi kerja yang tidak ergonomis ditunjukkan oleh adanya pembungkukkan, tidak sesuainya dimensi mesin dengan antropometri operator sehingga mengakibatkan timbulnya keluhan-keluhan

Disampaikan dalam acara Seminar Nasional Ergonomi 2000 yang diselenggarakan laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja Jurusan Teknik Industri FTI-ITS dan Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI) pada tanggal 20 Agustus 2000 di Hotel Sahid – Surabaya.

pada tubuh operator diantaranya pada punggung, pinggang, bokong, pantat, pada tangan kiri, pergelangan tangan kiri, kaki kiri dan kanan dan sebagainya yang pada jangka panjang akan menimbulkan kelelahan kronis dan rasa sakit pada anggota-anggota tubuh tadi. Konsekuensi logis sebagai dampak yang ditimbulkan oleh tata cara kerja yang tidak ergonomis tersebut jelas akan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang dihasilkan.

Berdasarkan situasi dan kondisi kerja yang dirasakan tidak ergonomis maka penelitian yang dilakukan ini diarahkan untuk mampu menghasilkan suatu mesin yang digunakan untuk menenun. Prinsip yang akan diterapkan untuk pemecahan permasalahan dalam kasus ini sederhana yaitu melakukan redesain dengan menambah suatu alat untuk merubah posisi membungkuk dan menyesuaikan semua bagian mesin yang ada dengan antropometri operator dengan memperhatikan optimasi gaya dan persentile. Untuk mendapatkan data antropometri yang diperlukan untuk menentukan ukuran-ukuran dari peralatan yang akan dirancang, disini dilakukan terhadap terhadap 35 pekerja semuanya wanita. Dimensi yang diukur adalah yang memiliki kerkaitan dengan desain. Kreteria yang dipakai untuk menentukan ergonomis tidaknya rancangan dilakukan dengan uji ulang terhadap denyut jantung dan kuisisioner nordic body map antara sesudah dan sebelum redesain.

2. METODOLOGI

Secara garis besar penelitian yang dilakukan dibagi dalam tahapan berikut:

a. Identifikasi masalah dan peninjauan awal

Pada langkah ini dilakukan peninjauan awal serta diidentifikasi permasalahan yang ada pada stasiun operator tenun

b. Perumusan Tujuan

Pada tahap ini dirumuskan tujuannya terlebih dahulu sehingga penelitian lebih terarah.

c. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berhubungan dengan ergonomi dan aplikasinya dalam perancangan stasiun kerja suatu industri tenun serta pengolahan data.

d. Pengamatan dan pengumpulan data

Untuk mengetahui kondisi kerja pada stasiun operator tenun serta mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Data-data yang diambil, adalah data fasilitas yang ada, data antropometri dari beberapa operator, pengambilan gambar, serta data gaya untuk analisa biomekanik dan denyut jantung untuk analisa konsumsi energi secara tidak langsung. Selanjutnya data antropometri akan diolah menjadi tabel antropometri yang nantinya digunakan untuk perancangan alat kerja.

e. Analisa

◆ Denyut jantung

Analisa ini digunakan untuk mengukur jumlah energi yang dikeluarkan oleh seorang operator ketika melakukan pekerjaan mereka. Denyut jantung yang didapatkan dikonversikan ke energi kemudian dibandingkan dengan standar Lehman dan Astrand & Rodahl (1977)

◆ Analisa biomekanik

Analisa biomekanik untuk mengetahui besarnya gaya yang diterima oleh sendi-sendi tulang belakang. Apa masih dalam batas toleransi atau tidak.

◆ Analisa antropometri

Analisa ini dengan memanfaatkan data antropometri untuk perancangan ulang. Dalam perancangan disamping ditinjau dari dimensi juga ditinjau dari gaya yang optimal dengan memperhatikan sudut yang dibentuk oleh dimensi tersebut.

◆ Analisa subyektif

Analisa ini digunakan untuk mengetahui atau membandingkan perubahan terhadap keluhan-keluhan yang dirasakan oleh operator antara mesin yang sebelumnya dengan mesin setelah dirancang ulang.

f. Perancangan ulang

Analisa dilakukan berdasarkan hasil pengamatan serta data-data yang ada dan kemudian dilakukan perancangan stasiun kerja berdasarkan data antropometri hasil perhitungan dan hasil analisa biomekanik. Langkah-langkah dalam perancangan ergonomi adalah sebagai berikut :

- Menentukan jenis segmen badan yang berkaitan dengan bagian stasiun kerja yang akan dirancang.

- Menentukan presentile data antropometri yang dipakai. Hal ini ditujukan untuk perancangan bagi orang yang berukuran besar atau kecil.
- Menentukan kelonggaran
- Melakukan perhitungan.

g. Hasil rancangan

Rancangan yang dihasilkan adalah rancangan stasiun kerja yang memperhatikan aspek ergonomi yaitu memiliki kesesuaian dimensi dengan dimensi segmen tubuh yang berkaitan. Dengan rancangan yang ergonomis diharapkan tidak akan terjadi postur-postur kerja yang mudah menimbulkan kelelahan serta keluhan-keluhan lain..

h. Pembuatan prototype

Setelah didapatkan suatu hasil ukuran redesain maka dibuat prototype dari alat tenun tersebut.

i. Perbandingan

Hasil prototype diuji kemudian hasilnya dibandingkan dengan analisa sebelumnya.

j. Penarikan kesimpulan dan saran

Dibuat kesimpulan berdasarkan dari hasil analisa dalam perancangan alat tenun serta saran-saran perlu disampaikan.

3. KELUARAN DAN ANALISIS

3.1 Data Antrometri Operator

Data dimensi ini diambil dengan melakukan pengukuran secara langsung pada tubuh operator kemudian dilakukan perhitungan sehingga didapatkan tabel antropometri sebagai berikut:

TABEL 1 ANTROPOMETRI

NO	DIMENSI TUBUH	5%(mm)	X(mm)	95%(mm)	SD
1	Tinggi tubuh berdiri posisi tegak	1383	1486	1589	63
2	Tinggi mata	1279	1388	1497	66
3	Tinggi bahu	1130	1260	1389	79
4	Tinggi mata pada posisi duduk	576	650	723	45
5	Tinggi bahu pada posisi duduk	462	515	569	33
6	Tinggi siku pada posisi duduk	161	186	211	15
7	Tebal paha	87	110	133	14
8	Jarak dari pantat ke lutut	422	508	595	53
9	Jarak dari lipatan lutut ke pantat	388	429	470	25
10	Tinggi lutut	417	458	499	25
11	Tinggi lipatan lutut	357	395	433	23
12	Lebar panggul	282	328	374	28
13	Jarak dari siku ke ujung jari	258	297	337	24
14	Jarak gengaman tangan ke depan	543	596	649	32

3.2 Analisa Biomekanik

Analisa biomekanik dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Analisa hanya dilakukan pada Free Body Diagram pada ruas-ruas tulang belakang.
2. Gaya gravitasi yang dihitung adalah berat kepala, berat lengan, berat trunk.
3. Tinggi sendi bagian depan sama dengan bagian belakang.
4. Kekuatan kompresi antar sendi adalah sama
5. Gaya gravitasi yang diterima tulang belakang (W_b) berdasarkan persamaan Svenston 1983)

$$\text{Berat Badan (BB)} = \text{Massa (m)} \times \text{Gaya gravitasi (g)}$$

$$\text{Diasumsikan } g = 10 \text{ m/s}^2$$

Dari persamaan Svenston:

$$W_t (\text{Berat Trunk}) = 50,3 \% \text{ BB}$$

$$W_l (\text{Berat lengan atas dan bawah}) = 2 \times (2,7 + 2,3)\% \cdot \text{BB}$$

$$W_k (\text{berat kepala}) = 7,7\% \cdot BB$$

$$\text{Sehingga } W_b = W_t + W_l + W_k = 67,7\%$$

Operator yang dianalisa mempunyai masa 47 kg. Dari perhitungan diatas diketahui W_t adalah 236,4 N maka dapat dihitung berat tiap-tiap ruas tulang belakang. (Lihat tabel 2)

➤ **Analisa antar sendi ruas-ruas tulang belakang.**

Pada analisa ini dihitung besarnya gaya-gaya yang bekerja pada sendi ruas tulang belakang.

➤ **Gaya Normal.**

Dari postur yang diamati ketika dapat dibuat model yang menggambarkan gaya-gaya yang bekerja.

Berdasarkan hukum kesetimbangan maka resultan gaya yang bekerja sama dengan nol sehingga tubuh dalam kondisi diam. Gaya normal dapat dirumuskan :

$$F_n = F_y \sin \theta_i$$

$$\text{Dimana } F_y = (W_k + W_l + W_{ti})$$

Sehingga :

$$F_n = (W_k + W_l + W_{ti}) \sin \theta_i$$

➤ **Gaya geser**

$$F_s = F_y \cos \theta_i$$

$$\text{Dimana: } F_y = W_k + W_l + W_{ti}$$

Sehingga:

$$F_s = (W_k + W_l + W_{ti}) \cos \theta_i$$

Hasil perhitungan besar gaya normal dan gaya geser (Lihat Tabel 3)

Tabel 2 berat tiap-tiap ruas tulang belakang operator .

NO	Ruas tulang belakang	prosentase (%)	berat tiap ruas(N)
1	C1	1.8	4.26
2	C2	3.56	8.42
3	C3	2.37	5.60
4	C4	2.61	6.17
5	C5	3.16	7.47
6	C6	2.92	6.90
7	C7	3.27	7.73
8	T1	3.16	7.47
9	T2	3.56	8.42
10	T3	3.62	8.56
11	T4	3.82	9.03
12	T5	3.21	7.59
13	T6	3.42	8.08
14	T7	3.47	8.20
15	T8	3.91	9.24
16	T9	4.26	10.07
17	T10	4.17	9.86
18	T11	4.63	10.95
19	T12	5.15	12.17
20	L1	6.43	15.20
21	L2	6.69	15.82
22	L3	6.66	15.74
23	L4	7.15	16.90
24	L5	7.01	16.57

Tabel 3.1 Perhitungan gaya geser dan gaya normal pada posisi yang diamati

NO	Ld (l)	Oi(derajat)	Wi(N)	Wk(N)	Wti(N)	Fn(N)	Fs(N)
1	C1-C2	35	47	36.2	4.26	50.16	71.64
2	C2-C3	12	47	36.2	12.67	19.93	93.78
3	C3-C4	10	47	36.2	18.27	17.62	99.93
4	C4-C5	15	47	36.2	24.44	27.86	103.98
5	C5-C6	10	47	36.2	31.91	19.99	113.37
6	C6-C7	20	47	36.2	38.82	41.73	114.66
7	C7-T1	26	47	36.2	46.55	56.88	116.62
8	T1-T2	29	47	36.2	54.02	66.52	120.01
9	T2-T3	34	47	36.2	62.43	81.44	120.74
10	T3-T4	38	47	36.2	70.99	94.93	121.50
11	T4-T5	41	47	36.2	80.02	107.08	123.18
12	T5-T6	46	47	36.2	87.61	122.87	118.65
13	T6-T7	52	47	36.2	95.69	140.97	110.14
14	T7-T8	56	47	36.2	103.90	155.11	104.62
15	T8-T9	60	47	36.2	113.14	170.04	98.17
16	T9-T10	65	47	36.2	123.21	187.07	87.23
17	T10-T11	70	47	36.2	133.07	203.23	73.97
18	T11-T12	71	47	36.2	144.01	214.84	73.97
19	T12-L1	73	47	36.2	156.19	228.93	69.99
20	L1-L2	68	47	36.2	171.39	236.05	95.37
21	L2-L3	65	47	36.2	187.21	245.07	114.28
22	L3-L4	58	47	36.2	202.95	242.67	151.64
23	L4-L5	54	47	36.2	219.85	245.17	178.13
24	L5-S	50	47	36.2	236.42	244.85	205.45

Tabel 3.2 Perbandingan gaya geser dan gaya normal posisi diamati dengan posisi normal

Fn diamati	Fn Normal	Fn diamati-Fn Normal	Fs diamati	Fs Normal	Fs diamati-Fs Normal
50.16	87.34	-37.17	71.64	4.58	67.06
19.93	92.60	-72.67	93.78	24.81	68.96
17.62	89.60	-71.98	99.93	47.64	52.29
27.86	87.09	-59.23	103.98	63.27	40.70
19.99	86.88	-66.89	113.37	75.52	37.84
41.73	89.24	-47.51	114.66	83.22	31.44
56.88	96.42	-39.54	116.62	86.82	29.80
66.52	108.13	-41.60	120.01	84.48	35.53
81.44	119.30	-37.86	120.74	83.53	37.20
94.93	133.53	-38.60	121.50	77.10	44.41
107.08	147.93	-40.85	123.18	68.98	54.20
122.87	162.45	-39.58	118.65	52.78	65.87
140.97	174.99	-34.01	110.14	37.19	72.94
155.11	186.39	-31.27	104.62	16.31	88.32
170.04	196.31	-26.27	98.17	3.43	94.74
187.07	205.63	-18.55	87.23	17.99	69.24
203.23	215.08	-11.86	73.97	22.61	51.36
214.84	225.52	-10.69	73.97	27.69	46.28
228.93	238.08	-9.15	69.99	25.02	44.97
236.05	253.97	-17.92	95.37	17.76	77.61
245.07	270.41	-25.33	114.28	0.00	114.28
242.67	285.06	-42.39	151.64	24.94	126.70
245.17	298.45	-53.27	178.13	52.62	125.51
244.85	300.35	-55.50	205.45	109.32	96.13

➤ **Denyut jantung**

Data angka pulsa diambil dengan mengukur denyut nadi operator pada tangannya. Pengambilan dilakukan pada saat operator bekerja.

Melihat hubungan metabolisme, respirasi, temperatur badan dan denyut jantung (sumber data: Cristensen, 1964) nampak adanya hubungan yang linier antara denyut jantung dengan konsumsi oksigen.

Assesment of work load	Oxygen consumption L/min	Lung ventilation L/min	Rectal temperature °C	Heart rate Pulses/min
Very low	0.25 –0.3	6-7	37.5	60-70
Low	0.5-1	11-12	37.5	75-100
Moderate	1-1.5	20-31	37.5-38	100-125
High	1.5-2	31-43	38-38.5	125-150
Very high	2-2.5	43-56	38.5-39	150-175
Extremely high	2.4-4	60-100	Over 39	Over 175

Dari tabel diatas dilakukan interpolasi untuk mengetahui jumlah oksigen. Denyut jantung operator ketika bekerja adalah 101 denyut/menit.

$$\frac{1,5 - 1}{x - 1} = \frac{125 - 100}{101 - 100}$$

$$x - 1 = \frac{0,5}{25}$$

$$x = 1,02$$

jadi konsumsi oksigen seorang operator ketika bekerja adalah 1,02 Liter/Menit.

Jika 1 liter oksigen menghasilkan energi sebesar 4.8 Kcal maka energi yang dibutuhkan operator adalah 1.02 x 4,8 = 4,896 Kcal/menit.

➤ **keluhan pada bagian tubuh**

Untuk mengetahui keluhan yang terjadi pada tubuh operator dilakukan wawancara dan penyebaran kuisioner nordic body map sehingga dapat diketahui perubahan keluhan yang dirasakan antara sebelum dan sesudah perancangan ulang.

3.2 Analisa sendi antar ruas tulang belang

➤ **Gaya Normal**

Gaya normal operator dapat dilihat pada Tabel 3. Besarnya bervariasi karena sudut inklinasi, berat berbeda. Gaya mulai dari 50.16 N sampai 244.85 N. Gaya maksimal 245.17 N dialami oleh L5.

➤ **Gaya Geser**

Gaya geser yang melebihi batas normal cukup berbahaya. Hal ini memungkinkan terjadinya slip disc, yang berakibat cairan pada ruas tulang belakang keluar yang berakibat rasa nyeri pada punggung. Besarnya gaya geser mulai 71,64 s/d 205,45 N. Setelah dibandingkan gaya geser antara posisi yang diamati dengan posisi normal, ada perbedaan yang sangat besar, hal inilah yang menimbulkan rasa nyeri sehingga perlu dilakukan minimasi yaitu menambahkan komponen pengulung.

➤ **Analisa denyut jantung**

Menurut LEHMAN energi yang dikeluarkan operator yang bekerja dengan posisi duduk dan seluruh badan dalam kondisi sedang adalah

- posisi duduk = 0,3 Kcal/Menit
 - kerja seluruh badan (kedua tangan dan kaki) = 4 Kcal/Menit
- = 0,3 Kcal/Menit + 4 Kcal/Menit

= 4,3 Kcal/Menit.

Energi yang dikeluarkan operator ketika menenun 4,896 Kcal/Menit. Jadi kondisi tidak ergonomis karena melebihi standar Lehman. energi yang dikeluarkan melebihi standar Lehman

3.3 PERANCANGAN ULANG BAGIAN-BAGIAN MESIN TENUN

Pada perancangan ulang disini akan digunakan prinsip-prinsip perancangan produk dengan ukuran ekstrem operator yang mempunyai tujuan agar bisa menyesuaikan ukuran tubuh operator yang tergolong ekstrim (terlalu besar atau terlalu kecil). Maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:

- untuk dimensi minimum didasarkan pada nilai persentile terbesar, disini dipilih 95 persentile.
- Untuk dimensi maksimum didasarkan pada nilai persentile yang terkecil, disini dipilih 5 persentile.

1. Kursi

a. Tinggi kursi

Tinggi kursi = tinggi pijakan + X

$$X = R \cos 45^0 = 458. = 395 \times 0,707 = 279 \text{ mm}$$

Dimensi : tinggi lipat lutut = 395 mm(R)

: tinggi pijakan = 150 mm

Persentile : 50

Perhitungan : $279 + 150 = 430 \text{ mm}$

50 persentile agar operator kecil tidak terjadi kondisi kaki menggantung Sedangkan untuk operator yang besar tidak terjadi pengangkatan paha. Dipilih sudut 45^0 agar gaya optimal(sumber data: Sanders and Mc Cornmick, 1987)

b. Lebar kursi

Dimensi : lebar panggul

Persentile : 95

Allowance : 20 mm

Perhitungan : $373 + 20 = 393 \text{ mm}$

Persentil 95 agar operator yang mempunyai panggul besar dapat ditopang oleh kursi.

c. Kedalaman kursi

Dimensi : jarak dari lipat lutut ke bawah

Persentil : 95

Allowance : 20 mm

Perhitungan : $470 + 20 = 490 \text{ mm}$

Persentil 95 agar operator yang mempunyai jarak dari lipat lutut ke pantat yang panjang dapat tertopang oleh kursi.

2. Handel

a. tinggi handel

Tinggi handel = tinggi kursi + tinggi siku pada posisi duduk.+ allowance

Dimensi : tinggi siku pada posisi duduk

Persentil : 50

Allowance : 50 mm

Perhitungan : $430 + 187 + 50 = 670 \text{ mm}$

Dimensi yang sesuai adalah tinggi siku pada posisi duduk ditambah dengan tinggi kursi. Sudut yang dibentuk lengan adalah 90^0 persentile yang dipilih 50 persentile supaya seluruh operator yang berukuran besar atau kecil dapat bekerja dengan baik.

b. jarak terpendek handle dari operator

Dimensi : jarak dari siku ke ujung jari

Perhitungan : $337 - 69 = 268 \text{ mm}$

Jarak terpendek handle dari operator harus tidak kecil dari panjang lengan bawah. Apabila jarak tersebut lebih pendek dari lengan bawah, operator tidak dapat bekerja dengan baik karena siku tertekuk. 95 persentile karena merupakan ukuran minimum agar dapat mengakomodasi semua operator.

c. jarak terjauh handle dari operator

jarak terjauh handle = panjang lengan bawah + y

r = tinggi bahu pada posisi duduk – tinggi siku pada posisi duduk

$$y = r \cdot \sin 60^{\circ} = 300 \times 0,866 = 260$$

Dimensi : Tinggi bahu pada posisi duduk
 Tinggi siku pada posisi duduk
 Jarak dari siku keujung jari
 Panjang jari wanita

Persentile : 5

$$\text{Perhitungan} : 260 + 258 - 69 = 450 \text{ mm}$$

jarak terjauh handle dari operator harus masih dalam jangkauan operator, sehingga dimensi yang bersesuaian adalah jangkauan (perhitungan diatas). Karena merupakan batas maksimal maka persentile yang dipilih adalah 5. Dipilih sudut lengan atas dengan badan 60° gaya tarik yang optimal. (Morgan. Et, al. 1967)

d. Diameter handle

Diameter handle dipilih dari penelitian sebelumnya yaitu handle yang paling optimal bagi wanita adalah 4-5 cm.(sumber data : Petrofsky, 1980)

3. Punggulung

Tinggi punggulung dari lantai

Dimensi : tinggi kursi
 Tinggi bahu pada posisi duduk
 Jarak gengaman tangan kedepan

Persentile : 50

Allowance : 40 mm

$$\text{Perhitungan} : \text{tinggi kursi} + \text{tinggi bahu pada posisi duduk} - \text{jarak gengaman tangan ke depan} + \text{allowance}$$

$$= 430 + 515 - 595 + 40 = 389 \text{ mm}$$

Posisi pengulung tidak boleh lebih rendah dari panjang jangkauan agar tidak terjadi postur yang tidak ergonomis (membungkuk) dan tidak boleh terlalu dekat agar tidak terjadi pengangkatan pada lengan sehingga persentile yang digunakan adalah 50. Allowance perlu ditambahkan karena gerakannya dinamis/biasanya operator memakai kain sebagai dudukan.

4. Pijakan

Pijakan yang digunakan adalah sesuai dengan lebar telapak kaki operator sehingga tidak menimbulkan stress pada telapak kaki. Dimensi lebar telapak kaki wanita orang Indonesia yaitu 88 mm + allowance 10 mm. Jadi lebar pijakan adalah 98 mm.

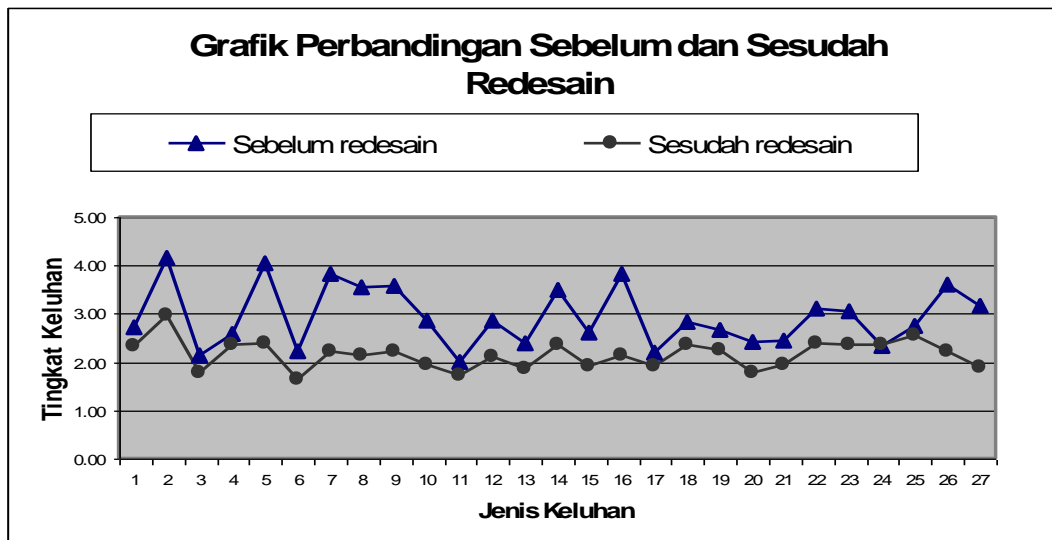
• *Perbandingan dimensi mesin tenun sebelum dan sesudah redesain*

Nama bagian	Sebelum (mm)	Sesudah (mm)	Keterangan Perubahan
Tinggi pijakan	150	150	Sebagai acuan perhitungan selanjutnya
Lebar pijakan	40	98	Disesuaikan telapak kaki, antropometri wanita.
Tinggi kursi	530	430	Dihitung dengan memperhatikan gaya kaki optimal
Lebar kursi	240	393	Disesuaikan dengan antropometri operator
Kedalaman kursi	290	490	Disesuaikan dengan antropometri operator
Tinggi handle	890	670	Dihitung dari posisi duduk yang sudah ditentukan
Jarak minimal handle	210	268	Dihitung dgn melihat posisi yang nyaman.
Jarak maksimal handle	560	450	Dihitung dengan memperhatikan gaya yang optimal
Tinggi punggulung	590	389	Ditentukan berdasar jangkauan tangan

3.3 Analisa setelah redesain sebagai perbandingan dengan rancangan sebelumnya.:

➤ Analisa denyut jantung

Hasil rata-rata denyut jantung setelah perancangan ulang adalah 96 denyut/menit. Setelah dilakukan Interpolasi didapatkan 0,94 Liter/menit. Dikonversikan ke energi sama dengan 4,51 Kkal/menit. Kondisi setelah perncangan lebih baik karena energinya lebih kecil



➤ Perbandingan keluhan sebelum dan sesudah perancangan ulang

Dari grafik dibawah perubahan terbesar yang terjadi setelah dilakukan redesign adalah pada Punggung (5), pinggang(6), bokong(8), pergelangan tangan kiri (14), tangan kiri(16), kaki kiri(26), kaki kanan(27). Dan secara keseluruhan telah mengalami perubahan.

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan perancangan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa ternyata bahwa kondisi yang ada tidak ergonomis karena energi yang dikeluarkan melebihi standar yang ditetapkan Lehman , adanya kondisi membungkuk yang dapat menimbulkan adanya slip dis , kecilnya handle, tipisnya pijakan.
2. Gaya normal postur membungkuk lebih kecil dari posisi tegak. Sedangkan gaya geser posisi membungkuk lebih besar dari posisi tegak. Setelah dilakukan redesign maka kondisi lebih ergonomis karena posisi mengulung dilakukan dengan posisi normal atau tegak sehingga gaya geser yang dialami tulang belakangpun dapat tereduksi.
3. Secara umum kondisi kerja dengan hasil rancangan fasilitas kerja ini lebih baik dari kondisi awal sebelum rancangan dibuat karena sudah lebih mendekati prinsip-prinsip ergonomis, misalnya posisi tubuh pada saat melakukan penggulangan sudah tidak membungkuk, ukuran-ukuran disesuaikan dengan tubuh operator dan hasil penelitian sebelumnya. Dan berdasarkan hasil penyebaran kuisisioner sebelum dan sesudah perancangan ulang ternyata dapat dilihat penurunan rasa sakit yang mereka derita selama ini.

4.2 Saran

- ❑ Agar sudut inklinasi yang digunakan untuk analisa biomekanik dapat diketahui dengan pasti, maka sebaiknya dilakukan dengan sinar laser.
- ❑ Untuk mengukur energi cost sebaiknya menggunakan respiratori sehingga hasilnya lebih akurat.
- ❑ Perlu ditinjau dari berbagai faktor: suhu, getaran, kebisingan, pencahayaan.
- ❑ Hasil rancangan tidak menutup kemungkinan untuk diciptakannya inovasi baru. Dan diharapkan ada yang mengembangkannya yang lebih baik lagi dimasa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dan Macleod : The Ergonomic Edge : Improving safety, Quality, and Produktivity.,Van Nostrand Reinhold, 1995
2. Bridger, R.S., Introduction to Ergonomics, McGraw Hill, 1995
3. Grandjean, E.,Fitting the Task to the Man: on ergonomics approach.,McGraw Hill Inc. Sydney, 1987
4. Nurmianto,E. Ergonomi: Konsep dasar dan aplikasinya., Guna Widya, Jakarta, 1996
5. Pheasant, E. Bodyspace : Antropometri, Ergonomics, and Desaign, Taylor& Francis London, 1986
6. Proceeding, Ergonomi: Meningkatkan unjuk kerja manusia Indonesia untuk menyongsong abad ke 21., Institut Teknologi Bandung, 1997
7. Pulat, Mustofa. Fundamental of industrial ergonomics, prentice Hall International Series in Industrial and system Engineering
8. Sanders, M.S. and MC Cormick. Human factor in engineering and desaign, MC Graw Hill Inc., New York, 1987
9. Stevenson, M.G, The principles of ergonomics, center of safety science UNSW, sydney, 1989
10. Suyatno,s. Meningkatkan produktifitas dengan ergonomi, PT Pustaka Binaan Pressindo, Jakarta, Indonesia, 1985
11. Wignjosoebroto,S., Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja,. Guna Widya, Jakarta,1995