

PERBAIKAN KUALITAS KERJA DENGAN MENERAPKAN PENDEKATAN ERGONOMI MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS BURUH ANGKAT ANGKUT TRADISIONAL DI PASAR BADUNG DENPASAR

Robert Hutagalung

Dosen Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Pattimura Ambon
e-mail: robert_hutagalung@yahoo.com

ABSTRAK

Buruh angkat – angkut tradisional wanita bekerja setiap malam di Pasar Badung Denpasar, mulai dari pukul 19.00-03.30 WITA. Rentangan usia para buruh adalah 18-40 tahun dan beban 60-100 kg ditambah keranjang 1-2 kg, dengan cara menjunjung di atas kepala. Jarak tempuh tiap frekuensi angkut adalah 100 meter. Dari konsep-konsep ergonomi, proses ini adalah berlebihan dan sering menyebabkan cedera. Untuk mengatasi kondisi kerja yang tidak ergonomis tersebut, dilakukan perbaikan kualitas kerja terhadap 11 orang sampel, meliputi: sikap kerja, metode kerja, beban angkat dan desain alat kerja guna mengatasi sikap kerja yang tidak alamiah serta memberikan kesempatan untuk melakukan istirahat aktif dan mengubah sistem kerja statis menjadi lebih dinamis. Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi terhadap produktivitas buruh angkat-angkut. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah: (1) rerata gaya tekan L5/S1 sebelum perbaikan $7.637,15 \pm 66,78$ N dan sesudah perbaikan $2.983,26 \pm 16,63$ N; (2) rerata denyut nadi kerja sebelum perbaikan $150,61 \pm 1,06$ denyut/menit dan sesudah perbaikan $119,51 \pm 1,39$ denyut/menit; dan (3) rerata produktivitas sebelum perbaikan $1,78 \times 10^{-2} \pm 0,01 \times 10^{-2}$ dan sesudah perbaikan $2,24 \times 10^{-2} \pm 0,03 \times 10^{-2}$. Dari hasil analisis diperoleh bahwa perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi dapat menurunkan gaya tekan L5/S1 sebesar 60,94 % ($p < 0,05$), beban kerja sebesar 42,59 % ($p < 0,05$) dan meningkatkan produktivitas sebesar 26,04 % ($p < 0,05$).

Kata Kunci: Kualitas Kerja, Ergonomi, Produktifitas, Buruh Angkat-Angkut.

ABSTRACT

Between 7.00 p.m. to 3.30 a.m. traditional female porters (18-40 years old) in Badung market of Denpasar have conducted their daily work which is carry a 61 to 102 kg basket (empty weight between 1 to 2 kg) on their head. Each movement has reached 100 meter long to transport the loaded basket. According to ergonomic concepts, this activity is excessive and oftenly caused injuries to the porters. Solving this unergonomic work condition, we improved work quality of 11 samples of porters in terms of work posture, work method, lift load, and work tools design in order to solve innate work postures, provide a chance to have an active rest and change static work systems to be more dynamic. Generally, this research was aim to know effects of improving work quality by using ergonomic approach to productivity of the porters. The results were (1) the average of L5/S1 pressure forces are $7.637,15 \pm 66,78$ N (before improving) and $2.983,26 \pm 16,63$ N (after improving); (2) the average of work pulses are $150,61 \pm 1,06$ pulses/minute (before) and $119,51 \pm 1,39$ pulses/minute (after); and (3) the average of productivity are $1,78 \times 10^{-2} \pm 0,01 \times 10^{-2}$ (before) and $2,24 \times 10^{-2} \pm 0,03 \times 10^{-2}$ (after). Engaging ergonomic approach to recover work quality could reduce 60,94% ($p < 0,05$) of L5/S1 pressure forces, 42,59% ($p < 0,05$) of work load, and increase 26,04% ($p < 0,05$) of productivity.

Keywords: Work Quality, Ergonomic, Productivity, Porter.

PENDAHULUAN

Jumlah buruh angkat – angkut tradisional wanita yang bekerja tidak rutin setiap malam diperkirakan sebanyak 50-100 orang dan mereka belum mempunyai langganan tetap serta pangkalan tertentu. Sedangkan yang bekerja secara rutin setiap malam sebanyak 159 orang, mereka bekerja mulai dari pukul 19.00-03.30 WITA. Rentangan usia para buruh adalah 18-40 tahun. Beban yang

diangkat/angkut setiap orang buruh berkisar antara 60-100 kg ditambah keranjang 1-2 kg, dengan cara menjunjung di atas kepala. Jarak tempuh tiap frekuensi angkut adalah 100 meter.

Para pekerja jasa angkat-angkut di pasar Badung, tampaknya tidak akan terlepas dari kelelahan saat bekerja. Menurut Manuaba (1983) bahwa akibat dari sikap paksa atau salah adalah cepat lelah kalau dilakukan berkepanjangan, apalagi tanpa istirahat. Hal ini disebabkan karena adanya kontraksi otot-otot yang tidak perlu atau tidak memiliki hubungan langsung atau karena adanya kontraksi otot statis. Suatu sistem/alat kerja yang tak dirancang dengan baik atau tidak mengacu pada kaidah-kaidah ergonomi dapat menyebabkan kelelahan lebih cepat muncul, beban kerja meningkat, mekanisme kerja menjadi tidak efektif dan efisien yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitas pekerja. Proses ini adalah berlebihan dan sering menyebabkan cedera yakni: kerusakan pada diskus intervertebralis (*intervertebral discs*), menyebabkan rasa nyeri, ngilu, kelelahan yang berlebihan dan gangguan pada otot bagian kepala dan leher. Dari hasil wawancara dengan para buruh, hal tersebut sudah mereka alami, tetapi akibat tuntutan tugas, pengetahuan yang kurang memadai dan faktor ekonomi, mereka menganggap semuanya ini adalah kejadian biasa. Pada usia 40 tahun ke atas cedera ini semakin jelas, karena sebagian dari mereka tidak sanggup lagi bekerja dan bahkan sudah ada yang perlu perawatan (Hutagalung, 2007). Batasan angkat maksimum yang diizinkan, yang direkomendasikan oleh NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) adalah gaya tekan sebesar 6.400 Newton pada L5/S1 (NIOSH, 1981; Chaffin dan Andersson, 1991).

Umumnya para buruh tidak membawa bekal makanan dari rumah masing-masing, sehingga mereka hanya membeli makanan seadanya dari penghasilan yang telah diperoleh saat itu. Di samping hal tersebut di atas, pemanfaatan gaya dorong/tenaga yang dibutuhkan untuk mengangkat barang tidak efisien. Hal ini disebabkan oleh bentuk sarana (keranjang tempat barang bawaan) mempunyai diameter yang terlalu besar sehingga jarak antara posisi gaya berat pengangkut dan gaya berat yang diangkut semakin jauh, sebagai akibatnya adalah momen bertambah besar. Selain itu, sikap kerja para buruh tidak ergonomis, sehingga gaya dorong/angkat yang dibutuhkan menggerakkan beban angkat (barang dan keranjang) bertambah besar akibatnya gaya tekan pada L5/S1 bertambah besar, dengan demikian beban kerja buruh makin bertambah.

Untuk mengatasi kondisi kerja yang tidak ergonomis tersebut perlu dilakukan perbaikan meliputi: sikap kerja, metode kerja, beban angkat dan desain alat kerja guna mengatasi sikap kerja yang tidak alamiah serta memberikan kesempatan kepada para buruh melakukan istirahat aktif dan mengubah sistem kerja statis menjadi lebih dinamis. Dengan demikian, para buruh bisa lebih sehat, lebih nyaman, kelelahan tidak cepat muncul, lebih efisien dan tercapai produktivitas yang setinggi-tingginya.

LANDASAN TEORI

Biomekanika

Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan, ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup. Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika dipakai dalam penyusunan konsep, analisis, desain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran (Anonim, 2005b).

Hukum dasar dalam biomekanika dirumuskan oleh Isaac Newton (1643-1727) digunakan untuk mempelajari gerakan mekanika pada manusia dan hewan, antara lain: (1) Hukum Newton Pertama (disebut hukum inersia atau hukum kelembaman): "*Setiap benda akan tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan kecuali jika ia dipaksa untuk mengubah keadaan itu oleh gaya-gaya yang berpengaruh padanya*"; (2) Hukum Newton: apabila ada gaya yang bekerja pada suatu benda maka akan mengalami suatu percepatan yang arahnya sama dengan arah gaya. Besarnya percepatan (a) dan gaya (F) adalah berbanding lurus dan secara kuantitatif dikatakan bahwa gaya yang sama akan menimbulkan percepatan yang berbeda pada benda yang berbeda. Maka besarnya gaya (F) adalah perkalian antara massa benda (m) dan percepatannya (a). Jadi hubungan antara gaya (F) dan percepatan (a) oleh Newton dirumuskan sebagai berikut:

$$F = m \cdot a \quad (1 \text{ kg} \cdot \text{m/detik}^2 = 1 \text{ N}) \quad (1)$$

Dalam persamaan ini F adalah jumlah (vektor) semua gaya yang bekerja pada benda. Massa benda adalah kuantitas skalar, sedangkan berat benda adalah gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut dan merupakan kuantitas vektor ($F_g =$ gaya gravitasi, $F_g = m \cdot a$); dan (3) Hukum Newton Ketiga: "*untuk setiap aksi selalu terdapat reaksi yang sama besar dan berlawanan arah; atau, aksi timbal balik satu terhadap yang lain antara dua benda selalu sama besar, dan berarah ke bagian yang berlawanan*".

Ditinjau dari segi statis dinamisnya tubuh manusia, maka gaya yang bekerja pada tubuh manusia dibagi dalam dua tipe yakni: gaya pada tubuh dalam keadaan statis dan gaya pada tubuh dalam keadaan dinamis. Gaya pada tubuh dalam keadaan statis/stasioner berarti objek/tubuh dalam keadaan setimbang, berarti jumlah gaya dalam segala arah sama dengan nol dan jumlah momen gaya terhadap sumbu juga sama dengan nol. Sistem otot dan tulang tubuh manusia bekerja sebagai penguangkit (Gabriel, 1996).

Torka atau gaya momen

Sebuah gaya (vektor) tertentu dapat menghasilkan berbagai macam percepatan, tergantung dimana titik tangkapnya dan bagaimana arahnya. Gaya yang bekerja pada garis engsel tidak akan menghasilkan percepatan sudut. Analogi gaya untuk gerak rotasi disebut torka. Sebuah gaya F bekerja pada partikel tunggal di titik P yang posisinya pada titik asal O suatu kerangka acuan inersial diberikan oleh vektor pergeseran maka torka τ yang bekerja pada partikel terhadap titik asal O dinyatakan dengan persamaan: $\tau = r \times F$. Torka adalah besaran vektor dan besarnya diberikan oleh: $\tau = rF \sin\theta$, dimana θ adalah sudut antara r dan F dan arahnya dapat ditentukan oleh kaidah tangan kanan, tegak lurus bidang (garis) yang dibentuk r dan F .

Torka yang dihasilkan oleh sebuah gaya bukan hanya tergantung pada besar dan arah gaya saja, tetapi juga kepada titik tangkap gaya relatif terhadap titik asal yaitu: vektor r . Arah torka dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan, yaitu ayunkan r ke arah F melalui sudut terkecil diantaranya dengan mengepalkan jari-jemari tangan kanan maka arah yang ditunjukkan oleh ibu jari yang ditegakkan menyatakan arah torka.

Beban Kerja

Secara umum beban kerja (*workload*) dibedakan menjadi dua kelompok besar sebagai berikut (Grandjean, 1988):

1. beban kerja eksternal yaitu beban kerja yang dipengaruhi oleh faktor luar, misalnya : cara kerja, sikap kerja dan lingkungan kerja;
2. beban kerja internal yaitu beban kerja yang dipengaruhi oleh faktor dalam, misalnya : motivasi, persepsi, kepercayaan diri dan keinginan.

Untuk mengetahui pengaruh beban kerja *external*, dapat dihitung denyut nadi/jantung (*heart rate*), dengan ketentuan: (1) beban kerja sangat ringan (60-70 denyut per menit);(2) beban kerja ringan (75-100 denyut per menit); (3) beban kerja sedang (100-125 denyut per menit); (4) beban kerja berat (125-150 denyut per menit); (5) beban kerja sangat berat (150-175 denyut per menit); dan (6) beban kerja ekstrim (175 denyut per menit ke atas) (Grandjean, 1988). Ini berarti dampak yang diakibatkan oleh kualitas kerja yang kurang ergonomis yang berkaitan dengan beban kerja, dapat ditelusuri melalui denyut nadi kerja. Melalui perbaikan kualitas kerja dapat diukur perubahan beban kerjanya dilihat dari perubahan denyut nadi kerja setelah perbaikan.

Menurut Grandjean (1988), denyut nadi yang perlu dihitung untuk mengestimasi indek beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yaitu (1) denyut nadi istirahat adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai; (2) denyut nadi kerja adalah rerata denyut nadi selama bekerja; dan (3) nadi kerja adalah perbedaan antara denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja.

Kategori Beban Kerja Berdasarkan Metabolisme, Respirasi, Temperatur dan Denyut Jantung

Kategori beban kerja	Konsumsi oksigen l/min	Ventilasi paru l/min	Suhu Rektal (°C)	Denyut jantung (Denyut/Min)
Sangat ringan	0,25 – 0,3	6 – 7	37,5	60 – 70
Ringan	0,50 – 1,0	11 – 20	37,5	75 – 100
Sedang	1,0 – 1,5	20 – 31	37,5 – 38,0	100 – 125
Berat	1,5 – 2,0	31 – 43	38,0 – 38,5	125 – 150
Sangat berat	2,0 – 2,5	43 – 56	38,5 – 39,0	150 – 175
Sangat berat sekali	2,5 – 4,0	60 – 100	> 39,0	> 175

Sumber: Christensen, 1991.

Batasan angkat

Batasan angkat yang dipakai sebagai batasan angkat secara legal menurut Komisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Inggris (ILO, 1962).

Batasan Angkat Menurut ILO (Dalam Kilogram)

Usia (Tahun)	Pria	Wanita
14-16	14,3	9,6
16-18	18,1	11,5
18-20	22,2	13,4
20-35	24,0	14,3
35-50	20,2	12,5
>50	15,3	9,6

Sumber : ILO, 1962.

Variabel-variabel yang dapat diasumsikan sebagai batasan-batasan angkat adalah sebagai berikut (NIOSH,1981;Chaffin & Andersson,1991):

1. posisi horizontal, arah titik tengah antara mata kaki pada tempat asal sebelum beban diangkat (H) adalah antara 15 cm sampai 80 cm suatu beban tidak dapat lebih dekat dari 15 cm tanpa bersentuhan dengan badan pekerja, sedangkan beban yang berpotensi lebih jauh dari 80 cm akan sulit untuk dijangkau oleh kebanyakan orang;
2. posisi vertikal pada tempat asal sebelum diangkat (V) adalah diasumsikan antara 0 cm sampai 175 cm yang menggambarkan rentang jarak untuk aktivitas angkat vertikal;
3. jarak angkat vertikal antara tempat asal dan tujuan dari aktifitas angkat adalah 25 cm sampai (200-V) cm. Untuk jarak perpindahan vertikal yang kurang dari 25 cm gunakan $D = 2$; dan
4. frekuensi maksimum yang dapat dilaksanakan adalah pada Tabel 2.4. Sedangkan F diasumsikan antara 0,2 (satu aktivitas angkat setiap 5 menit). Aktivitas angkat yang kurang dari satu angkat per 5 menit digunakan $F = 0$.

Besarnya angka yang terkandung dalam variabel – variabel yang diasumsikan di atas hanyalah berlaku secara umum, sehingga untuk mendapatkan data yang lebih akurat, harus disesuaikan dengan antropometri para buruh yang akan diteliti. Dengan mempergunakan variabel-variabel tersebut, NIOSH (1981) membuat persamaan untuk batasan angkat (*action limit*) sebagai berikut :

$$AL = 39,2 \left[\frac{15}{H} \right] \left[1 - (0,004|V - 75|) \right] \left[0,7 + \frac{7,5}{D} \right] \left[1 - \frac{F}{F_{max}} \right] \quad (2)$$

Gaya reaksi total pada sistem adalah :

$$\Sigma \bar{R}_j = 0; R_j = \bar{R}_{j-1} + \bar{W}_L \quad (3)$$

dimana

\bar{R}_j : adalah gaya reaksi pada semua sendi j

\bar{R}_{j-1} : adalah gaya reaksi pada sendi sebelumnya

\bar{W}_L : adalah berat dari semua penghubung

Kesetimbangan momen dapat dituliskan dengan persamaan, sebagai berikut.

$$\Sigma \bar{M}_j = 0$$

$$\bar{M}_j = \bar{M}_{j-1} + [jCM_L (\cos \theta_j) \bar{W}_L] + [jj - 1 (\cos \theta_j) \bar{R}_{j-1}] \quad (4)$$

dimana :

\bar{M}_j : momen pada semua sendi j

jCM_L : jarak dari sendi j ke pusat massa penghubung L (dari data antropometri)

θ_j : adalah sudut penghubung L pada semua sendi j dengan bidang horizontal.

\bar{W}_L : berat setiap segmen tubuh L (dari data antropometri)

$jj - 1$: adalah segmen diukur dari sendi j terhadap sendi sebelumnya j-1 (dari data antropometri)

\bar{R}_{j-1} : gaya reaksi pada sendi sebelumnya

Teknik pemodelan sederhana

Pemodelan sederhana yang dimaksudkan disini adalah gambaran sederhana posisi tubuh buruh angkat – angkut saat melakukan pekerjaan yang dapat dianalisis sebagai bandingan terhadap keadaan sebenarnya agar dapat dilakukan perhitungan secara matematis. Dalam penelitian ini perhitungan dilakukan pada titik acuan, yakni saat beban angkat berada di posisi ketinggian (a) awal H_0 , yaitu

sebelum beban diangkat; (b) sejajar dengan pusat momen M4, yaitu setinggi lutut ; (c) sejajar dengan pusat momen M3, yaitu setinggi L5/S1; (d) sejajar dengan pusat momen M2, yaitu setinggi antara bahu dan leher; dan (e) maksimum, yaitu beban berada di atas kepala buruh sampai melakukan angkat. Untuk mengukur ketinggian di atas, dilakukan dengan cara memotret dan merekam para buruh saat melakukan pekerjaan dengan menggunakan kamera film (*video recorder*), kemudian hasilnya dianalisis serta diplot pada kertas skala. Hasil tersebut dibandingkan dengan ukuran data antropometri buruh angkat – angkat yang telah diukur sebelumnya, agar didapat angka perbandingan dengan ukuran sebenarnya (skala gambar). Dari hasil pemotretan ditentukan jarak lengan kopel, titik pusat massa setiap segmen tubuh dan beban yang diangkat serta lintasan beban mulai dari ketinggian awal sampai maksimum. Kemudian dilakukan perhitungan semua sudut, gaya – gaya yang bekerja pada sistem, momen pada setiap titik acuan, gaya tekan pada L5/S1 dan batasan angkat. Data antropometri yang perlu diukur sebelum melakukan pemodelan adalah sebagai berikut: (1) dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai s/d ujung kepala); (2) tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak; (3) tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus); (4) tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala); (5) tinggi bahu dalam posisi duduk; (6) tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus); (7) panjang paha yang diukur dari pantat s/d ujung lutut; (8) tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk; (9) lebar perut; (10) panjang siku yang diukur dari siku sampai jari-jari dalam posisi siku tegak lurus; (11) lebar telapak tangan; (12) tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus keatas (vertikal); (13) jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan.

Desain Sarana Kerja

Perancangan sarana pada dasarnya merupakan suatu aplikasi data antropometri, tetapi masih memerlukan dimensi fungsional yang tidak terdapat pada data statis. Dimensi-dimensi tersebut lebih baik diperoleh dengan cara pengukuran langsung daripada data statis. Diane (2004) memberikan 12 prinsip ergonomik dalam perancangan tempat atau sarana kerja agar efisien, antara lain : (1) pastikan semua benda yang ada mudah digunakan; (2) bekerja dengan ketepatan yang tinggi; (3) hindarkan eksekusi kerja terulang-ulang (mengulangi tugas karena kesalahan); (4) postur kerja harus baik (tepat); (5) hindarkan atau kurangi dari paparan getaran; (6) minimumkan kelelahan dan ketegangan otot (hindarkan kerja melebihi jam kerja); (7) minimumkan dari tekanan secara langsung; (8) peralatan dalam ruang kerja dapat disetel (*adjustable*); (9) perlengkapan kerja harus standar; (10) perbaiki organisasi kerja; (11) perbaiki desain tempat kerja; dan (12) berilah latihan (*training*) bila bekerja masih belum sempurna. Sarana atau alat yang digunakan oleh para pekerja jasa angkat-angkut di Pasar Badung adalah keranjang. Keranjang ini digunakan untuk tempat barang bawaan (sayur-sayuran dan buah-buahan) yang akan diangkat secara manual ke tempat tujuan. Dari segi ukuran dan bentuk, seringkali tidak menguntungkan bagi para buruh, sehingga perlu didesain agar dapat memperoleh nilai maksimum. Tujuan dari nilai maksimum ini adalah untuk mendapatkan ukuran minimum keranjang dan nilai maksimum (volume) yang dapat dimuat sesuai perhitungan batasan angkat yang diijinkan. Dengan demikian dapat ditekan biaya pembuatan karena menggunakan bahan yang relatif ringan disebabkan bahan yang digunakan relatif lebih sedikit. Selain itu, keranjang dirancang mempunyai volume maksimum yang hanya dapat memuat sesuai besarnya volume dari batasan angkat yang diijinkan dari hasil perhitungan biomekanika.

Bila dianggap keranjang yang digunakan adalah berbentuk silinder tegak dan kerucut tegak terpancung (terbalik), maka dapat kita hitung luas dinding dan volume kedua bentuk tersebut. Luas dinding dan volume keranjang silinder tegak, adalah: $L = 2 \pi r h$ dan $V = \pi r^2 h$, Sedangkan luas dinding dan volume keranjang kerucut tegak terpancung (dalam gambar terbalik): $L = \pi S (r + R)$, $V = \frac{1}{3} \pi (r^2 + rR + R^2) h$. Dari persamaan di atas yang perlu dihitung adalah perbandingan antara jari-jari (r atau R) dan tinggi (h) keranjang. Untuk mencari nilai maksimum ini perlu dilakukan dengan persamaan diferensial sebagai berikut:

$$V = \pi r^2 h; \frac{dv}{dr} = 2 rh; \frac{dv}{dh} = r^2 \quad (5)$$

$$L = 2 \pi r h = \pi Dh \quad (6)$$

dimana: D = diameter keranjang = $2r$, dan Nilai syarat batas adalah: $r/2 \leq h \leq 2r$, atau $h/2 \leq r \leq 2h$.

Hasil nilai maksimum didapat apabila besarnya tinggi (h) dua kali besar jari-jari (r) atau tinggi (h) sama dengan diameter (D). Nilai ini digunakan untuk memperkecil bahan keranjang, dengan menggunakan bahan sedikit akan diperoleh volume/muatan maksimum, tetapi masih dapat disesuaikan dengan data antropometri pemakai.

Produktivitas Kerja

Menurut Soedarmayanti (1996), pengukuran produktivitas kerja dapat dilakukan baik dengan menghitung produktivitas secara keseluruhan (produktivitas total) maupun produktivitas secara parsial. Dalam kajian ini produktivitas hanya dihitung secara parsial dari sudut ergonomi. Dimana produktivitas parsial yang dimaksud adalah perbandingan antara luaran (*output*) dengan satu jenis masukan (*input*), seperti upah tenaga kerja, harga bahan, energi yang dihabiskan, beban kerja, dan lain-lain.

Pada dasarnya produktivitas kerja mengacu pada efektivitas dan efisiensi kerja manusia dalam arti perbandingan antara hasil kerja luaran:

$$\text{Produktivitas kerja} = \frac{\text{Output (O)}}{\text{Input (I) x Time (T)}} \quad (7)$$

Produktivitas sebelum perbaikan : $PK = O/(I \times T)$

Produktivitas setelah perbaikan : $PK' = O'/(I' \times T)$

Dimana:

- PK : produktivitas kerja sebelum perbaikan yaitu jumlah berat yang diangkat sebelum perbaikan dalam waktu tertentu;
- O : luaran (*output*) per orang kerja sebelum perbaikan;
- I : masukan (*input*) per orang kerja sebelum perbaikan;
- T : waktu kerja
- PK' : produktivitas kerja setelah perbaikan;
- O' : luaran (*output*) per orang kerja setelah perbaikan;
- I' : masukan (*input*) per orang kerja setelah perbaikan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian kausal-komparatif (*caused-comparative research*) dengan rancangan sama subjek (*treatment by subject design*).

Populasi target penelitian ini adalah semua buruh angkat-angkut wanita di pasar Badung, Denpasar yang bekerja secara rutin maupun tidak rutin setiap malam dengan jumlah 259 orang sedangkan populasi terjangkau adalah buruh angkat – angkut wanita yang bekerja secara rutin setiap malam sebanyak 159 orang.

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah: a). variabel bebas yaitu perbaikan sikap kerja, metode kerja, desain keranjang (modifikasi keranjang) dan beban angkat; b). variabel tergantug yaitu beban kerja dan produktivitas; dan c). variabel kendali (kontrol) adalah kondisi subjek (umur, jenis kelamin, berat badan, pengalaman kerja, tingkat pendidikan, kesehatan dan antropometri) dan kondisi lingkungan (suhu basah, suhu kering, kelembaban dan kecepatan angin).

PEMBAHASAN

Karakteristik Subjek

Subjek yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 11 orang, semua berjenis kelamin wanita dengan karakteristik yang dibahas adalah umur, berat badan, tinggi badan, pengalaman kerja, frekuensi denyut nadi istirahat dan pendidikan. Rentangan umur subjek antara 20-35 tahun dengan rerata $29,27 \pm 3,50$ tahun. Berat badan subjek berkisar antara 44-69 kg dengan rerata $50,96 \pm 5,05$ kg, sedangkan tinggi badan berkisar antara 144,50-160,00 cm dengan rerata $153,28 \pm 8,27$ cm. Rerata pengalaman kerja subjek $7,64 \pm 2,38$ tahun dengan rentangan 4-12 tahun. Berdasarkan data – data pengalaman kerja subjek penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa subjek penelitian layak, mahir dan mampu melaksanakan pekerjaannya. Frekuensi denyut nadi istirahat berkisar antara 69,25-85,77 denyut/menit dengan rerata $79,14 \pm 2,08$ denyut/menit.

Berdasarkan data tersebut maka kondisi fisik subjek dalam kategori baik dan sehat. Ditinjau dari aspek pendidikan, subjek dengan pendidikan setingkat SMP sebanyak 18,18 % dan yang berpendidikan SD sebanyak 81,82 %. Dengan demikian tingkat pendidikan dirasa cukup untuk dapat melakukan pekerjaan angkat – angkut.

Antropometri Subjek

Antropometn subjek yang digunakan dalam merancang alat kerja (keranjang) adalah rerata tinggi tangan ke atas $181,14 \pm 6,27$, rerata tinggi badan $153,23 \pm 5,05$, rerata panjang siku $32,73 \pm 1,77$, rerata panjang tangan $16,36 \pm 1,00$, rerata lebar tangan $8,05 \pm 0,47$, sedangkan untuk menghitung biomekanika, perlu ditambah lagi dengan data – data antropometri lainnya, yakni: rerata tinggi bahu $126,32 \pm 5,06$, rerata panjang paha $51,27 \pm 4,15$, rerata tinggi lutut $48,14 \pm 2,31$, rerata lebar perut $24,82 \pm 2,09$ dan rerata tebal/lebar paha $12,14 \pm 1,47$. Pada perancangan keranjang ini, tinggi tangan ke atas menggunakan persentil 5 cm dan tinggi badan, panjang tangan, lebar tangan menggunakan persentil 95 cm. Pernyataan ini dipertegas oleh Kromer, et al. (1994) bahwa kriteria persentil tidak bersifat mutlak tetapi tergantung pada kondisi kerja, subjek dan tugas yang dilakukan.

Pemodelan Sederhana dan Gaya Tekan pada L5/S1

Perhitungan yang dilakukan dari hasil pemotretan, didapat bahwa untuk sebelum perlakuan pada titik acuan, yakni saat massa (beban) berada di posisi ketinggian: (a) awal Ho, yaitu sebelum beban diangkat (32 cm); (b) sejajar dengan pusat momen M4, yaitu setinggi lutut (35 cm), dengan sudut $\alpha_4 = 55 \pm 0,78$; (c) sejajar dengan pusat momen M3, yaitu setinggi L5/S1 (68 cm), dengan sudut $\alpha_3 = 131 \pm 0,89$; (d) sejajar dengan pusat momen M2, yaitu setinggi antara bahu dan leher (90 cm), dengan sudut $\alpha_2 = 62 \pm 0,63$; dan (e) maksimum, yaitu beban berada di atas kepala pekerja sampai melakukan angkut (118 cm), dengan sudut $\alpha_1 = 48 \pm 0,63$, sedangkan besarnya sudut antara lengan bawah dan lengan atas terhadap bidang horisontal masing – masing $15 \pm 0,78^\circ$ dan $60 \pm 0,78^\circ$ (Gambar 3 dan Gambar 4). Sesudah perlakuan, pada titik acuan, yakni: saat massa (beban) berada di posisi ketinggian: (a) awal Ho, yaitu sebelum beban diangkat (32 cm); (b) sejajar dengan pusat momen M4, yaitu setinggi lutut, dengan sudut $\alpha_4 = 60,64 \pm 1,12$; (c) sejajar dengan pusat momen M3, yaitu setinggi L5/S1, dengan sudut $\alpha_3 = 124,46 \pm 1,13$; (d) sejajar dengan pusat momen M2, yaitu setinggi antara bahu dan leher, dengan sudut $\alpha_2 = 70,64 \pm 0,67$; dan (e) maksimum, yaitu beban berada di atas kepala pekerja sampai melakukan angkut, dengan sudut $\alpha_1 = 55,64 \pm 0,92$, sedangkan besarnya sudut antara lengan bawah dan lengan atas terhadap bidang horisontal masing – masing $17,91 \pm 0,83^\circ$ dan $85,73 \pm 0,91^\circ$.

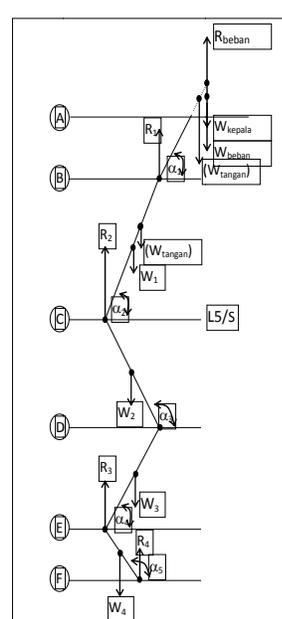
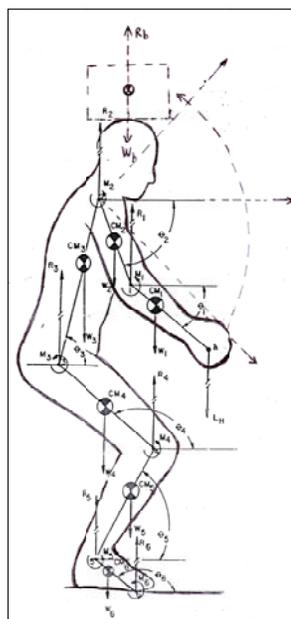
Perhitungan gaya tekan pada L5/S1 sebelum perlakuan, sebesar $7.637,15 \pm 66,78$ N dan sesudah perlakuan, sebesar $2.983,26 \pm 16,63$ N. Selisih gaya tekan pada L5/S1 antara sebelum dan sesudah perlakuan, sebesar $4.653,89$ N atau menurun $60,94$ %. Menurut Adam dan Hulton (1981), rasanya diskus intervertebralis terjadi pada gaya tekan 5.448 N. Pernyataan ini membuktikan bahwa para buruh angkat – angkut di pasar Badung bekerja dengan risiko sakit dan cedera, apalagi bekerja dengan kurangnya pengawasan serta pengetahuan tentang ergonomi. Cara yang paling efektif untuk mengurangi dampak risikonya adalah dengan memperbaiki kualitas kerja sehingga kinerja para buruh angkat – angkut tradisional dapat meningkat (Hutagalung, 2007).

Berdasarkan gaya tekan pada L5/S1, dengan beban angkat sesudah perlakuan sebesar $29,21$ kg, maka para buruh angkat – angkut tradisional di pasar Badung dapat bekerja dalam kondisi aman, nyaman dan berkesinambungan.

Hasil Uji t pada gaya tekan L5/S1 diperoleh nilai probabilitas sebesar $0,00$ ($p < 0,05$), berarti terdapat perubahan secara signifikan setelah dilakukan perbaikan kualitas kerja. Penurunan gaya tekan pada L5/S1 disebabkan oleh perubahan sudut, sehingga gaya momen semakin kecil karena jarak lengan kopel semakin pendek. Di samping itu, pengurangan besarnya massa beban angkat sesuai hasil perhitungan biomekanika, turut memperkecil gaya tekan pada L5/S1. Batasan gaya angkat normal (*the action limit*) diberikan oleh NIOSH, berdasar pada gaya tekan sebesar 3.500 Newton pada L5/S1 dan batasan angkat maksimum sebesar 6.500 N (Van der Beek, et. al., 2000). Dengan demikian besarnya gaya tekan pada L5/S1 sebelum dilakukan perbaikan kualitas kerja telah melebihi gaya angkat normal sebesar $4.237,15$ N atau sebesar $124,62$ % dan telah melebihi batasan gaya angkat maksimum sebesar $1.137,15$ N atau sebesar $17,49$ %. Setelah dilakukan perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi, dapat menurunkan gaya tekan pada L5/S1 menjadi lebih kecil dari gaya tekan normal atau berkurang $416,74$ N. Ditinjau dari besarnya gaya tekan pada L5/S1, setelah dilakukan intervensi ergonomi berupa perbaikan kualitas kerja, maka gaya yang menekan L5/S1 berada pada kondisi aman dan dapat dilakukan buruh angkat – angkut tradisional di pasar Badung. Dengan demikian para buruh dapat bekerja dengan sehat dan berkesinambungan.



Posisi Buruh Saat Mulai Meluruskan Tubuhnya



Model Analisis Gaya Reaksi dan Momen Pada Sistem Gaya Statik (Sumber: Modifikasi Hutagalung (2007) dari Chaffin & Andersson (1991))

Desain Keranjang Ergonomis

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada keranjang sebelum perlakuan, diperoleh tinggi 50,25 cm, diameter atas 63,55 cm, diameter bawah 54,24, berat 1,35 kg dan volume 123.762,14 cm³. Bila dibandingkan dengan data antropometri subjek, maka ukuran keranjang ini tidak ergonomis, sehingga perlu dilakukan rancangan baru. Selain mempertimbangkan data antropometri, juga dipertimbangkan dengan berat, volume, bentuk, perhitungan batasan angkat dan bahan keranjang. Dari semua aspek tersebut, maka diperoleh data perhitungan ukuran keranjang ergonomis, tinggi 32 cm, diameter 32 cm, berat 1,01 kg dan volume 25.722,88 cm³. Dengan ukuran volume ini, keranjang hanya mampu memuat beban angkat maksimum sebesar 28 kg. Hal ini disesuaikan dengan perhitungan biomekanika, bahwa beban angkat maksimum sebesar 30,25 kg.

Lingkungan Kerja

Kondisi lingkungan kerja yang diukur pada penelitian ini adalah suhu udara, kelembaban relatif dan kecepatan angin. Pengukuran untuk sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan setiap malam pada pukul 20.00 WITA, 23.00 WITA dan 02.00 WITA. Hasil pengukuran sebelum perlakuan diperoleh: (a) suhu udara berkisar antara 26,40°C sampai 27,50°C dengan rerata 26,96 ± 0,12°C; (b) kelembaban berkisar antara 63 % sampai 67 % dengan rerata 64,29 % ± 0,38°C; dan (c) kecepatan angin berkisar antara 0,20 m/det sampai 0,50 m/det dengan rerata 0,34 ± 0,11 m/det. Sedangkan hasil pengukuran sesudah perlakuan diperoleh: (a) suhu udara berkisar antara 26,40°C sampai 27,50°C dengan rerata 26,95 ± 1,95°C; (b) kelembaban berkisar antara 63 % sampai 67 % dengan rerata 64,33 % ± 2,16°C; dan (c) kecepatan angin berkisar antara 0,2 m/det sampai 0,6 m/det dengan rerata 0,35 ± 0,01 m/det. Manuaba (1998) menjelaskan jika pekerja dalam kategori kerja ringan batas suhu udara antara 30°C sampai 35°C dan untuk kerja dalam kategori kerja sedang maka batas suhu udara antara 29°C sampai 31°C. Oetoyo (1980) mempertegas bahwa indikator suhu yang diperkenankan pada suhu lingkungan kerja, terendah adalah 21°C sampai 30°C. Batas kenyamanan lingkungan di luar ruangan suhu antara 22-28°C dengan kelembaban relatif 70-80% (Jaya, 2008), berarti tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bertambah besarnya beban kerja.

Berdasarkan uji beda lingkungan kerja dengan menggunakan uji - t independen diperoleh bahwa nilai probabilitas suhu sebesar 0,94 atau lebih besar dari 0,05 (p>0,05), nilai probabilitas kelembaban sebesar 0,77 atau lebih besar dari 0,05 (p>0,05) dan nilai probabilitas kecepatan angin sebesar 1,00 atau

lebih besar dari 0,05 ($p > 0,05$), berarti tidak ada perubahan yang bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan demikian, kondisi lingkungan sebelum dan sesudah perlakuan adalah sama.

Beban Kerja

Rerata frekuensi denyut nadi istirahat sebelum perlakuan sebesar $79,14 \pm 2,08$ denyut/menit dan sesudah perlakuan sebesar $78,48 \pm 3,01$ denyut/menit dengan rentangan berkisar antara 69,25 denyut/menit sampai 85,77 denyut/menit, sehingga rerata denyut nadi istirahat sebesar $78,81 \pm 2,65$ denyut/menit. Frekuensi denyut nadi istirahat sebelum dan sesudah perbaikan kualitas kerja, tidak jauh berbeda. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kondisi fisik buruh sebelum dan sesudah dilakukan intervensi ergonomi adalah sama, bila ditinjau dari denyut nadi istirahatnya. Rerata frekuensi denyut nadi istirahat buruh angkat – angkut tradisional di pasar Badung, tidak jauh berbeda dengan penelitian Adiputra (2008) tentang beban kerja mencangkul tanah sawah dengan cangkul gigi empat dan gigi satu, dimana diperoleh denyut nadi istirahatnya $77,31 \pm 7,71$ dan $77,31 \pm 7,71$. Kenyataan ini menunjukkan bahwa frekuensi denyut nadi istirahat para buruh di Bali adalah hampir sama.

Berdasarkan uji t menunjukkan bahwa rerata frekuensi denyut nadi istirahat untuk sebelum dan sesudah perlakuan tidak berbeda secara bermakna dengan probabilitas sebesar 0,14 ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi fisiologi para buruh angkat – angkut tradisional sebelum dan sesudah perlakuan adalah sama. Menurut Astrand dan Rodahl (1986), penilaian beban kerja yang berkaitan dengan kapasitas kerja dapat dilakukan dengan mengukur frekuensi denyut nadi kerja yang berhubungan linear dengan asupan oksigen maksimum.

Berdasarkan pengukuran didapat bahwa rerata frekuensi denyut nadi kerja sebelum perlakuan sebesar $150,61 \pm 1,06$ denyut/menit dan sesudah perlakuan sebesar $119,51 \pm 1,39$ denyut/menit. Hal ini membuktikan bahwa setelah perbaikan kualitas kerja, terjadi penurunan denyut nadi kerja sebesar 31,09 denyut/menit atau terjadi penurunan sekitar 20,64 %.

Hasil uji t frekuensi denyut nadi kerja dinyatakan bahwa rerata frekuensi denyut nadi kerja pada sebelum dan sesudah perlakuan terjadi perbedaan secara bermakna dimana besar nilai probabilitas sebesar 0,00 ($p < 0,05$), berarti beban kerja buruh angkat – angkut tradisional sebelum dan sesudah perlakuan berbeda secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi dapat menurunkan tingkat beban kerja dari kategori sangat berat menjadi sedang.

Menurut Adiputra (2002), bahwa semakin tinggi aktivitas tubuh menyebabkan metabolisme tubuh semakin meningkat sehingga kebutuhan O_2 semakin besar dan frekuensi denyut nadi meningkat.

Produktivitas

Produktivitas kerja yang dihitung dalam penelitian ini berdasarkan perhitungan produktivitas parsial dimana luaran (*output*) adalah berupa rerata jumlah massa barang yang diangkat/diangkut setiap malam. Sedangkan *input* adalah rerata beban kerja yang diterima oleh buruh angkat - angkut selama jam kerja. Dalam hal ini beban kerja adalah rerata frekuensi denyut nadi kerja.

Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai rerata produktivitas sebelum perlakuan sebesar $1,78 \times 10^{-2} \pm 0,01 \times 10^{-2}$ dan sesudah perlakuan sebesar $2,24 \times 10^{-2} \pm 0,03 \times 10^{-2}$ dengan beda rerata sebesar $0,04 \times 10^{-1}$. Hasil perhitungan uji t didapat probabilitas sebesar 0,00 ($p < 0,05$), berarti terjadi perubahan produktivitas secara bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan. Peningkatan produktivitas setelah dilakukan perbaikan kualitas kerja, sebesar 26,04 %. Secara keseluruhan, peningkatan produktivitas dalam penelitian ini disebabkan oleh setelah perbaikan kualitas kerja terjadi penurunan keluhan muskuloskeletal sebesar 29,99 %, kelelahan sebesar 34,97 % dan beban kerja sebesar 42,58 %.

Dari hasil pendataan diperoleh frekuensi angkat – angkut masing – masing buruh sebelum perlakuan sebanyak 16 kali, tiap frekuensi 29,21 kg, sehingga jumlah massa 963,70 kg dan setelah perlakuan menjadi 32 kali, tiap frekuensi 64,25 kg, sehingga jumlah massa 963,77 kg. Data tersebut menunjukkan bahwa total massa yang diangkat/diangkut masing – masing buruh setiap malam adalah sama.

PENUTUP

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi dapat menurunkan beban kerja buruh angkat-angkut tradisional di pasar Badung, sebesar 42,59 %;
2. Perbaikan kualitas kerja dengan menerapkan pendekatan ergonomi dapat meningkatkan produktivitas buruh angkat-angkut tradisional di pasar Badung, sebesar 26,04 %.

REFERENSI

- Adams, M.A. and Hutton, W.C. 1981. The effect of Posture on Strength of Lumbar Spine. *Engineering in Medicine*. Vol:10. p. 199-202.
- Adiputra, N. 2008. Beban Kerja Mencangkul Tanah Sawah dengan Cangkul Gigi Empat dan Gigi Satu., (cited 2008 Sept. 12) Available From: <http://www.balihag.org>.
- Adiputra, N. 2002. Denyut Nadi dan Kegunaannya dalam Ergonomi. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, Vol:3. No.1. p.22-26.
- Caple, D. 2006. Ergonomics- Future Direction, In: Adiatmika and Putra, D.W. editors. *Proceeding Ergo Future 2006: International Symposium on Past, Present and Future Ergonomics, Occupational Safety and Health*. 28-30 Agust. Denpasar: Department of Physiology Udayana University – School of Medicine. P. 7-10.
- Chaffin, D.B, and Andersson J. 1991. *Occupational Biomechanics*. Second Edition. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Diane, I. 2004. *Workplace Efficiency Improve with Ergonomics*. USA: Occupational Nurse Educator Public Health Office.
- Grandjean, E. 1988. *Fitting the task to the Man. A. Textbook of Occupational Ergonomics*. 4th Edition. New York: Taylor & Francis.
- Hutagalung, R. 2007. Analisis Biomekanika pada Buruh Angkat – Angkut Tradisional di Pasar Badung – Denpasar. Prosiding Seminar Nasional Ergonomi dan K3. Semarang 15 November.
- Jaya, I.K.S. 2008. Pemberian istirahat Pendek 5 Menit dan Pola Makan Seimbang Menurunkan Beban Kerja. (cited 2008 Nov. 3) Available From: <http://www.balihag.org>.
- Manuaba, A. 1983. Ergonomics Research Aspects in Indonesia. Presented at 29th Annual Conference of Japan Ergonomics Research Association. Hiroshima 12 – 13 May.
- Manuaba, A. 1998. *Bunga Rampai Ergonomi*. Vol. I. Denpasar: Program Studi Ergonomi – Fisiologi Kerja. Universitas Udayana.
- Manuaba, A. 2006. Total Ergonomics Approach is a Must to Attain Humane, Competative and Sustainable Work System and Products. International Symposium on Past, Present and Future Ergonomics, Occupational Health and Safety. Denpasar, August 28-30, 2006.
- NIOSH. (1981). *NIOSH Work Practices Guide to Manual Lifting*. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati: Ohio 45226.
- Oetojo, 1980. *Pedoman Penggunaan Alat – alat Deteksi Pengawasan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Dirjen Pembinaan Hubungan Perburuhan dan Perlindungan Tenaga Kerja, Depnaker dan Transmigrasi R.I.
- Van der Beek, A.J.; Windhorst, J. and Burdorf ,A., 2000. Measurement Strategies in the Application of Guidelines for Manual Materials Handling in Scaffolding. ,(cited 2008 March 11). Available from: <http://www.cdc.gov/eLCOSH/docs/d0200/d000204/d000204.htm>