

Analisa Postur Tubuh Pekerja Penjemuran Batako di Batam (Studi Kasus UKM Batako Pak Sirom)

Benedikta Anna Haulian Siboro
Universitas Riau Kepulauan, Batam
*Email: b.anna79@gmail.com

Abstrak

Pekerjaan pembuatan batako dimulai dari proses pengadukan semen dan pasir, pencetakan, pengangkatan batako hasil cetakan untuk dijemur dan setelah kering batako siap dijual. Dari keseluruhan proses pembuatan batako posisi kerja berdiri mendominasi aktivitas ini dengan keadaan membungkuk mulai dari mengaduk bahan baku utama sampai dengan menjemur batako sehingga resiko cedera memungkinkan terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa resiko cedera pada tulang belakang yang mungkin diderita oleh para pekerja akibat aktivitas kerja dengan menghitung gaya kompresi yang diterima oleh punggung (L5/S1) dan besarnya *energy expenditure* yang mencakup aspek biomekanika statis dan fisiologi. Hasil penelitian menunjukkan denyut nadi berada pada nilai 107 pulse/menit dimana nilai tersebut masih dalam batas sedang. Selain itu gaya kompresi rata-rata karyawan adalah 664,7 N yang masih berada pada batas maksimum yaitu 3400 N (masih dalam batas aman). Dari analisa fisiologi rata-rata 2,351 kkal/menit dan maksimum energinya adalah 2,897 kkal/menit yang masing-masing dalam batas aman (2,2 – 4,7 kkal/menit).

Kata kunci : Angkat beban, energi, biomekanika, fisiologi

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia saat ini sedikit demi sedikit sudah mulai terlihat. Saat ini sudah banyak industri baik kecil, menengah dan besar giat bersaing dan menjajakan produknya agar dapat dikenal dan berkompetisi. Hal ini juga dengan UKM (Usaha Kecil Menengah). UKM merupakan jenis usaha yang sedang marak saat ini di Indonesia. Salah satu usaha kecil menengah (UKM) yang mendukung proses pembangunan perumahan adalah usaha pembuatan batako. Bahan baku utama yang digunakan untuk proses pembuatan batako ini adalah pasir, air dan semen. Pekerjaan pembuatan batako dilakukan secara manual mulai dari proses pengadukan semen dan pasir, pencetakan, pengangkatan batako hasil cetakan untuk dijemur lalu pemindahan ke tempat lain untuk siap dijual. Pekerjaan *Manual Material Handling* dapat menyebabkan stres pada kondisi fisik pekerja tersebut sehingga akan mengakibatkan terjadinya cedera, energi terbuang dan waktu kerja tidak efisien. Kegiatan mengangkat dan mengangkut banyak terdapat di lingkungan pertanian, perkebunan, pasar dan sektor perekonomian lainnya. Pemindahan material secara manual apabila tidak dilakukan secara ergonomi maka menimbulkan terjadinya kecelakaan saat bekerja.

Penelitian mengenai resiko kerja pada aktivitas pembuatan batako pernah dilakukan oleh Regina Anggraini dkk (2016) dengan menggunakan metode REBA (Rapid Entire Body Assessment) yang digunakan menilai postur kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang pekerja. Hasil penelitian menunjukkan nilai akhir REBA sebesar 6 yang artinya tingkat resiko pekerja sedang dan perlu dilakukan perbaikan. Pada penelitian ini dilakukan perbaikan dengan menyediakan kursi pada saat mengambil batako basah dari mesin sehingga pekerja tidak membungkuk dengan sudut yang terlalu besar, melainkan duduk saat mengambil, sehingga sudut saat membungkuk menurun dan kaki lebih stabil. Penelitian lain yang berhubungan dengan postur kerja pembuatan batako juga dilakukan oleh Setiadi, dkk (2013) dengan menggunakan metode REBA dan L5/S1 Hasil perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) yang diperoleh pada saat origin adalah 6,76 Kg pada operator I dan 7,49 Kg pada operator II, serta diperoleh nilai LI pada operator I sebesar 3,25 dan pada operator II sebesar 2,94. Hal ini menunjukkan bahwa berat beban yang diangkat operator selama ini melebihi batas beban angkat yang direkomendasikan. Hasil perhitungan *Maximum Permissible Limit* (MPL) yang diperoleh pada kondisi origin adalah sebesar 27954,387 N pada

operator I dan 32131,172 N pada operator II, serta hasil MPL yang diperoleh pada kondisi destination adalah sebesar 10415,908 N pada operator I dan 11968,127 N pada operator II. Hal ini menjelaskan bahwa nilai MPL untuk origin maupun destination keduanya berada pada nilai di atas standar yang ditetapkan oleh NIOSH yakni sebesar 6500 N ($F_c > 6500$ N) sehingga dapat disimpulkan bahwa kegiatan tersebut baik origin maupun destination termasuk kedalam golongan berbahaya. Dengan kondisi diusulkan perancangan alat bantu pemindahan batako berupa trolley ergonomis.

BAHAN DAN METODE

Obyek dan Variabel Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan pembuatan batako dengan studi kasus di UKM Pak Sirom. UKM ini memiliki 5 karyawan yang melakukan pembuatan batako ini. Dalam penelitian ini terdapat dua variabel penelitian yang digunakan untuk memudahkan penelitian :

1. Variabel Bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel Dependen (terikat). Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah posisi kerja dan postur tubuh pada saat pengangkatan batako. Posisi kerja pekerja pembuatan batako diamati dengan menghitung sudut tangan, badan, dan kaki secara horizontal saat pengangkatan batako. Data ini diperlukan untuk mengetahui resultan momen pada tangan (Mw) dan gaya perut (PA). Data postur tubuh seperti tinggi badan, berat badan dan panjang tangan digunakan untuk mengetahui nilai Mw.
2. Variabel Terikat merupakan Variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah analisa ergonomi dengan pendekatan Biomekanika dan Fisiologi. Data yang diperlukan untuk perhitungan biomekanika pada penelitian ini adalah berat beban batako yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui besarnya resultan gaya dan menghasilkan nilai L5/S1 pada aktivitas pengangkatan batako. Data denyut nadi sebelum dan sesudah pengangkatan batako diperlukan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan pekerja tersebut (fisiologi).

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam pengumpulan data dilakukan observasi untuk melakukan pengamatan secara langsung pada terhadap obyek yang sedang diteliti dan wawancara dengan memberikan pertanyaan secara langsung dengan pihak pekerja tentang aktivitas pembuatan batako dan keluhan-keluhan yang dirasakan oleh pekerja.

Pengolahan dan analisa data yaitu sebagai tindak lanjut dari data-data yang telah dikumpulkan selama melakukan penelitian. Dimana data-data akan diolah dan dianalisa berdasarkan teori yang telah dipelajari. Dari hasil pengumpulan data, maka selanjutnya dilakukan pengolahan data yang meliputi:

1. Pendekatan biomekanika

Mekanika dalam tubuh mengikuti hukum Newton mengenai gerak, kesetimbangan gaya dan kesetimbangan momen. Hukum Newton mengenai gerak dinyatakan jika, gaya resultan yang bereaksi pada suatu partikel sama dengan nol, partikel tersebut akan tetap diam (bila semua dalam keadaan diam) atau akan bergerak dengan kelajuan tetap pada suatu garis lurus (bila semua dalam keadaan bergerak). Syarat perlu dan cukup untuk kesetimbangan secara analitis dirumuskan sebagai berikut:

$$\Sigma F_x=0, \Sigma F_y=0, \Sigma MA=0 \quad (1)$$

Untuk keseimbangan statis dengan adanya pengaruh gaya luar (*external force*) maka momen dan gaya pada masing-masing pusat sambungan (*link centers*) dapat ditentukan besarnya. Kalau diperhatikan bahwa model tersebut meliputi system penyambungan antara sambungan pinggul dan segmen tulang belakang (*disc L5/S1*). Model tersebut juga meliputi pengaruh dari tekanan perut (*abdominal pressure*) yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada. Dengan menggunakan teknik perhitungan

keseimbangan gaya pada setiap segmen tubuh manusia, maka didapat momen resultan pada L5/S1, (Tayyari, 1997). Resultan tersebut diperhitungkan mulai dari perhitungan resultan di tangan, lengan bawah, lengan atas dan punggung, persamaan yang digunakan untuk menghitung gaya dan momen adalah:

$$\sum F_x = F_{xw} = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_y = F_{yw} - W_0 - W_H = 0 \quad (3)$$

$$\sum M = M_w - (W_0 + W_H).SL_1.Cos\theta_1 = 0 \quad (4)$$

$$W_H = m_H \times g \quad (5)$$

$$F_{yw} = W_0/2 + W_H \quad (6)$$

$$M_w = W_0/2 + W_H \times SL_1 \times \cos \theta_1 \quad (7)$$

Keterangan :

W0 = Gaya berat benda (Newton).

WH = Gaya berat yang diterima tangan (Newton).

Fyw = Resultan gaya (y) pada tangan (Newton).

Fxw = Resultan gaya (x) pada tangan (Newton).

Mw = Resultan moment pada tangan (N . m).

SL1 = Panjang tangan (m).

θ_1 = Sudut inklinasi tangan relatif terhadap horizontal.

Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, momen pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada *spinal erector* (FM) yang cukup besar. Gaya otot pada *spinal erector* telah dirumuskan oleh Chaffin (1991) sebagai berikut :

$$FM . E = Mt - FA . D \text{ (Newton)} \quad (8)$$

Untuk mencari gaya perut (FA) maka perlu dicari tekanan perut

$$P_A = \frac{10^{-4}[43-0,36(\theta_H+\theta_T)]M_t^{1,8}}{0,0075} \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (9)$$

$$FA = PA \times AA \text{ (Newton)} \quad (10)$$

$$W_{tot} = W_0 + 2W_H + 2W_{LA} + 2W_{AU} + W_\gamma \text{ (Newton)} \quad (11)$$

Kemudian gaya tekan atau kompresi pada L5/S1 dirumuskan sebagai berikut :

$$FC = W_{tot} . \cos\theta_4 - FA + FM \text{ (Newton)} \quad (12)$$

Keterangan :

FM = Gaya otot pada spinal erector (Newton).

E = Panjang lengan momen otot spinal erector dari L5/S1 (estimasi 0,05 m) (Nurmianto,1996)

Mt = Momen resultan pada L5/S1.

D = Jarak dari gaya perut ke L5/S1 (0,11 m) (Nurmianto,1996)

FA = Gaya perut (Newton).

θ_H = Sudut inklinasi badan terhadap horizontal.

θ_T = Sudut inklinasi kaki terhadap horizontal.

AA = Luas diafragma perut (465 cm²) (Nurmianto,1996)

PA = Tekanan perut (N/m²).

Wtot = Gaya keseluruhan yang terjadi (Newton).

FC = Gaya tekan pada L5/S1 (Newton)

Sedangkan persamaan untuk mencari sudut α dan sudut β dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\beta = -17,5 - 0,12 T + 0,23 k + 0,0012 TK + 0,005 T^2 - 0,00075 k^2 \quad (13)$$

$$\alpha = 40^\circ + \beta \quad (14)$$

2. Analisa Fisiologi

Kriteria fisiologi membatasi pada *metabolic stress and fatigue associated* dengan beban pekerjaan angkat yang repetitif (Grandjean, 1993). Aktivitas seperti berjalan, membawa beban dan mengangkat beban dengan repetitif menggunakan kelompok otot yang lebih banyak dari pada pekerjaan dengan *infrequent*. Jenis pekerjaan tersebut membutuhkan lebih banyak energi expenditure yang tidak boleh melebihi kapasitas energi pekerja. Kriteria fisiologi menetapkan batas dari *maximum* energi expenditure untuk pekerjaan angkat adalah 2,2 – 4,7 kkal/min. Berat atau tingginya kerja yang harus dilakukan seorang pekerja akan bisa ditentukan oleh gejala – gejala perubahan yang tampak dan bisa diukur lewat pengukuran anggota tubuh atau fisik manusia antara lain seperti : (Wignjosoebroto, 2000).

- a. Laju detak jantung (*heart rate*)
- b. Tekanan darah (*blood pressure*)
- c. Temperatur badan (*body temperature*)
- d. Laju pengeluaran keringat (*sweating rate*)
- e. Konsumsi oksigen yang dihirup (*oxygen consumption*)
- f. Kandungan kimiawi dalam darah (*lactic acid content*)

Pengukuran denyut jantung sebelum dan sesudah bekerja dapat digunakan untuk mengukur besarnya tingkat konsumsi energi. Untuk mencoba merumuskan hubungan antara energi dan kecepatan denyut jantung, dicari pendekatan kuantitatif dengan analisis regresi. Bentuk hubungan regresi hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung adalah :

$$Y = 1,80411 - 0,0229038(X^2) + 4,71733(X)(10^{-4}) \quad (15)$$

Menghitung besarnya konsumsi energi

$$KE = Et - Ei \quad (16)$$

Dimana :

KE : Konsumsi energi untuk suatu kegiatan kerja tertentu (kilokalori/menit)

Et : Pengeluaran energi pada saat waktu kerja tertentu (kilokalori/menit)

Ei : Pengeluaran energi pada saat istirahat (kilokalori/menit)

3. Analisa Batasan Angkat Beban

Batasan gaya angkat normal yang diberikan oleh NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) meliputi batasan dari aspek psikofisik, biomekanik dan fisiologi. Batasan psiko-fisik adalah beban yang diangkat harus dapat diterima oleh 75% wanita dan 90% pria. Batasan biomekanik membatasi besarnya gaya tekan sebesar 3,4 KN (770 lbs) pada tulang punggung (L5/S1), dan batasan fisiologi membatasi pengeluaran energi maksimum sebesar 2,2 – 4,7 Kkal/min. Untuk lebih detilnya seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Batasan angkat beban menurut NIOSH

Aspek	Kriteria	Nilai Batasan
Biomekanika	Gaya tekan maksimum di L5/S1	3,4 kN
Fisiologi	Energi maksimum	2,2 – 4,7 kkal/menit
Psikofisik	Berat maksimum yang dapat Diterima	Diterima oleh 75% wanita dan 90% pria

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Batako

Pembuatan batako pada penelitian ini dilakukan secara manual tanpa menggunakan mesin dimulai dengan proses pengadukan air dan semen dengan menggunakan alat pengaduk. Setelah tercampur dengan baik, adukan tersebut dimasukan kedalam alat cetakan untuk dicetak menjadi batako. Bahan tersebut dipress setelah padat, kemudian dipindahkan untuk dijemurkan dan dikeringkan. Kegiatan ini

dilakukan secara berulang dan dalam satu hari output yang dihasilkan mencapai 600 batako/hari. Rata-rata berat satu batako sekitar 3 kg. Berikut ini postur tubuh pekerja pengangkatan batako.



Gambar 1. Penjemuran Batako

Pendekatan Biomekanika

Dari gambar salah satu postur tubuh pekerja pengangkatan batako (Gambar 1), maka data yang dikumpulkan dan diolah untuk setelah melakukan pengambilan data untuk setiap karyawan, maka hasil yang diperoleh dan sudah diolah adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data Biomekanika karyawan

No.	Nama Karyawan	Usia	TB	BB	T	b (cm)	h (cm)	k	θH	T2	k2	β	α	ML5/S1	PA	FA	FM	FC
1	Hairudin	47	158	68	102	48	59	168	60	10404	28224	60.32	100.3	354.56	0.176	81.91	-109.3	735.8
2	Sudirah	46	150	62	102	45	56	166	60	10404	27556	60.11	100.1	306.35	0.135	62.96	-77.24	622.9
3	Nyana	32	160	65	102	48	56	168	60	10404	28224	60.32	100.3	338.69	0.162	75.42	-98.2	702.4
4	Very	25	165	65	102	46	58	166	60	10404	27556	60.11	100.1	327.12	0.152	70.85	-90.45	655
5	Adi	25	160	60	102	48	58	166	60	10404	27556	60.11	100.1	316.34	0.143	66.7	-83.48	607.5
Rata - rata		35	158.6	64	102	47	57.4	166.8	60	10404	27823	60.19	100.2	328.61	0.154	71.57	-91.73	664.7
Maksimum		47	165	68	102	48	59	168	60	10404	28224	60.32	100.3	354.56	0.176	81.91	-77.24	735.8
Minimum		25	150	60	102	45	56	166	60	10404	27556	60.11	100.1	306.35	0.135	62.96	-109.3	607.5
Standar deviasi		10.89	5.459	3.082	0	1.414	1.3416	1.095	0	0	365.9	0.112	0.112	18.864	0.016	7.417	12.55	53.83

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat jarak benda dengan pusat tubuh rata-rata 57.4 cm dari titik pusat tubuh,hal ini memungkinkan akan munculnya resiko cedera dari aktivitas pengangkatan (Adi dkk, 2005). Selain itu gaya kompresi pada perut yang tertinggi (FC) yaitu 735.8 N pada postur tubuh yang sering dilakukan karyawan No.1 dan gaya terkompresi pada perut yang terkecil yaitu 607,5 N pada postur kerja yang sering atau biasa dilakukan oleh karyawan No.5. Berdasarkan perhitungan yang dihasilkan, rata – rata untuk gaya kompresi (FC) yang dialami oleh karyawan adalah 664,7 N. Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa gaya kompresi tersebut masih berada pada batas maksimum yaitu 3400 N sehingga dari keseluruhan data perhitungan yang diperoleh dialami oleh karyawan tidak menimbulkan resiko atau dalam artian masih dalam batas aman.

Pendekatan Fisiologi

Dari hasil pengumpulan data dengan menggunakan pendekatan Fisiologi untuk masing – masing karyawan dengan cara dilakukan pengambilan data denyut nadi baik sebelum maupun setelah melakukan aktifitas

menunjukkan bahwa sebelum melakukan aktivitas mengangkat hasil cetakan batako denyut nadi rata-rata 68 pulse/menit sedangkan setelah bekerja nilai denyut nadi meningkat menjadi rata-rata 107 pulse/menit.



Gambar 2. Grafik denyut nadi karyawan

Energi sebelum dan setelah melakukan aktivitas dengan menggunakan persamaan (15) adalah sebagai berikut :

$$Y_0 = 2,308435 \text{ Kkal/menit (sebelum beraktivitas)}$$

$$Y_1 = 4,676699 \text{ Kkal/menit (setelah beraktivitas)}$$

Menghitung besarnya konsumsi energi

$$KE = 4,676699 - 2,308435 = 2,368264 \text{ Kkal/menit}$$

Berdasarkan tabel dibawah ini (menurut Christensen dalam Nurmianto tahun 1996) bahwa jika denyut nadi berada pada nilai 107 pulse/menit menunjukkan bahwa nilai tersebut masih dalam batas sedang.

Tabel 3. Hubungan antara metabolisme, respirasi, temperature badan dan denyut jantung sebagai media pengukur beban kerja

Assesment of Work load	Oxygen consumption Litres/min	Lung ventilation Litres/min	Rectal Temperature °C	Heart Rate Pulses/mins
“very low” (resting)	0,25 – 0,3	6 - 7	37,5	60 – 70
“Low”	0,5 – 1	11 – 20	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
“Extrenely high” (e.g. sport)	2,4 – 4	60 - 100	Over 39	Over 175

(sumber data: Christensen, 1964)

Hasil perhitungan *Fisiologi* dapat dilihat pada tabel 3 dimana pada tabel tersebut menunjukkan bahwa rata-rata 2,351 kkal/menit dan maksimum energinya dalam 2,897 kkal/menit. Berdasarkan Tabel 1. nilai tersebut masih dalam batas aman (2,2 – 4,7 kkal/menit). Dari hasil perhitungan fisiologi dan biomekanika yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan analisa fisiologi dan biomekanika

Aspek	Hasil	Standar	Kesimpulan
Denyut Nadi	107 pulse/menit	100-125 pulse/menit	Batas Aman
Fisiologi – konsumsi energi	2,351 kkal/menit	2,2 – 4,7 kkal/menit	Batas Aman
Biomekanika gaya tekan	664,7 N	3400 N	Batas Aman

Dari hasil penelitian tersebut dihasilkan bahwa dari aspek pendekatan biomekanika dan fisiologi, aktivitas penjemuran batako masih dalam batas aman. Namun proses dapat diperbaiki lagi dengan menambahkan alat bantu seperti trolley dan meja penjemuran yang sesuai dengan postur tubuh pekerja untuk mengurangi resiko cedera yang memungkinkan dapat muncul dari aktivitas ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan Biomekanika dan Fisiologi maka dapat ditarik kesimpulan, antara lain:

- a. Besaran gaya kompresi (FC) yang dialami oleh setiap karyawan akan berbeda tergantung dari bentuk sikap tubuh pada saat melakukan aktifitas, dan untuk gaya kompresi yang dialami oleh setiap karyawan dalam penelitian ini menurut *NIOSH* tidak menimbulkan resiko dan masih dalam batas aman.
- b. Besaran konsumsi energi (KE) yang dihasilkan oleh setiap karyawan akan berbeda tergantung dari berat badan tubuh, usia karyawan dan banyaknya denyut jantung, dan untuk besaran konsumsi energi (KE) yang dihasilkan oleh karyawan pada penelitian ini menurut *NIOSH* tidak menimbulkan resiko kelelahan

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada UKM Bapak Sirom yang memberikan tempat untuk melakukan penelitian ini dan rekan-rekan dosen serta mahasiswa yang sudah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi S.P. Suhardi B.Astuti. R.D.2005. Analisis Manual Material Handling berdasarkan Prinsip Biomekanika,*Performa* Vol.4 No.2 ;93-105
- Anggraini,R. Widodo L. Sukania W. 2016. Analisis Ergonomi Postur Kerja Operator Pada Proses Pembuatan Batako. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol..9 No.2 ; 134-142
- Chaffin, D. B. & Andersson, G. B. J., 1991. "Occupational Biomechanics", second edition, *John Wiley & Sons.Inc*, USA
- Grandjean, E.,1993. "Fitting the Task to the man", 4th edt, Taylor and Francis *Inc*. London
- Nurmianto,E. 1996, Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, Edisi Pertama, *ITS*, Surabaya
- Setiadi Y.S. Poerwanto. Anizar. 2013. Usulan Alat Bantu Pemindahan Batako untuk Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorders di PT.XYZ. *Jurnal Teknik Industri* FT USU Vol.1 No.3; 37-43
- Sutalaksana, I. Z. 1979. Teknik dan Tata Cara Kerja, Departemen Teknik Industri-*ITB*. Bandung.
- Tayyari, F. & Smith, J.L., 1997. Occupational ergonomics: Principles and applications, *Chapman & Hall*.
- Wignjosobroto, S.2000.Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu.*Guna Widya*, Surabaya