

ANALISIS DAN PERANCANGAN MATERIAL HANDLING DENGAN PERHITUNGAN NIOSH LIFTING EQUATION SINGLE TASK

Moehamad Adi Rochmat
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat
adirochmat@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Revised NIOSH Lifting Equation (RNLE) merupakan sebuah aplikasi yang dibuat oleh National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) yang merupakan sebuah institusi di Amerika yang mengembangkan perangkat penilaian dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja. Salah satu aplikasi yang dikembangkan dinamakan Revised NIOSH Lifting Equation Single Task yang digunakan untuk menguji aktifitas pemindahan barang tanpa perpindahan posisi kaki. Aplikasi yang dibangun akan memberikan penilaian terhadap sistem kerja yang dilakukan oleh seorang pekerja. Salah satu hasil perhitungan dari aplikasi tersebut adalah nilai Lifting Index (LI) yang menyatakan tingkat resiko pekerjaan. Aplikasi RNLE dikembangkan dengan dasar program Microsoft Office Excel. Rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai LI dan parameter yang diperlukan disediakan oleh NIOSH dan dapat dipelajari. Penelitian ini mengembangkan rekomendasi perbaikan sistem kerja pada aplikasi RNLE dengan menggunakan program Microsoft Office Excel. Rekomendasi perbaikan yang diutamakan adalah posisi awal benda dan posisi akhir yang sebaiknya diatur sedemikian sehingga mengoptimalkan kemampuan pekerja. Cara optimalisasi yang bisa dilakukan dengan merubah salah satu nilai parameter masukkan tanpa merubah nilai yang lainnya.

Kata kunci : *revised NIOSH lifting equation single task, optimalisasi, Lifting Index.*

Abstract

The Revised NIOSH Lifting Equation is an application released by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) which is an American institution to control safety and healthy work activity. One of the applications developed is called the Revised NIOSH Lifting Equation Single Task which is used to assess manual material handling without displacement of the foot position. The built-in application will provide an assessment of the work system performed by a worker. One of the calculation results of the application is the Lifting Index (LI) value stating the risk level of the job. The RNLE application is developed with Microsoft Office Excel base program. Calculation formula to get the LI value and required parameters provided by NIOSH and can be learned. This research develops system improvements by using Microsoft Office Excel programs where the improvements are the origin position of the object and the destination position that should be set to optimize worker capability. The optimizes can be done by changing one of the input parameter values without changing the other values.

Keywords : *revised NIOSH lifting equation single task, optimalisasi, Lifting Index.*

PENDAHULUAN

Beberapa hasil penelitian dalam aktifitas penanganan material secara manual dan aktifitas pengangkatan memiliki faktor resiko cedera pada tulang belakang[1-5]. Aktifitas keseharian manusia tidak terlepas dari aktifitas pengangkatan dan pemindahan benda. Pekerjaan tersebut bisa didasari oleh tuntutan pekerjaan atau keinginan pribadi untuk melakukan pekerjaan tersebut.

Tuntutan dan keinginan untuk melakukan pekerjaan dengan cepat dan tepat sering dijadikan alasan untuk tidak memperdulikan keselamatan dan kesehatan kerja. Aktifitas mengangkat yang seharusnya menggunakan alat bantu tidak dilakukan karena dianggap kurang cepat, namun disisi lain memberikan kemudahan dan keselamatan. Umumnya kasus pengangkatan yang tidak sesuai dengan kapasitas kemampuan pekerja pada aktifitas pengangkatan manual, dilakukan oleh orang yang berusia dibawah 45 tahun[6-10].

Sebuah perusahaan yang mempekerjakan karyawannya untuk melakukan aktifitas pengangkatan dan pemindahan barang sebaiknya mempertimbangkan nilai keselamatan dan kesehatan bagi pekerjanya. Sebuah aktifitas yang harus dilakukan sebaiknya sudah memiliki prosedur dan standar proses kerja yang teruji. Pada tahun 2008, Biro Statistik Pekerja Amerika (US Bureau of Labor Statistic) melaporkan bahwa sekitar 40% dari cedera diakibatkan karena tekanan dan

putaran yang terlalu besar pada ruas tulang belakang [11-13]. Lembaga tenaga kerja Amerika memperkirakan potensi bahaya pada aktifitas pengangkatan beban mendekati 30% [11],[12],[14].

Lembaga NIOSH yang berkedudukan di Amerika memperkenalkan *Revised NIOSH Lifting Equation* (RNLE) untuk mengatur peningkatan beban kerja berkaitan dengan resiko cedera tulang belakang [15]. Aplikasi ini digunakan untuk menghitung nilai berat beban yang direkomendasikan (RWL – *Recommended Weight Limit*) berdasarkan data aktifitas kerja yang mampu dikerjakan oleh rata-rata pekerja (90% laki-laki dan 75% wanita) tanpa resiko cedera pada tulang belakang[5]. Hasil lain dari perhitungan adalah indeks pengangkatan (*LI – Lifting Index*) yang merupakan rasio perbandingan antara beban yang diangkat dan beban yang direkomendasikan (RWL).

Ergonomi memegang peranan penting dalam mengurangi tingkat resiko akibat pekerjaan. Ergonomi adalah sebuah disiplin ilmu yang memperhatikan bagaimana memahami interaksi antara manusia dan elemen lain dari sistem, dan profesi yang menerapkan teori, aturan, data dan metode untuk merancang optimasi kesejahteraan dan performansi system secara keseluruhan [15].

Salah satu aplikasi ergonomi yang digunakan untuk proses penilaian kerja adalah RNLE. Aplikasi ini digunakan untuk mengevaluasi aktifitas pengangkatan dan pemindahan benda tanpa perpindahan kaki.

Hasil akhir dari perhitungan aplikasi ini adalah rekomendasi berat beban dan indeks pengangkatan. Rekomendasi berat beban didapat dari hasil perhitungan data aktifitas kerja. Indeks pengangkatan akan membandingkan antara berat beban sebenarnya dengan berat beban yang direkomendasikan.

Pada aktifitas kerja, kecil kemungkinan dilakukannya perubahan berat benda sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh aplikasi. Untuk beberapa kasus mungkin bisa dilakukan pengurangan beban sedikit demi sedikit hingga sesuai dengan nilai RWL. Yang paling memungkinkan untuk dilakukan penyesuaian adalah data aktifitas kerja.

Nilai optimal pada indeks pengangkatan adalah 1, yang artinya beban kerja sesuai dengan yang direkomendasikan. Untuk mendapat nilai ini, asesor harus melakukan beberapa simulasi perubahan aktifitas kerja jika hasil perhitungan awal indeks pengangkatan tidak mendekati 1. Proses mencoba merubah data aktifitas kerja yang harus dilakukan akan memerlukan waktu yang lama.

Penelitian yang dilakukan akan menggunakan dasar perhitungan RNLE untuk dikembangkan yang menggunakan standar satuan US. Pengembangan aplikasi menggunakan program Microsoft Office Excel sesuai dengan dasar aplikasi yang disediakan oleh NIOSH. Rekomendasi perbaikan yang dibuat bersifat individual dan perbaikan yang dilakukan hanya pada salah satu parameter perbaikan saja.

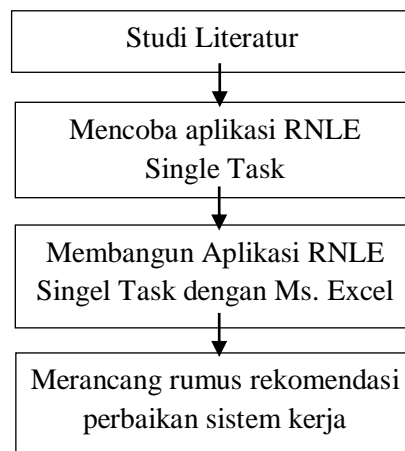
Penelitian yang akan dilakukan adalah memodifikasi aplikasi perhitungan *NIOSH Lifting Equation Single Task* sehingga tidak hanya menampilkan hasil akhir berupa RWL dan LI. Hasil akhir yang ingin ditampilkan untuk mempermudah asesor dalam menentukan aktifitas kerja yang sesuai dengan berat benda yang ingin dipindahkan. Sehingga asesor tidak perlu melakukan simulasi berulang-ulang agar aktifitas kerja menjadi optimal.

Aplikasi yang dibangun berbasis program Microsoft Office Excel yang mudah dimengerti oleh pengguna aplikasi komputer pada umumnya. Hasil dari aplikasi yang dibangun adalah rekomendasi untuk perubahan posisi vertikal awal dan akhir benda saat dipindahkan, perputaran tubuh maksimal yang masih diperkenankan, posisi horizontal awal dan akhir pegangan benda dari tubuh.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan alur yang disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh NIOSH, RWL dinyatakan sebagai batasan nilai beban yang dapat dilakukan oleh setiap pekerja yang sehat dalam rentang waktu kerja (hingga 8 jam) tanpa adanya peningkatan resiko terhadap cedera tulang belakang [20], [21]. “Pekerja yang sehat” adalah pekerja yang tidak memiliki keluhan kesehatan yang dapat meningkatkan resiko cedera tulang belakang. Pembebanan ditentukan sebagai sebuah koefisien yang disebut *Load Constant*

(LC=51lb), yang merupakan berat maksimum pada kondisi ideal [11].
 beban yang direkomendasikan dapat diangkat



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Data aktifitas kerja yang dijadikan masukan aplikasi antara lain tinggi posisi awal dan akhir benda, jarak pegangan benda dengan titik keseimbangan pekerja, frekuensi kerja, lamanya waktu kerja dan putaran badan yang diperlukan bisa dilihat pada gambar 1[5][11][16][17][18]. Perbaikan data aktifitas kerja dimaksudkan untuk menghasilkan nilai indeks pengangkatan mendekati 1. Dengan demikian berat beban yang diangkat akan sama dengan berat beban yang direkomendasikan.

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghasilkan nilai berat beban yang direkomendasikan adalah:

$$RWL = LC(51) \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (1)$$

Data yang dibutuhkan untuk menghitung RWL antara lain:

HM = Nilai Indeks jarak Horizontal pegangan benda ke titik keseimbangan tubuh,

VM = Nilai indeks jarak Vertikal pegangan benda dari lantai,

DM = Nilai Indeks jarak perpindahan benda secara vertical,

AM = Nilai Indeks putaran yang diperlukan saat memindahkan benda,

FM = Nilai Indeks frekuensi kerja dalam waktu 15 menit,

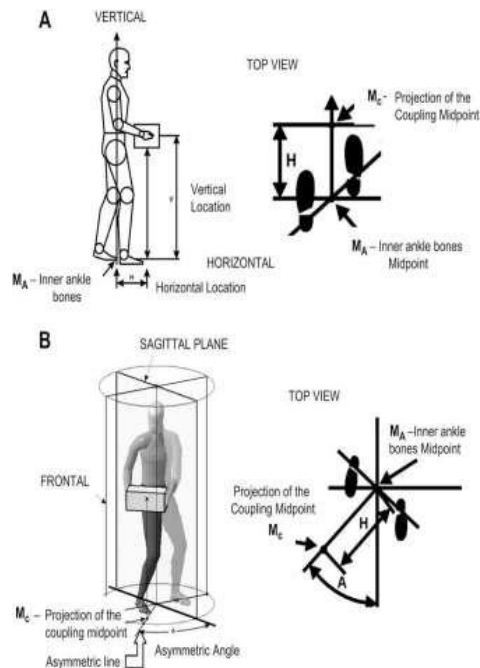
CM = Nilai Indeks jenis pegangan yang ada pada benda.

Penentuan nilai index dari masing-masing parameter yang diperlukan sudah memiliki rumusan atau tabel standar. Rumus yang digunakan antara lain :

$$HM = \frac{10}{H} \quad (2)$$

Nilai H adalah jarak antara titik pegangan dan tubuh dan memiliki batasan antara 10 sampai 25. Nilai H yang lebih dari 25inci akan menghasilkan nilai $HM = 0$, dan jika kurang dari 10 akan dibulatkan menjadi 10.

$$VM = 1 - (0.0075|V - 30|) \quad (3)$$



Gambar 2. Variabel data NIOSH Lifting Equation Single Task: (A) Data jarak vertikal dan horizontal (B) Sudut putaran tubuh [17]

Nilai V merupakan jarak vertikal pegangan benda dari lantai yang dibatasi antara 0 hingga 70. Jika nilai V lebih dari 70 maka nilai $VM = 0$.

$$DM = (0.82 + \frac{1.8}{D}) \quad (4)$$

Nilai D adalah jarak perpindahan benda secara vertikal dari posisi pengambilan ke posisi penyimpanan yang memiliki batasan antara 10 dan 70.

$$AM = 1 - 0.0032A \quad (5)$$

Nilai A adalah besarnya sudut perputaran tubuh yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan tersebut. Nilai F merupakan banyaknya aktifitas pengangkatan yang harus dilakukan dalam selama 15 menit. Untuk mendapatkan nilai FM digunakan Tabel 1.

Nilai CM didapat bukan dari perhitungan, melainkan ditentukan langsung

berdasarkan nilai *Coupling* (C) dan nilai Vertikal (V) yang sudah ditentukan. Berdasarkan bentuk pegangan dan lokasi terhadap lantai, nilai CM dapat ditentukan menurut Tabel 2.

$$LI = \frac{\text{Load weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL} \quad (6)$$

Nilai L adalah berat beban yang akan diangkat oleh pekerja dengan menggunakan satuan Lbs.

Aplikasi *NIOSH Lifting Equation* dapat dibuka dengan menggunakan program Microsoft Excel. Pada program yang sama, dibangun sebuah aplikasi serupa yang nantinya akan menghasilkan nilai perhitungan multiplier dan LI yang sama. Nilai *Travel Distance* didapat dari selisih antara nilai *vertical location origin* dan *destination*. Hasil dari perhitungannya harus bernilai positif. Dalam aplikasi yang dibangun perlu

ditambahkan beberapa baris untuk bagian rekomendasi. Setidaknya diperlukan empat baris untuk membuat rekomendasi yang akan

dibangun. Rekomendasi yang bisa dibangun antara lain *horizontal*, *vertical*, *distance*, *frequency* dan *angle of asymmetry*.

Tabel 1. Menentukan nilai *FM* berdasarkan nilai Frekuensi (*F*)[17]

Frekuensi Angk/min (<i>F</i>)	Work Duration					
	≤ 1 Jam		Antara 1 – 2 jam		>2 jam ≤ 8 jam	
	<i>V</i> < 30	<i>V</i> ≥ 30	<i>V</i> < 30	<i>V</i> ≥ 30	<i>V</i> < 30	<i>V</i> ≥ 30
≤0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 2. *Coupling Multiplier* [17]

<i>Coupling Type</i>	<i>Coupling Multiplier</i>	
	<i>V</i> <30inchi	<i>V</i> ≥30inchi
Baik	1.00	1.00
Sedang	0.95	1.00
Kurang	0.90	0.90

$$LI = \frac{\text{Load weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL} \quad (6)$$

Nilai *L* adalah berat beban yang akan diangkat oleh pekerja dengan menggunakan satuan Lbs.

Aplikasi *NIOSH Lifting Equation* dapat dibuka dengan menggunakan program Microsoft Excel. Pada program yang sama, dibangun sebuah aplikasi serupa yang nantinya akan menghasilkan nilai perhitungan

multiplier dan *LI* yang sama. Nilai *Travel Distance* didapat dari selisih antara nilai *vertical location origin* dan *destination*. Hasil dari perhitungannya harus bernilai positif. Dalam aplikasi yang dibangun perlu ditambahkan beberapa baris untuk bagian rekomendasi. Setidaknya diperlukan empat baris untuk membuat rekomendasi yang akan dibangun. Rekomendasi yang bisa dibangun

antara lain *horizontal*, *vertical*, *distance*, *frequency* dan *angle of asymmetry*.

Aplikasi yang dibangun harus memiliki kesamaan nilai *multiplier* dengan aplikasi bawaan yang sudah diunduh. Rumus rekomendasi perbaikan yang akan dibangun menggunakan prinsip *ceteris paribus*, dimana sebuah perbaikan yang akan direkomendasikan dengan tidak merubah parameter lain. Artinya jika ingin mendapatkan salah satu nilai perbaikan, maka digunakan nilai *multiplier* untuk parameter lain.

Perbaikan pada nilai *H* didapat dengan menggunakan persamaan rumus (1), (2) dan (6) sehingga menghasilkan persamaan (7)

$$H = \frac{10 \times 51 \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM}{L} \quad (7)$$

Rekomendasi pada nilai *V* dibatasi dengan 30 sebagai nilai tengahnya, sehingga ada dua cara untuk mendapatkan nilai rekomendasinya. Rekomendasi untuk nilai *V* lebih dari 30 menggunakan persamaan (8) dan persamaan (9) untuk nilai *V* kurang dari 30. Nilai *V* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan rumus (1), (3) dan (6).

$$V = \frac{(1 + (30 \times 0.0075)) - \left(\frac{L}{51 \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM} \right)}{0.0075} \quad (8)$$

$$V = \frac{\left(\frac{L}{51 \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM} \right) - (1 - (30 \times 0.0075))}{0.0075} \quad (9)$$

Rekomendasi nilai *D* merupakan jarak antara pengambilan dan penempatan benda secara vertikal. Nilai *D* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), (4) dan (6) sehingga mendapatkan persamaan

$$(10) D = \frac{1.8 \times Load}{51 \times HM \times VM \times AM \times FM \times CM} - (0.82) \quad (10)$$

Nilai rekomendasi untuk perputaran tubuh (*A*) bisa didapat dengan menggunakan persamaan (1), (5), dan (6) sehingga mendapatkan persamaan (11)

$$A = \frac{1 - \frac{Load}{51 \times HM \times VM \times DM \times FM \times CM}}{0.0032} \quad (11)$$

Nilai rekomendasi frekuensi kerja pengangkatan (*F*) diperlukan tabel untuk mencari nilai yang sesuai dengan *FM* yang sudah didapat dari persamaan (1). Nilai *FM* bisa didapat dengan menggunakan persamaan (12). Setelah mendapatkan nilai *FM* gunakan Tabel 1 yang sesuai dengan nilai *work duration* dan nilai *V* dari parameter yang digunakan. Nilai yang didapat perlu dilakukan pembulatan menuju angkat terdekat di atasnya berdasarkan Tabel 1.

$$FM = \frac{L}{51 \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM} \quad (12)$$

Perubahan sistem kerja yang dilakukan hanya pada salah satu parameter yang sudah dihasilkan. Perubahan sistem kerja dengan menerapkan semua rekomendasi akan mengakibatkan aktifitas kerja menjadi tidak optimal. Perbaikan dengan menerapkan posisi vertikal akan menyebabkan penurunan pada nilai *distance* secara otomatis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan aplikasi RNLE dari yang sebelumnya digunakan hanya untuk menilai sebuah aktifitas kerja menjadi aplikasi yang bisa digunakan untuk memperbaiki dan merancang aktifitas kerja yang lebih ergonomi. Seorang penilai akan

mengetahui tingkat resiko dari sebuah aktifitas kerja dan secara langsung juga bisa memberikan masukan apa yang dapat

Aplikasi RNLE yang dikeluarkan NIOSH akan memberikan rekomendasi berat beban. Merubah berat beban yang digunakan pada aktifitas kerja pada umumnya tidak mungkin dilakukan. Penurunan berat beban hanya bisa dilakukan jika beban yang diangkat berupa kumpulan barang yang bisa dikurangi sedikit demi sedikit.

Nilai LI yang dihasilkan dari hasil perhitungan harus dicari secara berulang-ulang dengan cara memasukkan parameter kerja yang baru sehingga mendapatkan nilai yang mendekati optimal, yaitu 1. Proses perhitungan yang berulang-ulang akan menyulitkan bagi penilai dan pekerja karena tidak memahami apa saja yang harus disesuaikan dan sebesar apa penyesuaian yang harus dilakukan. Proses tersebut yang jarang sekali ingin dilakukan oleh pekerja ataupun penilai karena memerlukan waktu yang tidak cepat.

Rekomendasi nilai H dan A dapat digunakan secara langsung sesuai dengan hasil perhitungannya. Pada penerapan rekomendasi nilai H atau A akan didapat nilai $LI=1$ yang menyatakan bahwa pekerjaan tersebut sudah optimal. Rekomendasi nilai V sangat berkaitan dengan nilai D , sehingga jika dilakukan penerapan pada nilai V saja akan mendapatkan nilai $LI \leq 1$. Rekomendasi nilai F bisa diterapkan secara langsung dan akan mendapatkan nilai $LI \leq 1$. Hasil rekomendasi

dilakukan untuk memperbaiki aktifitas jika dianggap memiliki resiko.

dari pengembangan aplikasi RNLE akan memberikan kesempatan kepada pekerja untuk menyesuaikan aktifitas kerja tanpa mengubah berat benda yang harus diangkat. Salah satu rekomendasi yang bisa diterapkan adalah *vertical origin* dan *destination*. Perbaikan posisi vertikal dapat dilakukan dengan memberikan alat bantu penyimpanan sehingga aktifitas yang dilakukan memiliki resiko yang lebih kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Aplikasi perhitungan *NIOSH Lifting Equation Single Task* merupakan sebuah alat penilaian sistem kerja *material handling* yang paling sering digunakan. Penilaian sistem kerja hanya akan melihat resiko dari aktifitas yang dilakukan oleh seorang pekerja. Aplikasi RNLE hanya bisa menilai kerja dan rekomendasi untuk berat benda yang layak untuk dikerjakan. Merubah berat benda bukanlah sebuah hal yang bisa dilakukan dengan mudah. Rekomendasi parameter aktifitas kerja yang ideal untuk berat benda yang sama diperlukan agar aktifitas menjadi tidak beresiko. Parameter kerja akan lebih mudah disesuaikan dibandingkan pengurangan atau penambahan berat benda. Penggunaan RNLE untuk memperbaiki parameter aktifitas kerja diperlukan beberapa

kali percobaan perhitungan sehingga mendapatkan nilai yang optimal ($LI = 1$). Pengembangan aplikasi RNLE dari hasil penelitian ini akan memberikan kemudahan untuk melihat sejauhmana aktifitas kerja bisa dimaksimalkan hanya dengan mengganti satu parameter saja. Hal ini akan mengurangi waktu untuk melakukan perbaikan dan penilaian secara berulang-ulang.

Saran

Aplikasi yang dapat menghitung rekomendasi perbaikan sistem kerja dengan menggunakan standar NIOSH berdasarkan data pekerja di Amerika Serikat telah teruji dan dapat diterapkan. Pekerja di Indonesia memiliki antropometri yang berbeda dengan pekerja di Amerika, sehingga diperlukan penyesuaian standar input data yang dibutuhkan. Penelitian mengenai rekomendasi perbaikan sistem kerja untuk pekerja Indonesia masih perlu dikembangkan. Perbedaan antropometri masing-masing orang juga membuka sebuah peluang penelitian baru untuk mengurangi generalisasi rekomendasi perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Garg dan J. S. Moore, "Epidemiology of low-back pain in industry." *Occup. Med.*, vol. 7, no. 4, hal. 593 – 608, 1992.
- [2] W. E. Hoogendoorn et al, "Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study," *Spine*, vol. 25, no. 23, hal. 3087 – 3092, 2000.
- [3] L. Manchikanti, "Epidemiology of Low Back Pain," *Pain Physician* vol. 3, no. 2, hal. 167 – 192, 2004.
- [4] A. Van Nieuwenhuysse et al, "Risk factor for first-ever low back pain among workers in their first employment," *Occup. Med.*, vol. 54, no. 8, hal. 513 – 519, 2004.
- [5] N. Arjmand et al, "Revised NIOSH Lifting Equation May generate spine loads exceeding recommended limits," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 47, hal. 1 – 8, 2015.
- [6] W. S. Marras, "Occupational low back disorder causation and control," *Ergonomics*, vol. 43, no. 7, hal. 880 – 902, 2000.
- [7] A. M. Iguti dan E. L. Hoehne, "Lombalgias e trabalho," *Rev Bras Saude Occup.* vol. 28, hal. 78 – 87, 2003.
- [8] M. C. Silva, A. G. Fassa dan N. G. J. Valle, "Dor lombar cronica em uma populacao adulta no sul do Brasil: prevalencia e fatores associados," *Cad Saude Publica*, vol. 20, hal. 377 – 385, 2004.
- [9] S. Moraes, "A prevalencia de lombalgia em capoeiristas di Rio de Janeiro," *Rev. Fisioter Bras*, vol. 4, hal. 311 – 319, 2003.
- [10] M. Halfenstein Jr, M. A. Goldenfum dan C. Seina, "Occupational low back pain," *Rev Assoc Med Bras*, vol. 56, no. 5, hal. 583 – 589, 2010.
- [11] A. Singh et al, "A review on NIOSH Lifting Equation Applicability," IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2016.
- [12] T. R. Waters et al, "Efficacy of the Revised NIOSH Lifting Equation to Predict Risk of Low Back Pain Due to Manual Lifting: Expanded cross-sectional analysis," *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 53, no. 9, hal. 1061-1067, 2011.
- [13] Bureau of Labor Statistics, US Department of Labor, *Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses, Private Industry*, 6, 10 – 12, 2008.
- [14] National Institute for Occupational Safety and Health, Safety and Health,

- The National Occupational Exposure Survey*, Cincinnati, DHHS (NIOSH), 89-103, 1989.
- [15] V. Kamala, P. Malliga dan G. M. Priyanka, "Criteria Based Ergonomic Assessment in a Manufacturing Industry," In Proc. Proceeding of IEEE IEEM, 2016.
- [16] M. L. L. R. Okimoto dan E. R. Teixeira, "Proposed procedures for measuring the lifting task variables required by the Revised NIOSH Lifting Equation – A case study," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 39, no. 1, hal. 15-22, 2009.
- [17] T. R. Waters, V. Putz-Anderson dan A. Garg, "Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation," NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), USA, Technical Report, 94-110, 1994.
- [18] T. R. Waters, V. Putz-Anderson, A. Garg dan L. J. Fine, "Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks," *Ergonomics*, vol. 36, no. 7, hal. 749-776, 1993.
- [19] NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). "A Work Practices Guide for Manual Lifting," . U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH), Cincinnati, OH, Technical Report, 81-122, 1981.
- [20] Ergonomicsplus, "A Step-by-Step Guide to Using the NIOSH Lifting Equation for Single Tasks," 2015. [Online]. Available at <http://www.ErgonomicPlus.com>. [Diakses pada: 11 November 2015].