Pengukuran Beban Angkat Buruh Bongkar Muat Pelabuhan Soekarno-Hatta Menggunakan RWL dan LI

Measurement of Lifting Loads for Port Stevedores at Soekarno-Hatta Port Using RWL and LI

Erniyani[1)*], Muhsin Z[2)], Irin Ramdhani[3)], Raodah[4)], Wardina Suwedy[5)]
[1,2,3,4)] Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar, Indonesia
[5)] Jurusan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Politeknik Maritim AMI Makassar, Indonesia
email: [1)*]erniyani@unm.ac.id

Informasi Artikel
Diterima:
Submitted:
29/07/2026

Diperbaiki:
Revised:
31/10/2026

Disetujui:
Accepted:
31/10/2016

[*)] erniyani
erniyani@unm.ac.id

DOI:
http://doi.org/10.32502/integrasi.v11i2.2434

Abstrak
Aktivitas *manual material handling* masih menjadi pekerjaan penting dalam kegiatan bongkar muat pelabuhan, tetapi aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan gangguan muskuloskeletal apabila beban, postur, dan frekuensi kerja tidak sesuai dengan prinsip ergonomi. Permasalahan khusus dalam penelitian ini adalah buruh bongkar muat di Pelabuhan Soekarno-Hatta masih mengangkat beban aktual sebesar 50 kg secara manual, sementara batas berat angkat yang aman belum diketahui secara kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur batas berat angkat yang direkomendasikan dan menentukan tingkat risiko ergonomi pada aktivitas pengangkatan buruh bongkar muat. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index* berdasarkan pengukuran langsung terhadap empat pekerja laki-laki. Parameter yang diukur meliputi berat beban, jarak horizontal, tinggi vertikal, jarak perpindahan, sudut asimetri, frekuensi pengangkatan, dan kualitas pegangan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan RWL dan LI pada aktivitas bongkar muat pelabuhan yang memiliki variasi postur, ruang gerak, dan beban kerja tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh pekerja memiliki nilai LI di atas 3, baik pada posisi awal maupun akhir pengangkatan. Pekerja 1 memiliki risiko tertinggi pada posisi awal dengan LI sebesar 8,41, sedangkan pekerja 4 memiliki risiko tertinggi pada posisi akhir dengan LI sebesar 5,52. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan manual termasuk kategori risiko tinggi.

Kata kunci: Buruh Bongkar Muat, Lifting Index, Recommended Weight Limit

Abstract
Manual material handling remains a crucial task in port loading and unloading operations; however, it poses a potential risk of musculoskeletal disorders if load, posture, and work frequency do not align with ergonomic principles. A specific issue addressed in this study is that cargo handlers at Soekarno-Hatta Port, Makassar, manually lift loads of up to 50 kg, while the safe lifting limit has not been quantitatively established. This study aims to measure the recommended lifting limit and determine the ergonomic risk level associated with the workers' lifting activities. A descriptive quantitative approach was employed, utilizing the Recommended Weight Limit (RWL) and Lifting Index (LI) methods based on direct measurements of four male workers. Measured parameters included load weight, horizontal distance, vertical height, travel distance, asymmetry angle, lifting frequency, and coupling quality. The study's novelty lies in applying RWL and LI to port loading and unloading activities, which are characterized by varied postures, limited workspace, and high workloads. Results indicate that all workers exhibited LI values exceeding 3 at both the start and end positions of the lift. Worker 1 faced the highest risk at the start position (LI of 7,89), while Worker

4 faced the highest risk at the end position (LI of 5.57). These findings demonstrate that the manual lifting activities fall into the high-risk category..

***Keywords**: Cargo Handling Workers, Lifting Index, Recommended Weight Limit*

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang
p-ISSN *2528-7419*
e-ISSN *2654-5551*

Pendahuluan

Aktivitas *manual material handling* menjadi bagian penting dalam pekerjaan bongkar muat diberbagai sektor kerja salah satunya pelabuhan. Buruh bongkar muat melakukan pemindahan barang melalui aktivitas mengangkat, membawa, menurunkan, mendorong, dan menarik beban secara manual [1], [2], [3]. Pekerja yang melakukan pengangkatan beban secara berulang menerima tekanan fisik pada punggung, bahu, lengan, pinggang, dan tungkai [4]. Beban kerja fisik tersebut dapat meningkat ketika pekerja mengangkat barang dalam posisi membungkuk, memutar badan, menjangkau beban terlalu jauh dari tubuh, atau bekerja dalam frekuensi tinggi. Kondisi kerja seperti ini sering berkaitan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* karena tubuh menerima gaya tekan, gaya tarik, dan beban statis yang melebihi kemampuan kerja normal pekerja.

Muskuloskeletal pada pekerja pelabuhan menjadi persoalan penting dalam kegiatan bongkar muat yang menuntut kekuatan fisik, ketahanan tubuh, koordinasi gerak, serta kecepatan kerja. [5] mengungkapkan bahwa buruh pelabuhan terpapar beban fisik berlebih yang dapat menimbulkan gangguan musculoskeletal, disabilitas fungsional, dan absensi kerja yang ditemukan 12 studi dengan 7.821 pekerja pelabuhan dari lima negara, serta menunjukkan prevalensi gangguan musculoskeletal 58%, penyakit degranatif tulang belakang 42%, *low back pain* 36% pada kelompok kerja pelabuhan.

Aktivitas pengangkatan manual masih menjadi bagian dari sistem kerja pelabuhan karena tidak semua barang dapat dipindahkan sepenuhnya menggunakan alat mekanis. Barang dengan tidak seragam, posisi menyimpan terbatas, alur kerja cepat, dan kebutuhan pemindahan dari kapal ke dermaga atau dari dermaga ke area penumpukan sering membuat pekerja melakukan pengangkatan manual. [6] menyebutkan bahwa *manual material handling* seperti *lifting, lowering, pushing, pulling* dan *carrying* menjadi penyebab umum kelelahan kerja serta gangguan muskuloskeletal pada pekerja industri.

Pelabuhan Soekarno-Hatta berperan penting dalam kegiatan distribusi barang dengan lalu lintas kargo terbesar di Pulau Sulawesi dan menjadi penghubung utama kawasan Indonesia Timur dan memiliki kapasitas peti kemas yang besar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas bongkar muat di Pelabuhan sangat aktif dan membutuhkan dukungan tenaga kerja memadai.

Buruh bongkar muat di Pelabuhan Soekarno-Hatta menghadapi risiko ergonomi karena bekerja pada lingkungan pelabuhan yang memiliki aktivitas logistik padat. Pelabuhan tersebut melayani kategori *liquid bulk, dry bulk, general cardo*, dan *container*, serta memiliki fasilitas dermaga, lapangan penumpukan, gudang, *forklift, harbour mobile crane, grab, hopper, reachstcker, weight bridge, wheel loader,* dan *ramp door*. Ketersediaan alat bongkar muat tidak selalu menghilangkan risiko kerja manual karena buruh tetap berperan pada proses penataan, pemindahan jarak pendek, penyesuaian posisi barang, dan pengangkatan barang yang tidak dapat dijangkau alat. Buruh bongkar muat dapat mengangkat beban dengan jarak horizontal berbeda, tinggi awal berbeda, serta kualitas pegangan berbeda. Perbedaan kondisi tersebut dapat membuat berat aktual yang diangkat tidak selalu sesuai dengan standar berat ergonomis.

Penelitian ini difokuskan pada buruh bongkar muat pupuk poska yang beratnya sebesar 50 kg dan dikerjakan oleh empat orang dengan jumlah 20 ton. Kegiatan

bongkar muat pupuk poska dari kapal menuju area penumpukan masih melibatkan tenaga manusia secara langsung. Dalam proses tersebut, terdapat empat orang buruh yang membantu mengangkat, menarik, mengatur posisi, dan menyusun karung pupuk. Setiap karung memiliki berat 50 kg dengan jumlah pupuk yang dibongkar mencapai 20 ton.

Berat pupuk poska sebesar 50 kg tergolong sangat berat untuk aktivitas angkat manual dan dilakukan secara berulang, dalam durasi kerja yang panjang dengan kondisi lingkungan pelabuhan tidak selalu ergonomis. Buruh perpotensi bekerja dengan posisi tubuh membungkuk, menjangkau beban dari tumpukan, memutar badan, menarik karung, serta menyusun karung pada ketinggian tertentu. Kombinasi antar berat beban, frekuensi kerja, postur tubuh yang tidak netral, dan tekanan target bongkar muat dapat meningkatkan risiko kelelahan otot serta gangguan muskuloskeletal, khsuusnya pada bagian punggung bawah, pinggang, bahu, lengan, dan lutut.

Urgensi penelitian ini diperkuat dengan beban aktual sebesar 50 kg berpotensi melebihi batas aman pengangkatan manual yang direkomendasikan. Beban angkat yang aman bagi buruh bongkar muat di Pelabuhan Soekarno-hatta masih belum jelas pada aktivitas manual material handling. Pekerja merasa beban tertentu masih mampu diangkat karena pengalaman kerja dan kebiasaan fisik, namun kemampuan subjektif pekerja tidak selalu sama dengan batas aman ergonomi. Nilai berat actual perlu dibandingkan dengan nilai *Recommended Weight Limit (RWL)* agar tingkat risiko pengangkatan dapat dinilai secara kuantitatif. Nilai *lifting index* juga perlu dihitung agar dapat mengetahui aktivitas pengangkatan berada pada kategori aman, berisiko, atau membutuhkan perbaikan kerja.

Penelitian ini menggunakan metode *RWL* dan *LI* karena metode tersebut dapat mengukur kesesuaian antara berat beban aktual dan batas berat angkat yang direkomendasikan. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* menjelaskan bahwa *LI* menggambarkan estimasi relatif tekanan fisik pada satu aktivitas pengangkatan manual, sedangkan nilai *LI* yang sama dengan atau lebih rendah dari 1 dikatakan sebagai batas aman.

Penggunaan *RWL* dan *LI* pada penelitian sebagai dasar pengukuran lebih objektif dibandingkan penilaian berdasrkan perkiraan pekerja dengan mengukur posisi tubuhm berat beban, frekuensi angkat, jarak gerak, sudut tubuh, dan kualitas pegangan secara langsung pada aktivitas bongkar muat. Hasil pengukuran tersebut dapat menghasilakn nilai batas berat angkat yang aman, tingkat risiko pengangkatan, serta prioritas perbaikan kerja. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan manual masih menjadi perhatian utama dalam ergonomi kerja. [7] meneliti terkait beban biomekanik pada buruh pelabuhan di Pelabuhan Kolombia dengan hasil bahwa pekerjaan bongkar muat memiliki karakter kerja manual perlu dinilai dari sisi beban tubuh dan keluhan muskuloskeletal. [8] mengevaluasi *Revised NIOSH Lifting Equation* secara kritis dan mengungkapkan bahwa metode ini masih relevan untuk menilai risiko pengangkatan manual, meskipun masih perlu memperhatikan keterbatasan penerapan pada situasi kerja yang kompleks. Kajian ini memperkuat alasan penggunaan *RWL* dan *LI* pada aktivitas kerja memiliki variasi beban, posisi, dan frekuensi.

Penelitian berbasis teknologi mulai mengembangkan penilaian ergonomi *manual handling* melalui sensor, *machine learning*, dan *computer vision*. [9] menggunakan *wearable inertial sensors* dan *machine learning* untuk mengklasifikasikan risiko biomekanik berdasarkan *Revised NIOSH Lifting Equation*. [10] mengembangkan *online lifting index* untuk mengevaluasi risiko ergonomi pada tugas *manual material handling* secara lebih cepat, dengan kesalahan relative *LI* sebesar 2,8% dibandingkan metode *observasional*. [11] menggabungkan *computer vision* dan *tactile glove* untuk memprediksi kategori risiko LI pada tugas pengangkatan manual dengan nilai akurasi 89%. Penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa *RWL* dan *LI* masih menjadi dasar penting dalam penilaian risiko pengangkatan manual, baik pada pendekatan observasional maupun berbasis teknologi. Penelitian di area pelabuhan masih perlu diperkuat karena karakter kerja buruh bongkar muat berbeda dari pekerja manufaktur, ritel, gudang, atau laboratorium.

Aktivitas bongkar muat memiliki variasi beban, kondisi lantai, ruang gerak, posisi barang, ritme kerja, serta tekanan waktu. Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi berdasarkan karakteristik aktivitas kerja dan menjadi dasar penyusunan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja bongkar muat.

Metode

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif deskriptif. Kuantitatif digunakan karena data yang dikumpulkan yakni angka dari hasil pengukuran langsung, seperti berat beban, jarak horizontal, tinggi vertikal, jarak perpindahan beban, sudut asimetri tubuh, frekuensi pengangkatan, kualitas pegangan bertujuan untuk memperoleh nilai *RWL* dan *LI*. Sedangkan deskriptif digunakan untuk menggambarkan tingkat risiko aktivitas pengangakatan beban pada buruh bongkar muat dari hasil perbandingan antara beban berat aktual dengan batas berat angkat yang aman.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di area bongkar muat Pelabuhan Soekarno-Hatta. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki aktivitas logistik yang padat dan masih melibatkan tenaga kerja manusia dalam proses pemindahan barang secara manual. Aktivitas bongkar muat mencakup kegiatan mengangkat, membawa, memindahkan, menurunkan, serta menyusun barang dari satu titik ke titik lain.

Lokasi ini dipilih karena adanya aktivitas *manual material handling* yang berpotensi menimbulkan risiko ergonomi bagi pekerja. Meskipun pelabuhan telah memiliki berbagai fasilitas dan alat bantu bongkar muat, buruh tetap berperan dalam proses penataan, pemindahan jarak pendek, penyesuaian posisi barang, dan pengangkatan barang yang tidak dapat dijangkau oleh alat mekanis.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri empat orang buruh bongkar muat yang bertugas memidahkan pupuk Phonska (NPK) dari *crane* ke mobil truk. Setiap karung pupuk memiliki berat 50 kg, dengan total muatan yang dipindahkan mencapai 20 ton atau setara dengan 400 karung pupuk. Aktivitas bongkar muat saat proses pemindahan dan penyusunan setiap karung pupuk dilakukan oleh dua orang pekerja secara bersama-sama dan berulang.

Pemilihan aktivitas bongkar muat pupuk phonska sebagai objek pengamatan didasarkan pada karakteristik pekerjaan dengan tuntutan fisik cukup tinggi dan kondisi lingkungan kerja yang berpotensi menimbulkan risiko ergonomi. Hal ini disebabkan oleh proses penyusunan karung pupuk di atas bak mobil truk yang memiliki permukaan alas atau tumpukan karung dan tidak selalu rata, sehingga pekerja harus menyesuaikan posisi tubuh ketika mengangkat, memindahkan, dan menyusun karung pupuk.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data berupa observasi langsung, pengukuran parameter kerja, dokumentasi, serta pencatatan hasil pengukuran. Observasi langsung dilakukan untuk melihat posisi tubuh pekerja saat melakukan aktivitas pengangkatan beban, baik posisi awal maupun akhir. Pengukuran parameter dilakukan dengan mencatat beberapa komponen yang dibutuhkan dalam perhitungan *RWL* dan *LI.* Parameter yang diukur yaitu berat beban aktual, *Load Constant, Horizontal Multiplier, Vertical Multiplier, Distance Multiplier, Asymmetric Multiplier, Frequency Multiplier,* dan *coupling multiplier.* Dokumentasi diperlukan untuk memperoleh gambar aktivitas pekerja saat mengangkat beban dengan melihat posisi tubuh pada saat mengambil dan memindahkan barang.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode RWL dan LI untuk masing-masing pekerja. Tahap awal menghitung RWL berdasarkan komponen dalam *Revised NIOSH Lifting Equation.* Adapun rumus RWL sebagai berikut:

$$RWL = LC\ X\ HM\ X\ VM\ X\ DM\ X\ AM\ X\ FM\ X\ CM$$

Keterangan:
LC = (*Lifting Constanta*) konstanta pembebanan = 23 kg = 51 lb
HM = (*Horizontal Multiplier*) faktor pengali horizontal = 25/H
VM = (*Vertical Multiplier*) faktor pengali vertikal = 1-0,003 (V -75)
DM = (*Distance Multiplier*) faktor pengali perpindahan = 0,82+4,5/D
AM = (*Asymmetric Multiplier*) faktor pengali asimentrik = 1-0,0032 A
FM = (*Frequency Multiplier*) faktor pengali frekuensi
CM = (*Coupling Multiplier*) faktor pengali kopling *(handle*)

Setelah diperoleh nilai *RWL*, selanjutnya menghitung *LI* dengan tujuan untuk menentukan tingkat risiko pada aktivitas pengangkatan beban, yaitu untuk menilai beban yang diangkat berada dalam kategori aman atau berpotensi menimbulkan cedera pada tulang belakang. Nilai LI memberikan Gambaran mengenai kesesuaian beban yang diangkat dengan kemampuan aman bagi pekerja. Semakin tinggi nilai LI, maka risiko terjadinya cedera semakin besar, sehingga diperlukan tidnakan perbaikan atau persyaratan beban kerja. Perhitungan LI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LI = \frac{Load}{RWL}$$

Tingkat Risiko

Nilai LI diperoleh dari perbandingan antara berat beban aktual yang diangkat dengan nilai RWL. Hasil perhitungan LI menunjukkan tingkat risiko kerja setiap pekerja. Semakin besar nilai LI, maka tingkat risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal akan besar. Adapun klasifikasi tingkat risiko pengangkatan berdasarkan nilai LI sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai *Lifting Index*

Nilai *Lifting Index*	Tingkat Risiko
1,0	Aman
1,0≤LI≤3,0	Moderat (Perlu Evaluasi)
LI≥3,0	Risiko tinggi, perlu investigasi segera

Hasil dan Pembahasan

Statistik Deskriptif

Karakteristik deskriptif dari subjek penelitian berdasarkan usia, masa kerja, berat badan, dan tinggi badan pekerja. Data karakteristik tersebut digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai kondisi fisik pekerja yang menjadi objek penelitian sebelum dilakukan analisis ergonomi menggunakan metode *Recommended Weight Limit (RWL)* dan *Lifting Index (LI)*. Data tersebut diperlukan karena faktor individu seperti kondisi antropometri dan pengalaman kerja dapat memengaruhi kemampuan dalam melakukan aktivitas pengangkatan beban secara manual.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

No	Usia (Tahun)	Masa Kerja (Tahun)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (cm)
1	34	5	60	160
2	39	3	63	163
3	37	8	59	159
4	34	4	57	161

Tabel 2 menggambarkan karakteristik pekerja yang diamati terdiri dari empat orang buruh bongkar muat dengan rentang usia 34–39 tahun, masa kerja 3–8 tahun, berat badan 57–63 kg, serta tinggi badan 159–163 cm. Variasi karakteristik individu tersebut menunjukkan bahwa setiap pekerja memiliki kondisi fisik dan pengalaman kerja yang berbeda dalam melakukan aktivitas pengangkatan beban. Perbedaan usia, masa kerja, serta antropometri pekerja dapat memengaruhi kemampuan tubuh dalam menerima beban fisik selama aktivitas *manual material handling*.

Hasil menunjukkan bahwa pekerja memiliki pengalaman kerja yang relatif cukup dalam aktivitas bongkar muat, dengan masa kerja antara 3 hingga 8 tahun. Meskipun pengalaman kerja dapat membantu pekerja memahami teknik pemindahan barang, pengalaman tersebut tidak secara langsung menjamin bahwa aktivitas pengangkatan telah memenuhi prinsip ergonomi [12]. Hal ini karena risiko pengangkatan tetap dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti berat beban, posisi tubuh, jarak beban terhadap tubuh, frekuensi pengangkatan, dan kondisi lingkungan kerja. Pada penelitian ini,

karakteristik pekerja selanjutnya digunakan sebagai data pendukung dalam analisis risiko menggunakan metode *Recommended Weight Limit (RWL)* dan *Lifting Index (LI),* sehingga tingkat kesesuaian antara kemampuan pekerja dan beban aktual yang diangkat dapat dinilai secara lebih objektif.

Metode RWL dan LI

Pengamatan posisi kerja dilakukan untuk mengidentifikasi postur tubuh pekerja selama aktivitas pengangkatan dan pemindahan karung pupuk phonska sebagai dasar pengukuran parameter metode RWL. Pengamatan difokuskan pada posisi awal (*origin*), yaitu saat pekerja mengambil dan mengangkat karung pupuk, dan posisi akhir (*destination*), yaitu pekerja meletakkan dan menyusun karung diatas tumpukan. Kedua posisi tersebut diamati untuk memperoleh data mengenai jarak horizontal, ketinggian vertikal, jarak perpindahan, dan sudut asimetris tubuh pekerja untuk perhitungan RWL. Salah satu gambaran posisi pekerja saat melakukan aktivitas pengangkatan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Posisi saat mengambil, mengangkat, dan memindahkan karung pupuk

Gambar 1 menunjukkan posisi pekerja saat mengambil, mengangkat dan memindahkan barang ke titik sebagai dasar untuk perhitungan metode RWL. Adapun hasil pengolahan data pekerja sebagai berikut:

Pekerja 1 Origin

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{50} = 0{,}5$$

$$VM = 1 - 0{,}003|V - 75|$$

$$= 1 - 0{,}003|20 - 75|$$

$$= 1 - 0{,}165 = 0{,}83$$

$$DM = 0{,}82 + \frac{4{,}5}{D}$$

$$= 0{,}82 + \frac{4{,}5}{60} = 0{,}90$$

$$AM = 1 - 0{,}0032\ A$$

$$= 1 - 0{,}0032\ (30^0)$$

$$= 1 - 0{,}096 = 0{,}90$$

$$FM = 0{,}88$$

$$CM = 0{,}95$$

RWL = LC × HM × VM × DM × AM × FM × CM

RWL = 23 × 0,5 × 0,83 × 0,90 × 0,90 × 0,90 × 0,90 =6,34

$$LI = \frac{Berat\ Beban\ Aktual}{RWL}$$

$$LI = \frac{50}{6{,}34} = 7{,}89$$

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Perhitungan RWL dan LI

Pekerja	RWL		LI	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	6,34	12,44	7,89	4,02
2	7,84	12,79	6,38	3,91
3	7,51	9,12	6,66	5,48
4	8,56	9,06	5,84	5,52

Pengukuran dilakukan pada dua posisi pengangkatan, yaitu posisi awal (*origin*) ketika pekerja mengambil dan

mengangkat karung pupuk serta posisi akhir (*destination*) ketika pekerja memindahkan dan menyusun karung pupuk di atas bak mobil truk. Tabel 3 menunjukkan hasil rekapitulasi RWL dan LI dengan nilai *RWL* terendah pada posisi awal diperoleh pekerja 1 sebesar 6,34 kg, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pekerja 4 sebesar 8,56 kg. Pada posisi akhir, nilai RWL tertinggi diperoleh pekerja 2 sebesar 12,79 kg dan nilai terendah diperoleh pekerja 4 sebesar 9,06 kg. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya variasi kondisi pengangkatan pekerja yang dipengaruhi oleh karakteristik postur tubuh, jarak jangkauan, ketinggian pengangkatan, serta faktor-faktor pengali lainnya dalam perhitungan RNLE.

Ditinjau dari nilai LI, hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh pekerja memiliki nilai LI lebih besar dari 1, baik pada posisi awal maupun posisi akhir pengangkatan. Pada posisi awal, nilai LI tertinggi diperoleh pekerja 1 sebesar 7,89, diikuti pekerja 3 sebesar 6,66, pekerja 2 sebesar 6,38, dan pekerja 4 sebesar 5,84. Sementara itu, pada posisi akhir, nilai LI tertinggi diperoleh pekerja 4 sebesar 5,52, diikuti pekerja 3 sebesar 5,48, pekerja 1 sebesar 4,02, dan pekerja 2 sebesar 3,91. Berdasarkan hasil tersebut, pekerja 1 menunjukkan nilai indeks pengangkatan tertinggi pada posisi awal, sedangkan pekerja 4 menunjukkan nilai tertinggi pada posisi akhir. Tingginya nilai LI tersebut menunjukkan bahwa berat beban aktual yang digunakan dalam perhitungan jauh melampaui batas beban yang direkomendasikan berdasarkan kondisi pengangkatan. Menurut [12], LI merupakan indikator untuk menggambarkan tingkat paparan fisik dalam aktivitas pengangkatan manual dan memiliki hubungan dengan peningkatan risiko gangguan pada punggung bawah. NIOSH juga merekomendasikan agar nilai LI berada pada atau di bawah 1,0 sebagai acuan pengendalian risiko aktivitas pengangkatan manual.

Perbedaan nilai RWL antara posisi awal dan posisi akhir menunjukkan bahwa karakteristik postur dan kondisi pengangkatan memberikan pengaruh terhadap besarnya beban yang direkomendasikan. Nilai RWL yang lebih rendah pada posisi awal mengindikasikan bahwa aktivitas pengambilan karung pupuk memiliki kondisi pengangkatan yang relatif lebih membatasi dibandingkan aktivitas peletakan karung pada posisi akhir. Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan posisi tangan yang lebih rendah, jarak horizontal beban terhadap tubuh, serta postur membungkuk ketika pekerja mengambil karung pupuk dari tumpukan. Sebaliknya, nilai RWL yang lebih tinggi pada posisi akhir menunjukkan bahwa kombinasi faktor pengali pada posisi tersebut menghasilkan batas beban yang direkomendasikan lebih besar. Hal ini sejalan dengan penelitian [13] menunjukkan bahwa faktor pengali asimetris memiliki peranan dalam menentukan kapasitas pengangkatan beban. Namun, peningkatan nilai RWL pada posisi akhir tidak serta-merta menunjukkan bahwa aktivitas tersebut telah aman dilakukan karena seluruh nilai LI masih melebihi 1. Hasil ini sejalan dengan penelitian [14] yang mengevaluasi aktivitas pekerja pemindahan material dalam bentuk karung dan dilakukan secara berulang. [15] menjelaskan bahwa RNLE memperhitungkan sejumlah faktor pengali yang berkaitan dengan karakteristik pengangkatan, seperti jarak horizontal, ketinggian vertikal, jarak perpindahan, sudut asimetris, frekuensi pengangkatan, dan kualitas pegangan. Kombinasi faktor-faktor tersebut menentukan nilai RWL yang selanjutnya digunakan untuk menghitung LI. Oleh karena itu, penilaian risiko ergonomi tidak cukup hanya didasarkan pada berat beban yang diangkat, tetapi juga harus mempertimbangkan kondisi aktual pekerja ketika melakukan pengangkatan dan pemindahan beban.

Tingginya nilai LI pada seluruh pekerja juga perlu dikaitkan dengan karakteristik pekerjaan bongkar muat pupuk Phonska yang menggunakan karung dengan berat 50 kg dan dilakukan secara berulang hingga mencapai total muatan 20 ton. Aktivitas tersebut mengharuskan pekerja melakukan pengambilan, pengangkatan, pemindahan, dan penyusunan karung pupuk di atas bak mobil truk dengan kondisi permukaan tumpukan yang tidak selalu rata. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan tuntutan fisik, terutama ketika pekerja harus membungkukkan tubuh, menjangkau beban, serta mempertahankan keseimbangan selama

proses pemindahan [16], [17], [18], [19]. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan ergonomi melalui penggunaan alat bantu pemindahan, pengaturan metode pengangkatan dan penyusunan karung, perbaikan kondisi pijakan kerja, serta pengaturan frekuensi dan waktu istirahat pekerja. Upaya tersebut diharapkan dapat mengurangi tuntutan fisik dan meminimalkan potensi gangguan muskuloskeletal akibat aktivitas bongkar muat yang dilakukan secara berulang.

Uji Wilcoxon

Pengujian statistik menggunakan uji *Wilcoxon Signed Rank Test* untuk mengetahui perbedaan nilai *Lifting Index* (LI) antara posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) pada aktivitas pengangkatan beban. Pengujian ini dilakukan karena data nilai LI pada kedua kondisi pengangkatan dibandingkan untuk melihat apakah perubahan posisi kerja memberikan pengaruh terhadap tingkat risiko ergonomi pekerja. Hasil uji *Wilcoxon* digunakan sebagai dasar dalam menentukan ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai LI sebelum dan sesudah perpindahan beban [20].

Tabel 6. Uji *Wilcoxon*

	LI Akhir-LI Awal
Z	-1,826
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,068

Hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* pada perbandingan nilai *Lifting Index (LI)* antara posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) pengangkatan, diperoleh nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,068 dengan nilai Z sebesar -1,826. Nilai signifikansi tersebut lebih besar dibandingkan tingkat signifikansi 0,05, sehingga menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai LI sebelum dan sesudah pengangkatan. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan posisi pengangkatan dari titik awal ke titik akhir belum memberikan perubahan risiko ergonomi yang signifikan bagi pekerja. Meskipun terdapat perbedaan nilai LI pada masing-masing posisi, seluruh pekerja tetap menunjukkan nilai LI di atas batas aman, sehingga aktivitas pengangkatan masih termasuk dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan ergonomi. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa faktor utama yang memengaruhi tingginya risiko bukan hanya perubahan posisi kerja, tetapi juga berat beban aktual sebesar 50 kg yang melebihi nilai *RWL* pada seluruh pekerja.

Simpulan

Aktivitas pengangkatan beban pada empat buruh bongkar muat di Pelabuhan Soekarno-Hatta menunjukkan tingkat risiko ergonomic tinggi. Seluruh pekerja mengangkat beban aktual sebesar 50 kg, sedangkan nilai *RWL* yang diperoleh berada jauh di bawah berat beban tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban yang diangkat oleh pekerja tidak sesuai dengan batas berat angkat yang direkomendasikan secara ergonomis. Nilai *LI* pada seluruh pekerja juga berada di atas angka 3, sehingga aktivitas pengangkatan termasuk dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan segera.

Perbandingan antarpekerja menunjukkan bahwa pekerja 1 memiliki risiko tertinggi pada posisi awal dengan nilai *LI* sebesar 7,89. Nilai tersebut terjadi karena pekerja 1 melakukan pengangkatan dengan posisi tubuh yang kurang ergonomis, terutama saat mengambil beban. Pekerja 3 memiliki nilai *LI* posisi awal sebesar 6,66, pekerja 2 memiliki nilai LI sebesar 6,38, dan pekerja 4 memiliki nilai LI sebesar 5,84. Pada posisi akhir, pekerja 4 menunjukkan nilai LI tertinggi sebesar 5,52, kemudian pekerja 3 sebesar 5,48, pekerja 1 sebesar 4,48, dan pekerja 2 sebesar 3,93. Perbandingan ini menunjukkan bahwa pekerja 1 paling berisiko pada tahap awal pengangkatan, sedangkan pekerja 4 dan pekerja 3 masih memiliki risiko tinggi pada tahap akhir pengangkatan.

Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa aktivitas pengangkatan manual pada keempat pekerja belum memenuhi prinsip kerja ergonomis. Beban aktual sebesar 50 kg terlalu berat apabila dibandingkan dengan nilai *RWL* masing-masing pekerja. Perbedaan nilai *LI* antarpekerja dipengaruhi oleh jarak horizontal beban, tinggi posisi beban, jarak

perpindahan, sudut tubuh, frekuensi pengangkatan, dan kualitas pegangan. Oleh karena itu, pihak pelabuhan perlu melakukan perbaikan kerja melalui pengurangan berat beban, penggunaan alat bantu angkat, pengaturan teknik pengangkatan, pembagian beban kerja, serta pelatihan ergonomi bagi buruh bongkar muat agar risiko gangguan muskuloskeletal dapat dikurangi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan observasi serta pengambilan data di area bongkar muat. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada buruh bongkar muat yang telah bersedia menjadi subjek penelitian dan membantu proses pengukuran di lapangan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

[1] M. F. Munthe, T. Tranggono, and R. N. Sari, "Integrated LUBA and OWAS Assessment Identifies High-Risk Warehouse Picking Postures: Penilaian Terpadu LUBA dan OWAS Mengidentifikasi Postur Pengambilan Barang di Gudang yang Berisiko Tinggi," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 27, no. 4, pp. 10–21070, 2026.

[2] V. Giranza, T. N. Utami, M. Nanda, R. Hasibuan, and H. Peralihan, "Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kelelahan Kerja Pada Pekerja Bongkar Muat Barang," *J. Penelit. dan Kaji. Ilm. Kesehat. Politek. Medica Farma Husada Mataram*, vol. 11, no. 2, pp. 49–57, 2025.

[3] A. W. L. Latief and E. Husaimah, "Faktor yang mempengaruhi kelelahan kerja pada tenaga kerja bongkar muat di Koperasi Jasa Tenaga Kerja Bongkar Muat Pelabuhan Makassar," *J. Ilm. OHSE (Occupational Heal. Saf. Environ. Media*, vol. 7, no. 2, pp. 37–45, 2023.

[4] D. Pramestari, "Analisis postur tubuh pekerja menggunakan metode ovako work posture analysis system (owas)," *IKRA-ITH Teknol. J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 22–29, 2017.

[5] G. R. Crizol *et al.*, "Work-related musculoskeletal disorders in dockworkers. Systematic review and meta-analysis," *Work*, vol. 79, no. 2, pp. 585–600, 2024.

[6] S. T. Yang, M. H. Park, and B. Y. Jeong, "Types of manual materials handling (MMH) and occupational incidents and musculoskeletal disorders (MSDs) in motor vehicle parts manufacturing (MVPM) industry," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 77, p. 102954, 2020.

[7] L. A. S. Robinson, "Biomechanical workload during manual lifting: A case study on seaport stevedores in Colombia," *Rev. UIS Ing.*, vol. 18, no. 4, pp. 71–80, 2019.

[8] R. Ahmadi, M. Mohseni, and N. Arjmand, "AI-based human whole-body posture-prediction in continuous load reaching/leaving activities," *J. Biomech.*, vol. 185, p. 112681, 2025.

[9] L. Donisi, G. Cesarelli, A. Coccia, M. Panigazzi, E. M. Capodaglio, and G. D'Addio, "Work-related risk assessment according to the revised NIOSH lifting equation: A preliminary study using a wearable inertial sensor and machine learning," *Sensors*, vol. 21, no. 8, p. 2593, 2021.

[10] S. Leggieri, V. Fanti, D. G. Caldwell, and C. Di Natali, "Online ergonomic evaluation in realistic manual material handling task: Proof of concept," *Bioengineering*, vol. 11, no. 1, p. 14, 2023.

[11] Q.-Y. Chen, H.-C. Liu, J.-H. Wang, and H. Shi, "New model for occupational health and safety risk assessment based on Fermatean fuzzy linguistic sets and CoCoSo approach," *Appl. Soft Comput.*, vol. 126, p. 109262, 2022.

[12] R. R. Fox, M.-L. Lu, E. Occhipinti, and M. Jaeger, "Understanding outcome metrics of the revised NIOSH lifting equation," *Appl. Ergon.*, vol. 81, p. 102897, 2019.

[13] M. Kurnianingtias, "Pengaruh Faktor Pengali Asimetri Terhadap Kapasitas

Beban Angkat Perempuan Indonesia," *J. Teknosains*, vol. 13, no. 1, p. 18, 2023.

[14] D. Fitriani, N. Amanda, N. M. Dewantari, A. S. Mariawati, L. Herlina, and A. Umyati, "Measurement of Physical Workload Using the NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) Method for Rice Transport Activities at Kranggot Market-Cilegon," *J. Syst. Eng. Manag.*, vol. 3, no. 2, pp. 79–84, 2024.

[15] S. Ahmad and M. Muzammil, "Revised NIOSH lifting equation: a critical evaluation," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 29, no. 1, pp. 358–365, 2023.

[16] Septiani, N., Imron, M., & Purwangka, F. (2022). Postur Kerja pada Aktivitas Bongkar Ikan Tuna di Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, *13*(2), 121-143..

[17] Putri, M., Masitoh, D., Hasbiah, N., & Leksonowaty, S. S. (2025). Kajian Terhadap Berat Dan Posisi Angkat Beban Sebagai Faktor Pemicu Neck Pain Pada Buruh Angkut Di Pelabuhan Soekarno–Hatta Makassar: A Survey of the Weight and Position of Lifting Weights as a Triggering Factor for Neck Pain in Transport Workers at the Port of Soekarno-Hatta Makassar. *Media Fisioterapi Politeknik Kesehatan Makassar*, *17*(2), 1-8..

[18] Liu, C., Zhang, D., Si, W., Li, Z., Jiang, S., Yin, L., & Ren, Z. (2026). Work-related movement and lumbar spine direction: a systematic review of lifting, posture, and pain risk. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, *39*(4), 348.

[19] Carnegie, D. R., Hirsch, S. M., Howarth, S. J., & Beach, T. A. (2024). Can we enable individuals to reach further down without rounding their backs before beginning a lift? Examining the influence of starting foot and trunk position on reach depth. *Ergonomics*, *67*(8), 1097-1107.

[20] Maane, M. S., Heltty, H., & Saparina, T. (2026). Pengaruh Edukasi Proper Body Mechanics terhadap Tingkat Nyeri Punggung Bawah pada Tenaga Kerja Bongkar Muat. *Jurnal Riset Keperawatan dan Kesehatan*, *3*(3), 129-136.