

ISSN : 1412-3525

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SURABAYA



7th
NATIONAL
INDUSTRIAL
ENGINEERING
CONFERENCE
2 0 1 3



UBAYA
UNIVERSITAS SURABAYA



BSN **mastan**
Masyarakat Standardisasi Indonesia

PROCEEDING

**"Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World:
Enhancing Innovation & Sustainability Through Standards "**



KATA PENGANTAR

Selamat berjumpa kembali di *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*. Kegiatan ilmiah rutin dua tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, tahun ini bertemakan: *Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World: Enhancing Innovation & Sustainability through Standards*.

Dalam menghadapi era perdagangan bebas dan globalisasi, inovasi menjadi salah satu kunci keberhasilan organisasi/perusahaan/industri di dalam meningkatkan daya saing, melalui berbagai terobosan inovasi produk, proses maupun strategi. Di samping itu, organisasi/perusahaan/industri perlu mengembangkan suatu upaya dan strategi penerapan Standar dalam meningkatkan inovasi dan keberlanjutan organisasi/perusahaan/industri. Dalam rangka menyebarkan informasi dan hasil-hasil kajian terkait peranan keberadaan Standar terhadap peningkatan inovasi dan keberlanjutan suatu organisasi, maka *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013* membahas *Enhancing Innovation & Sustainability through Standards* sebagai tema utama.

Seminar nasional ini menyajikan 62 makalah terpilih yang berasal dari partisipasi para peneliti, akademisi dan praktisi dari institusi pendidikan, industri dan pemerintah. Topik makalah yang dibahas meliputi rumpun ilmu: desain dan ergonomi, sistem manufaktur, rekayasa dan manajemen kualitas, *performance measurement*, *logistics and supply chain management* dan *technopreneurship*.

Kiranya melalui Seminar nasional ini, para peserta memperoleh kesempatan meningkatkan wawasan, membangun kerja sama antar para akademisi, praktisi industri dan pemerintah, serta menginspirasi berkembangnya ide-ide kreatif dan inovatif bagi kemajuan dan kesejahteraan bersama.

Terima kasih atas segala usaha dan partisipasi seluruh pihak yang telah mendukung penyelenggaraan *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*.

Surabaya, 10 Oktober 2013

Editor



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Evaluasi dan Pemetaan Safety Behavior Pekerja di Industri Manufaktur (Studi kasus : Industri Cat di Surabaya)	1
Linda Herawati Gunawan	
Evaluasi Desain Antar Muka (<i>Interface</i>) dengan Menggunakan Pendekatan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus Portal Mahasiswa Universitas X)	8
Dino Caesaron, Andrian dan Cyndy Chandra	
Model Simulasi Alternatif Penambahan Mesin Pengolah Serat Non-Kayu untuk Meningkatkan Produksi Kertas: Studi Kasus	15
Levinia Dian Laraswati, Yuniaristanto dan Wahyudi Sutopo	
Analisis Penguasaan Teknologi Pada Perusahaan Sepatu dengan Pendekatan Metoda Teknometrik	22
Agus Riyanto	
Model Alokasi dan Penugasan Pada Produksi Semen dengan Mempertimbangkan Biaya Distribusi dan Pemenuhan Pasar: Studi Kasus	28
Rina Wiji Astuti, Muh. Hisjam dan Wahyudi Sutopo	
Strategi Pemilihan Material dalam Desain Low Cost Anthropomorphic Prosthetic Hand	35
Fitri Purnamasari, Ilham Priadythama dan Susy Susmartini	
Integrasi <i>Kansei Engineering</i> dan <i>Customer Relationship Management</i> untuk Meningkatkan Kepuasan dan Loyalitas Konsumen Rumah Makan Kelas Menengah Atas di Surabaya	42
Andrew Octavianus Winardi, Markus Hartono dan Rosita Meitha Surjani	
Identifikasi Permasalahan Proses Bisnis Pengolahan Bahan Baku Obat Tradisional Klaster Biofarmaka Karanganyar dengan Metode <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	48
Fakhrina Fahma, Retno Wulan Damayanti dan Esti Koco Susilowati	
Model Perencanaan Rantai Pasok untuk <i>Consumer Goods</i> di PT. XYZ	55
Cynthia Ayuningtyas, Yuniaristanto dan Wakhid Ahmad Jauhari	



Aplikasi NIOSH <i>Lifting Equation</i> pada Simulasi <i>Manual Lifting Task</i> Air Minum Kemasan Galon	62
Aloysius Sujarwadi	
Kajian Model Kualitas Layanan, Kepuasan Pelanggan, dan Loyalitas Pelanggan dengan Aplikasi <i>Structural Equation Modeling</i> serta Upaya Peningkatan Kualitas Layanan di Fitness Centre	69
Yenny Sari, Rosita Meitha Surjani, dan Rita Tang	
Usulan Penjadwalan untuk Minimasi <i>Lateness</i> di Industri <i>Make-to-Order</i> (Studi Kasus pada PT X)	77
Istiadi Prasetio dan Anas Ma'ruf	
Analisis Potensi Utilisasi Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kota Metropolitan: Suatu Pendekatan Model Berbasis Sistem Dinamik (<i>Study Kasus: TPA Kota Surabaya</i>)	84
Bing An, Lusi Mei Cahya W, dan Ahmad Fatih Fudhla	
Integrasi <i>Grey Relational Analysis</i> dan <i>Steepest Ascent</i> untuk Eksperimen Taguchi dalam Kasus Multirespon	91
Rahman Dwi Wahyudi	
Evaluasi dan Perancangan Kursi Kuliah dan Tata Letak Fasilitas Ruang Kuliah yang Ergonomis	98
Silviani dan Johanna Renny Octavia Hariandja	
Perancangan Klasifikasi Pelanggan sebagai Dasar bagi Pengembangan <i>Customer Relationship Management</i> di PT 'X' Pasuruan	106
Esti Dwi Rinawiyanti	
Perbaikan Sistem Produksi Menggunakan <i>Methods-Time Measurement</i> dan Pengukuran <i>Learning Curve</i> di PT. Catur Pilar Sejahtera	113
Donna Donny Natalio Santoso, Markus Hartono dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Tata Letak Gudang Tepung Terigu di PT. X, Sidoarjo	121
Jane Thirza Kwenusland, Indri Hapsari dan Jerry Agus Arlianto	
Model Penjadwalan Tenaga Kerja untuk Perawatan Pesawat Terbang <i>Line Maintenance</i>	130
Geby Amanda Putri dan Anas Ma'ruf	
Usulan Metode Perhitungan Peramalan Nilai Eskalasi Biaya PT Dirgantara Indonesia Menggunakan Model Peramalan Struktural dan Model ARIMA	137
Emil Zola Farkhan dan Rachmawati Wangsaputra	



Perancangan Sistem Pemeriksaan Kondisi Klem Sambungan Transformator 150/20 KV untuk Implementasi <i>Condition Based Maintenance</i> dengan <i>Graphical User Interface</i>	143
Prasidhi Artono dan Rachmawati Wangsaputra	
Identifikasi Variabel Cost Driver dalam Model Perhitungan Biaya Desain Assembly menggunakan Perangkat Lunak CAD	152
M Qomarul Huda dan Anas Ma'ruf	
Perancangan Alternatif Desain Tata Letak Hanggar 4 pada PT X dengan Pendekatan <i>Robust Layout</i>	159
Shafa Atrining Probosari dan Anas Ma'ruf	
Peningkatan Performansi Sistem Produksi Melalui Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Pendekatan Sistem <i>Hybrid Cellular Manufacturing</i>	166
Citra Astari dan Rachmawati Wangsaputra	
Perancangan Proses Produksi Tarik pada Departemen Produksi <i>Pipe Frame Head</i> PT Sinar Terang Logamjaya	174
Enggar Yuwandani dan Rachmawati Wangsaputra	
Usulan Model Penjadwalan <i>Job-shop</i> dengan Fleksibilitas <i>Routing</i> untuk Meminimasi <i>Makespan</i> dan Meningkatkan Nilai <i>Leanness</i> di PT Sinar Terang Logamjaya	183
Zafira Putrid dan Rachmawati Wangsaputra	
Studi dan Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Minat Berwirausaha di Kalangan Mahasiswa: Kerangka Teoritis dan Model Konseptual Awal	190
Esti Dwi Rinawiyanti dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Model Pengukuran Tingkat Kesiapan Technoware dan Humanware Laboratorium dalam Memenuhi Persyaratan SNI ISO/IEC 17025	197
Saeful Islam dan Dradjad Irianto	
Usulan Perbaikan Utilitas Mesin Produksi Di PT X	207
I Wayan Sukania dan Marcella	
Simulasi Desain Hasil Usulan Perancangan Konsep Kontainer Plastik Pada Perusahaan Ritel Menggunakan <i>Finite-Element Analysis Method</i> Dan <i>Motion Study</i> Pada <i>Software Solidworks 2012</i>	213
Althofulkarim Zahid	
Rancangan Perbaikan <i>Stopkontak</i> Melalui Pendekatan Metode DFMA dengan Integrasi TRIZ pada PT. XYZ	229
Rosnani Ginting dan Yogi Khairi Hasibuan	



Identifikasi Faktor Resiko Dalam Mengantisipasi Kecelakaan Kerja	236
Niluh Putu Hariastuti	
Peningkatan Kualitas Pasir Cetak Hitam dengan Metode <i>Split Plot Design</i>	245
Debora Anne Yang Aysia	
The Indonesian Anthropometry Revisited: An Empirical Study Involving University Students	252
Markus Hartono	
Perancangan Sistem Estimasi Biaya Menggunakan Metode <i>Activity-Based Costing</i> untuk Produk <i>Progressive Dies</i> (Studi Kasus PT X)	258
Indah Irdianti Rochandhi dan Anas Ma'ruf	
Pemetaan dan Penguatan Potensi Wisata Kuliner di Yogyakarta	265
Dewi Hajar, Anas Hidayat dan Agus Mansur	
Optimasi Biaya Distribusi Beras Dengan Menggunakan Metode Linear Programming (Studi Kasus Perum Sub Divisi Regional I Bandung)	273
Yani Iriani dan Ketut Adi Sudarma	
Usulan Alat Bantu untuk Meminimasi Pemborosan Pada Proses Produksi Kantong Semen Padang	280
Yesmizarti Muchtiar, Aidil Ikhsan dan Ivan Fadli	
Model Konseptual Implementasi Lean Manufacturing antara <i>Operational</i> dan <i>Dynamic Capability</i> Perusahaan	287
Didit Damur Rochman, Hana Suryana dan Agus Rahayu	
Perancangan Tata Letak Pabrik dengan Menggunakan <i>Virtual Cellular Manufacturing System</i> (Studi kasus PT X)	294
Bernard Muljadi dan Anas Ma'ruf	
Perbaikan Proses Perakitan Produk Di PT. Almendo	303
Iis kartika	
Penentuan Pola Data Pembangkit <i>Fuzzy Failure Mode Effect Analysis</i> Dalam Rangka Perbaikan Kualitas Proses Perakitan <i>Transfer Case</i> (Studi Kasus:PT X)	309
Johnson Saragih, Dedy Sugiarto dan Rina Fitriana	
Simulasi Pemodelan Segmented Autoregressive Untuk Peramalan Data Interrupted Time Series	316
M. Arbi Hadiyat	



Pengaruh Aktivitas Kolaborasi terhadap Manajemen dan Daya Kolaborasi antar-UKM di Sentra Batik Studi Kasus di Sentra Batik Pesindon	323
Amalia dan Iwan Inrawan Wiraatmadja	
Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) pada Sistem Pemeliharaan Transformator	330
Iveline Anne Marie, Docki Saraswati, Sumiharni Batubara dan Amal Witonohadi	
Peningkatan Performansi Perencanaan Produksi Operasional <i>Pipe Frame Head</i> Melalui Model <i>Update Kapasitas Heuristik Berbasis Mixed Strategy</i>	338
Devy Nurmalia Sari dan Rachmawati Wangsaputra	
Ekstrapolasi Tren Substitusi Teknologi antara Teknologi MILC dan DSLR	345
Faisal Adiprabowo Widyanto dan Iwan Inrawan Wiratmadja	
Penyusunan Rencana Pengembangan Energi Terbarukan Indonesia dengan Metode <i>Logical Framework Approach</i>	352
Rahmadani Dian Pratiwi dan Tota Simatupang	
Studi dan Analisis Kelayakan Finansial Alternatif Peluang Usaha Industri Daur Ulang Plastik	360
Ferdy Kosashi, Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Penerapan Sistem Pakar dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) pada CV. Ari	367
Rina Fitriana, Johnson Saragih dan Andrew Kurnia Setiawan	
Sistem Pemadam Kebakaran Kendaraan Berpenumpang	374
Yuwono B Pratiknyo, Amelia Santoso, Hudiyo F, Sunardi Tjandra, Yon H dan Susila Candra	
Pengembangan Model Optimasi <i>Multi objective</i> untuk VRPTW dengan Kebijakan Sistem Persediaan (s,S)	381
Dina Natalia Prayogo	
Pembuatan Alat Bantu Simulasi Dalam Rangka Perancangan <i>Reconfigurable Manufacturing System</i> Di Industri Manufaktur	389
Inaki Maulida Hakim dan Ilham Winoto	
Rantai Nilai Inovasi Terpadu: Sebuah model konseptual dan hipotesa awal	396
Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Pengendalian Potensi Bahaya Berdasarkan Pendekatan <i>Participatory Ergonomics</i> dalam Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja (Studi Kasus di PT.Grandtex)	404
Paulus Sukapto, Harjoto Djojosebroto dan Zuelfandy	



Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dalam Mengidentifikasi Dan Meminimasi Waste Produk Granit Di Divisi Produksi Pada PT. Impero Granito Utama	414
Muhammad Kholil dan Kukuh Wilujeng	
Modifikasi Waktu Standard Pelayanan Untuk Meminimumkan Jumlah Antrian (Studi Kasus : Gerbang Tol Ancol Barat)	427
Hendy Tannady, Riyan dan Wahyu Eka	
Rancangan Pengembangan Sistem Informasi Distribusi Obat Untuk Pasien Rawat Inap Berbasis <i>Integrated System</i> (Studi Kasus Rumah Sakit XYZ)	434
Septy Waldania Lestari dan Erlangga Fausa	
Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> Sax Keypost Dengan <i>Mixed Integer Programming</i>	442
Nina Maratus Sholikhah, Ilyas Masudin dan Dana Marsetya Utama	
Evaluasi Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pengukuran Kinerja dengan Menggunakan <i>Technology Acceptance Model</i>	449
Syarifa Hanoum, Chandra Budiman dan Effi Latiffianti	
Perancangan Konten E-Learning Software Solidcam Sebagai Alat Bantu Ajar Proses Manufaktur Untuk Mahasiswa Teknik Industri IT Telkom Menggunakan Model Addie Tahap Analisis Dan Desain	456
M Rizki Hadyan F	
Membangun Aplikasi <i>E-Learning</i> Software Solidcam Untuk Mahasiswa Teknik Industri Ittelkom Dengan Menggunakan Metode <i>Addie Instructional Design Model</i>	472
Asep Berna Saefullah, Rino Andias Anugraha dan M. Nashir Ardiansyah.	



Aplikasi NIOSH *Lifting Equation* pada Simulasi *Manual Lifting Task* Air Minum Kemasan Galon

Aloysius Sujarwadi
Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
Raya Kali Rungkut, Surabaya 60293, Indonesia
Email: aloy@staff.ubaya.ac.id

Abstrak

Repetitive manual lifting task air minum kemasan galon beresiko menyebabkan Low Back Pain (LBP). Apabila aktifitas lifting tersebut tidak dilakukan dengan posisi yang tepat dan benar, maka dapat menyebabkan terjadinya LBP. Kejadian LBP ini sering dialami oleh worker pengangkut dari perusahaan "AA". Worker pengangkut adalah worker yang bertugas memindahkan galon dari palet satu ke palet yang lain. "AA" adalah agen penjual air minum kemasan galon di Surabaya yang memiliki 3 worker pengangkut. Saat ini ketidakproduktifan kerja seperti ketidakhadiran kerja dari worker tersebut merupakan masalah utama yang dialami "AA". Melalui aplikasi NIOSH lifting equation ini maka dapat diketahui dan dijabarkan dengan detail bahwa perbedaan lifting habit adalah faktor pemicu LBP worker "AA". Berdasarkan hasil simulasi NIOSH lifting equation dari ketiga worker tersebut menunjukkan bahwa nilai Lifting Index (LI) worker 1 (3,94), worker 2 (2,79) dan worker 3 (1,82). Dimana $LI > 1$ artinya beresiko menyebabkan LBP. Jadi jelas terbukti bahwa dengan mengaplikasikan NIOSH lifting equation maka dapat diketahui metode manual lifting task worker 3 ($LI = 1,82$) adalah cara lifting yang tepat dan benar untuk dijadikan standard kerja guna mengurangi kejadian LBP di perusahaan "AA".

Kata kunci: repetitive manual lifting task, galon, low back pain, NIOSH lifting equation

Abstract

Repetitive manual lifting task in mineral water gallon pack company have a risk that can caused Low Back Pain (LBP). Further more, if it done with incorrect lifting method. The LBP often happens to the lifting worker at "AA" Company. The lifting worker is a worker whose duty is lifting and moving the gallon pack from one pallet to another. "AA" Company is an agent who sell mineral water gallon pack at Surabaya, that have 3 lifting workers. An unproductivity problem, such as the absence of the lifting worker is the main problem in "AA" Company. Trough this application, called "NIOSH lifting equation" can be seen and directly explained that the difference of lifting habit is a main factor that caused LBP to the lifting worker at "AA" Company. Based on the "NIOSH lifting equation" simulation of these three lifting workers, showed these Lifting Index (LI) value: worker 1 (3,94), worker 2 (2,79) and worker 3 (1,82). Which is $LI > 1$, means a potential value that caused LBP. So it is clearly proved that by applying NIOSH lifting equation, can show that manual lifting task worker 3 ($LI = 1,82$) is the best method so far, so that can be used as work standard in repetitive manual lifting task to reduce LBP case at "AA" Company.

Keywords: repetitive manual lifting task, gallons, low back pain, NIOSH lifting equation



1. Pendahuluan

Manual lifting task adalah aktifitas kerja *manual* mengangkat objek/benda, yang memiliki spesifikasi ukuran dimensi dan massa, untuk dipindahkan ke arah *vertical* dengan cara menggenggam menggunakan kedua tangan [1]. Apabila aktifitas ini tidak dilakukan secara *hygiene/ergonomics* maka dapat menimbulkan keluhan muskuloskeletal pada subjek pelakunya [2]. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian otot skeletal manusia, dimana apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu lama maka dapat menyebabkan sakit hingga cedera pada sendi, ligamen dan tendon [3]. Jika keluhan muskuloskeletal ini berada pada titik tahapan cedera, khususnya dialami pekerja/*worker*, maka dipastikan produktivitas kerja dari *worker* tersebut akan menurun [3]. Salah satu contoh bentuk penurunan produktivitas tersebut, yang umumnya terjadi, adalah ketidakhadiran kerja dari *worker* sehingga *worker* tidak menghasilkan *output* bagi perusahaan. Tidak hanya membebani perusahaan dari sudut pandang *output* produktivitasnya saja, *claim* biaya pengobatan *worker* tersebut juga turut membebani perusahaan pula. *Low Back Pain* (LBP) adalah kejadian cedera muskuloskeletal yang sering terjadi pada *worker* [2] dan ini merupakan kejadian yang terkategori sebagai kejadian khusus dengan *claim* biaya pengobatan terbanyak menurut The National Safety Council (1990) [4] dan The Fourth European Working Conditions Surveys (2005) [5]. Jadi dilakukannya proses evaluasi aktivitas kerja *worker*, guna mewujudkan aktivitas kerja yang *hygiene/ergonomics* khususnya didalam bentuk simulasi *manual lifting task*, menjadikan prioritas yang wajib dilakukan perusahaan saat ini untuk mengurangi dan mencegah terjadinya kasus LBP.

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) adalah lembaga riset yang mendalami masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika. NIOSH *lifting equation* adalah metode praktis yang diperkenalkan dan dikembangkan NIOSH sebagai alat evaluasi aktivitas *manual lifting task* menurut kajian dasar *biomechanical* (kemampuan tubuh menerima tekanan), *physiological* (penggunaan energi pada tubuh) dan *psychophysical* (kemampuan tubuh mengangkat beban) [1]. Persamaan ini mampu mengukur dan memberikan solusi praktis mengenai aktivitas *manual lifting* yang *hygiene/ergonomics* untuk mengurangi beban stress fisik tubuh sebagai *trigger* dari LBP [6]. Meskipun persamaan ini bukanlah alat yang sepenuhnya valid didalam menyelesaikan permasalahan LBP, persamaan ini mampu merekomendasikan batas *index* beban *lifting* yang dapat diangkat oleh manusia (*Recommended Weighting Limit – RWL* dan *Lifting Index – LI*) [4]. Dibandingkan dengan metode lain, persamaan ini adalah satu-satunya persamaan yang mengkaji variabel dimensi dan massa menurut jarak horisontal vertikal, derajat asimetrik, frekuensi hingga waktu dari *lifting task* itu sendiri yang nantinya digunakan sebagai pedoman perbaikan dari desain *lifting* tersebut [7]. Kelebihan persamaan inilah yang nantinya tepat mendasari penggunaannya didalam evaluasi, bentuk simulasi, studi kasus *manual lifting task* yaitu simulasi *manual lifting* air minum kemasan galon.

Produk air minum dalam kemasan adalah produk yang lazim dikenal masyarakat Indonesia dan kehadirannya sudah berkontribusi sebagai kebutuhan primer. Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia saat ini berbanding lurus dengan jumlah konsumsi air minum dalam kemasan ini, khususnya air minum dalam kemasan galon. Berdirinya agen-agen penjual air minum kemasan galon, khususnya di Surabaya, sudah menjamur dimana-mana. “AA” adalah salah satu agen di Surabaya yang menjual air minum kemasan ini. Alur proses kegiatan agen “AA” meliputi awal pembelian dari pabrik/*principal* hingga mendistribusikannya kepada *end user*. Saat ini “AA” memiliki tiga *worker* pengangkut, lima *driver* pengantar dan satu admin. Berdasarkan hasil *interview*, masalah absensi kerja adalah masalah yang sering dikeluhkan



pihak owner “AA”. Absen kerja paling banyak dilakukan oleh *worker* pengangkut dibandingkan dengan *worker* yang lain. Setidaknya sering terdapat satu hari dalam siklus mingguan dari ketiga *worker* tersebut mengambil absen bekerja. Menurut hasil *interview* awal telah diketahui bahwa indikasi masalah LBP adalah satu dari informasi yang menjelaskan sebab ketidakhadiran kerja dari *worker* pengangkut. Dua dari ketiga *worker* tersebut mengeluh sering mengalami masalah LBP dan satu *worker* menyatakan jarang mengalami LBP. Tetapi diketahui bahwa *trend* jumlah absen tidaklah sama diantara ketiga *worker* tersebut. Perbedaan informasi/gap inilah yang mendasari penggunaan aplikasi NIOSH *lifting equation* didalam mensimulasikan cara kerja dari ketiga *worker* tersebut untuk mengetahui apakah hasil evaluasi menunjukkan terdapat perbedaan cara *manual lifting* dari ketiga *worker* terhadap pengaruhnya pada keluhan LBP mereka.

2. Studi literatur

Terdapat dua model NIOSH *lifting equation*, yaitu *single task* dan *multiple task* [4]. Perbedaan mendasar dari kedua bentuk persamaan tersebut adalah kompleksitas dari objek penelitian yang akan dievaluasi. Apabila objek dari *lifting task* berjumlah satu jenis dan hanya terbagi satu lokasi tujuan pemindahan dengan frekuensi serta rata waktu pemindahan yang sama, maka NIOSH *lifting equation single task* adalah metode yang tepat digunakan. Untuk *lifting task* yang lebih kompleks, bervariasinya jumlah objek hingga rata waktu pemindahannya, maka konsep *multiple task* adalah metode yang tepat diaplikasikan. Nantinya simulasi *lifting task* air kemasan galon ini menggunakan konsep *single task* sebab objek yang diteliti dibatasi satu jenis air kemasan galon, sesuai proporsional aktivitas terbanyak dari *worker* pengangkut, dengan variabel destinasi *lifting* adalah sama untuk setiap *worker*.

Recommended Weight Limit (RWL) merupakan rekomendasi batas beban NIOSH *lifting* yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara *repetitive* dan dalam jangka waktu yang cukup lama [1] [2] [4] [8].

Rumus:
$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times C \quad (1)$$

Dimana (satuan *metric*):

- LC : (*Lifting Constanta*) konstanta pembebanan = 23 kg
- HM : (*Horizontal Multiplier*) faktor pengali horizontal = 25/H
- VM : (*Vertical Multiplier*) faktor pengali vertical = $1 - (0.003|V - 75|)$
- DM : (*Distance Multiplier*) faktor pengali perpindahan = $0.82 + (4.5/D)$
- AM : (*Asymmetric Multiplier*) faktor pengali asimetrik = $1 - (0.0032 \times A)$
- FM : (*Frequency Multiplier*) faktor pengali frekuensi = Tabel NIOSH 5
- CM : (*Coupling Multiplier*) faktor pengali kopling = Tabel NIOSH 7

Lifting Index (LI) adalah NIOSH *index* yang menjelaskan tingkatan resiko *lifting* yang dapat menciderai tulang belakang (LBP) [2]. LI juga dijelaskan sebagai estimasi *index stress* fisik tubuh manusia dari sebuah aktivitas *manual lifting task* [4].

Rumus:
$$LI = \frac{\text{Berat beban}}{RWL} \quad (2)$$

Dimana:

LI > 1 : artinya berat beban objek yang diangkat melebihi batas *lifting* yang direkomendasikan NIOSH, maka aktivitas *lifting* tersebut beresiko memicu terjadinya LBP.



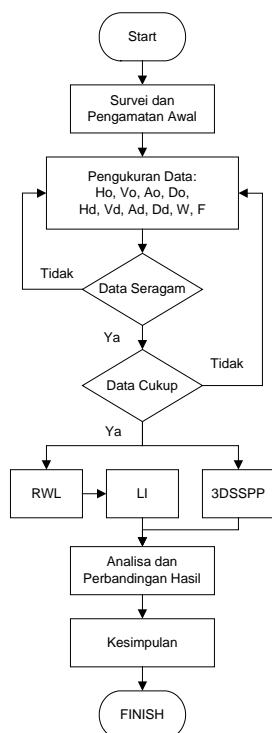
$LI < 1$: artinya berat beban objek yang diangkat tidak melebihi batas *lifting* yang direkomendasikan NIOSH, maka aktivitas *lifting* tersebut tidak beresiko memicu terjadinya LBP.

Identik dengan metode lain yang ada dan sejenis, penggunaan NIOSH *lifting equation* ini juga memiliki batasan-batasan. Ketentuannya tidak berlaku apabila dipergunakan dalam keadaan [1]:

- *Lifting* menggunakan satu tangan.
- *Lifting* lebih dari delapan jam kerja.
- *Lifting* dalam posisi duduk atau jongkok.
- *Lifting* di dalam ruangan yang sempit.
- *Lifting* pada objek yang tidak stabil (memiliki lebih dari 1 titik tengah grafitasi).
- *Lifting* dengan *carrying*, *pushing* atau *pulling* (toleransi 1-2 *step carrying*).
- *Lifting* dengan gerakan yang cepat (> 76 cm/detik).
- *Lifting* dalam kondisi lantai yang tidak normal (koefisien $< 0,4$).
- *Lifting* di dalam kondisi ruangan yang tidak normal (suhu $19-26^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan $35-50\%$).

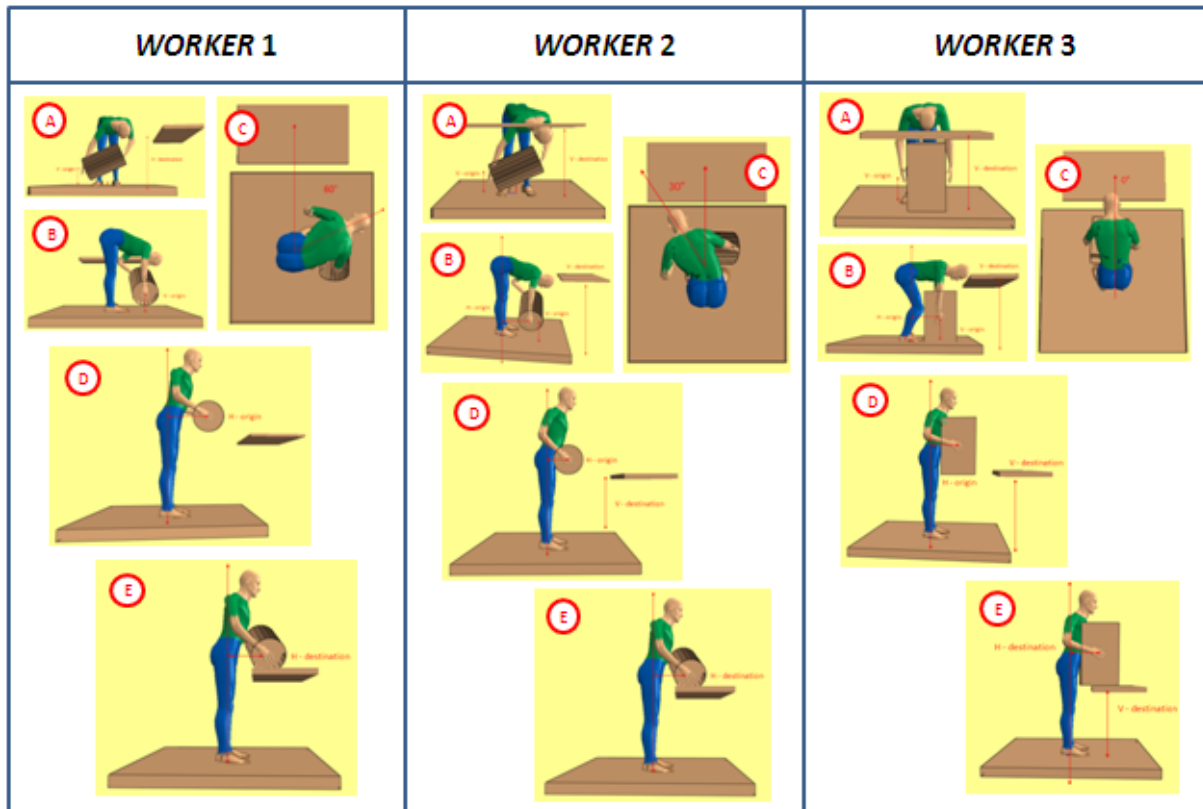
3. Metodologi penelitian

Tahapan awal metodologi penelitian ini adalah *interview* dan pengamatan awal cara/metode kerja dari *worker* pengangkut. Setelah diketahui LBP menjadi pokok permasalahan utama, langkah selanjutnya adalah pengamatan lanjutan mengenai *detail* cara/metode kerja dari ketiga *worker* beserta pengukur data dimensi NIOSH *equation*. Uji keseragaman dan kecukupan data dimensi NIOSH menjadi wajib untuk dilakukan, apabila tidak memenuhi hasil uji maka dilakukan pengukuran ulang untuk memperoleh data tambahan. Setelah data cukup, dilakukan perhitungan RWL dan LI dari ketiga *worker*. Untuk aplikasi simulasinya dibantu menggunakan software 3DSSPP 6.0.6 untuk mengetahui dan mempermudah perbandingan *strength percent capable* (%) nya. Setelah RWL, LI dan *strength percent capable* diperoleh, tahapan terakhir adalah dilakukan perbandingan hasil diantara ketiganya untuk mengetahui kesimpulan hasil penelitian ini. Tahapan metodologi dapat dilihat pada gambar 1 dan cara/metode kerja dari masing-masing *worker* dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 1. Flow Chart metodologi penelitian

Gambar 2. Aktivitas *lifting single task worker* “AA”



Gambar 3. Simulasi 3DSSPP *lifting single task* air minum kemasan galon worker 1, 2 dan 3

4. Hasil dan diskusi

Tabel 1 adalah hasil pengolahan data dari NIOSH *lifting equation single task* rumus (1) (2) dan simulasi 3DSSPP dari ketiga *worker* “AA”. Berikut adalah hasil pengolahan datanya:

Tabel 1. Hasil perhitungan NIOSH *lifting equation* dan 3DSSPP 6.0.6

KETERANGAN	WORKER		
	1	2	3
Umur dan lama bekerja	23 thn, 2 bln	27 thn, 1thn	35 thn, 3 thn
Tinggi (cm) dan berat badan (kg)	175 cm, 65 kg	168 cm, 50 kg	155 cm, 55 kg
Rata-rata absen 3bln terakhir (%)	18,33	13,33	6,66
Weight objek (air kemasan galon): Average (kg) dan Max (kg)	20	20	20
Jarak horisontal (H): Ho : <i>origin</i> (cm) Hd : <i>destination</i> (cm)	50 35	40 35	30 30
Jarak vertikal (V): Vo : <i>origin</i> (cm) Vd : <i>destination</i> (cm)	15 75	15 75	20 75
Vertikal destinasi (D): $D = Vd - Vo $	60	60	55
Sudut asimetrik (A) Ao : <i>origin</i> (°) Ad : <i>destination</i> (°)	30 30	15 15	0 0
Frekuensi rata-rata (F) (<i>lift</i> /menit)	7	6	5



KETERANGAN	WORKER		
	1	2	3
Durasi (jam)	< 1	< 1	< 1
Coupling objek	Fair	Fair	Fair
RWL:			
Origin (kg)	5,1	7,2	11
Destination (kg)	9,3	10,5	13,8
LI:			
Origin	3,94	2,79	1,82
Destination	2,15	1,91	1,45
Torso strength capable (TSC) (%)			
Posisi tubuh A, B dan C	68	80	94
Posisi tubuh E	80	93	98
Posisi tubuh F	100	100	100

Berdasarkan hasil simulasi 3DSSPP pada aktivitas *lifting* dari ketiga *worker*, gambar 2 dan 3, terdapat perbedaan mendasar dari cara kerja masing-masing *worker*. Perbedaan ini sebenarnya alamiah terjadi dikarenakan *habit* dari pola kerja *repetitive* yang dilakukan ketiga *worker* tersebut. Gambar 3C dan 3D menunjukkan posisi asimetrik yang berbeda ($A = 60^\circ, 30^\circ, 0^\circ$) begitu pula dengan jarak horisontal ($H\text{-origin} = 50\text{cm}, 30\text{cm}, 30\text{cm}$) dan ($H\text{-destination} = 35\text{cm}, 35\text{cm}, 30\text{cm}$). Perbedaan inilah yang menyebabkan nilai hasil perhitungan LI menjadi berbeda pula ($LI\text{-origin} = 3,94; 2,79; 1,82$) dan ($LI\text{-destination} = 2,15; 1,19; 1,45$). Semakin besar nilai A dan H akan menjadikan nilai LI menjadi semakin besar pula. Semakin besar nilai A dan H menjadikan aktivitas *lifting* menjadi tidak *hygiene/ergonomics* ($LI > 1$). Terbukti bahwa *worker* 1 lebih sering mengalami keluhan LBP dibandingkan dengan *worker* 3, sebab nilai LI *worker* 1 lebih besar dibandingkan *worker* 3 ($LI\text{-origin} = 3,94 > 1,82$) ($LI\text{-destination} = 2,15 > 1,45$) yang artinya aktivitas *lifting* yang dilakukan *worker* 1 lebih beresiko memicu terjadinya LBP. Nilai $LI > 3$ (3,94), menunjukkan bahwa *worker* 1 juga potensial beresiko mengalami cedera muskuloskeletal.

Bila dibandingkan menurut nilai *Torso Strength Capable* (TSC) 3DSSPP, menunjukkan bahwa posisi *lifting worker* 1 memiliki TSC terkecil (68%, 80%, 94%). Ini menjelaskan bahwa aktivitas *lifting worker* 1 tidak *hygiene/ergonomics* sebab kekuatan *lifting* pada *torso* berkurang menjadi 68%. Berkurangnya 32% kemampuan *torso* ini juga mengidentifikasi ketidakefektifan gerak *lifting* tersebut sehingga membebani/membatasi ruang gerak *torso* pada tubuh *worker* 1.

5. Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan hasil aplikasi NIOSH *lifting equation* dan simulasi 3DSSPP, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan *habit*, cara/metode *lifting* dari ketiga *worker* pengangkut, dapat membuat nilai NIOSH LI nya menjadi ikut berbeda. Kenaikan nilai H, D, A dan F akan menjadikan nilai LI *worker* menjadi semakin besar dan akan menurunkan nilai TSC nya. Sebaliknya penurunan nilai H, D, A dan F akan menurunkan nilai LI dan menaikkan nilai TSC. Semakin besar nilai LI (> 1) beresiko memicu terjadinya LBP pada *worker*. Apabila nilai LI (> 3) maka beresiko menciderai muskuloskeletal *worker*. Seringnya kejadian LBP pada *worker* pengangkut “AA”, nantinya benar dapat merugikan *owner* dari sudut pandang *output* produktivitasnya. Untuk itu, menciptakan *standard lifting task* yang seragam, menjadi saran/implikasi didalam cara menurunkan nilai LI ketiga *worker* tersebut. Tentunya dengan cara menyeragamkan penurunan nilai H dan A, sebagai prioritas utama, mampu efektif menurunkan LI mendekati atau menjadi 1 sebab perubahan penurunan nilai H dan A memiliki



sensitivitas perubahan nilai yang besar terhadap LI. Terbukti dari perbandingan H dan A terhadap LI *worker* 1 (H = 50; A = 30°; LI = 3,94) dan *worker* 3 (H = 30; A = 0°; LI = 1,82).

6. Daftar rujukan

- [1] Waters, T.R., Anderson, V.P., Garg, A., Fine, L.J., 1993, Revised NIOSH Equation for The Design and Evaluation of manual Lifting task, Department of Industrial and Systems Engineering, University of Wisconsin, Milwaukee, USA, *Jurnal of Ergonomics*, Vol. 36, No. 7, Pp. 749–776.
- [2] Chung, M. K., dan Kee, D., 2000, *Evaluation of Lifting Taks Frequently Performed During Fire Brick Manufacturing Processes Using NIOSH Lifting Equations*, Elsevier, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 25, Pp. 423–433.
- [3] Muslimah, A., Pratiwi, I. dan Rafsanjani, F., 2006, Analisis *Manual Material Handling* Menggunakan *NIOSH Equation*, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Universitas Muhammadiyah, Surakarta, Pub.* Vol. 5 No. 2, Pp. 53–60.
- [4] Waters, T.R., Anderson dan V.P., Garg, A., 1994, *Applications Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*, U.S. Department of Health and Human Service, Cincinnati, Ohio, Pub. No. 94–110.
- [5] Niu, S., 2010, *Ergonomics and Occupational Safety and Health: An ILO Perspective*, Elsevier, *Applied Ergonomics*, Vol. 41, Pp. 744–753.
- [6] Chung, M. K., dan Kee, D., 2000, *Evaluation of Lifting Taks Frequently Performed During Fire Brick Manufacturing Processes Using NIOSH Lifting Equations*, Elsevier, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 25, Pp. 423–433.
- [7] Waters, T.R., Baron, S.L. dan Kemmlert. K., 1998, *Acuracy Of Measurements For The Revised NIOSH Lifting Equation*, Elsevier, *Applied Ergonomics*, Vol. 29, No. 6, Pp. 433–438.
- [8] Dempsey, P.G., Buldorf, A., Fathallah, F.A., Sorock, G.S. dan Hashemi, L., 2001, *Influence Of Measurement Accuracy On The Application Of The 1991 NIOSH Equation*, Elsevier, *Applied Ergonomics*, Vol. 32, Pp. 433–438.