

Analisa beban kerja operator pada departemen painting sheetmetal manufaktur dengan menggunakan Niosh discomfort survey

Jacky Chin¹, Herlina², Hardianto Iridiastadi³

¹Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Program Studi Teknik Industri, Universitas Universal, Batam, Kepulauan Riau

³Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat

Corresponding author: Jacky.chin@mercubuana.ac.id

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keluhan-keluhan yang dialami oleh operator, menganalisa besar usaha yang dibutuhkan, menganalisa resiko yang terjadi, mengusulkan rencana improvement untuk area departemen painting dengan mendesain alat dan elemen kerja yang disesuaikan dengan data antropometri pekerja se-Jawa Barat. Untuk mendapatkan tujuan penelitian ini, penulis menggunakan kuesioner Nordic Body Map dan penilaian skala BORG Rating of Perceived Exertion untuk mendapatkan persepsi subyektif dari para operator bagian loading/unloading departemen painting di sheetmetal manufaktur. Besar resiko proses lifting part didapat melalui perhitungan menggunakan persamaan NIOSH discomfort survey. Subjeknya adalah operator loading dan unloading departemen painting dan box panel yang digunakan untuk penelitian adalah box panel standar ukuran 600*400*200mm. Dari hasil pengolahan data, diketahui bahwa para operator mengalami keluhan berupa sakit, nyeri, ketidaknyamanan, dan kesemutan terbanyak pada bagian leher, pundak dan pinggang sementara besar usaha yang diperlukan untuk mengangkat part body menurut para operator adalah agak berat, untuk part pintu dan baseplate adalah sangat ringan. Sejalan dengan hal tersebut, menurut NIOSH Discomfort Survey, para operator beresiko mengalami cedera pada punggung bagian bawah. Dengan menggunakan dimensi antropometri pekerja se-Jawa Barat, diusulkan sebuah alat improvement berupa meja conveyor. Dasar pemilihan meja conveyor ini adalah faktor biaya yang cukup murah, dan waktu yang singkat pembuatannya.

Kata kunci: lifting part, Nordic body map, BORG rating of perceived exertion, NIOSH discomfort survey.

Abstract. The purpose of this thesis research is to identify complaints experienced by the operators, analyze effort needed by the operator, analyze risks occur, proposed improvement plan for the department of painting at sheet metal industry, by designing tools and working elements adapted from the anthropometric data of workers from West Java. To obtain the research objectives of this thesis, the author uses a questionnaire Nordic Body Map and Borg Rating of Perceived Exertion to obtain the subjective perception of the loading/unloading operator painting department. The greatest risk of lifting the parts obtained through a calculation using the NIOSH equation discomfort survey. The subject is operator of loading / unloading painting department and size of panel box that is used to study is 600 * 400 * 200mm standard. From the results of data processing, note that the operators had complaints of pain, discomfort, and tingling largest at the neck, shoulders and hips while the effort needed to lift the body parts according to the operators is somewhat heavy, door parts and baseplate is very light. In line with this, according to the NIOSH Discomfort Survey, the operators are at risk of injury to the lower back. By using Anthropometric dimensions of workers from West Java, proposed an improvement tool in the form of conveyor table. The basic selection of conveyor table is the cost factor is quite low, and a relatively short time of manufacture.

Keywords: lifting part, Nordic body map, BORG rating of perceived exertion, NIOSH discomfort survey.

1. Pendahuluan

Saat ini di negara berkembang seperti Indonesia banyak perusahaan yang bergerak di bidang sheet metal fabrication, electrical system engineering, automation engineering, dan office furniture. Produk-produk yang dihasilkan pada bisnis unit sheet metal adalah electrical enclosure, AC casing, kotak peralatan, rak supermarket, rak komputer 19", cable support management, dan lain-lain. Pada bisnis unit elektrikal,

produk yang dihasilkan adalah *medium voltage panel, genset synchronizer, lighting panel, capacitor bank*, sistem PLC, dan lain-lain. Pada bisnis unit *office furniture*, produk yang dihasilkan adalah *filing cabinet, cupboard*, meja, kursi, dan lain-lain.

PT X memiliki sarana penunjang yang cukup baik, contohnya adalah adanya mesin-mesin *punching*, mesin laser, mesin *bending*, dan mesin las tig. Mesin *punching* dan mesin laser digunakan untuk melakukan proses pemotongan, mesin *bending* digunakan untuk melakukan proses penekukan *flat plate*, sementara mesin las digunakan untuk melakukan proses penyambungan setelah dilakukan proses *bending*. Produk-produk tersebut akan dilanjutkan dengan proses pengecatan untuk kemudian dirakit menjadi satu kesatuan. Proses pengecatan itu sendiri terbagi menjadi dua, yaitu *pre-treatment* dan *powder coating*.

Powder coating merupakan salah satu tipe pelapisan yang diaplikasikan dengan menggunakan bubuk. Perbedaannya dengan cat *liquid* adalah bahwa *powder coating* tidak memerlukan pencair untuk menjaga kekentalannya. Beberapa kelebihan *powder coating* sebagai alternatif dalam pengecatan adalah biaya operasionalnya lebih ekonomis, *material waste* lebih sedikit, serta pengoperasiannya lebih mudah. Proses selanjutnya adalah perakitan (*assembling*) dimana *part-part* yang telah *dipainting* akan dirakit menjadi produk yang diinginkan. Proses *painting* merupakan salah satu proses yang sangat penting selain untuk melindungi plat dari korosi, juga menambah nilai estetika dari produk tersebut.

Posisi *part-part* yang hendak di *painting* merupakan hal yang penting untuk menjaga postur tubuh para *operator* saat melakukan pengangkatan (*lifting*). Menurut Waters, Putz-Anderson dan Garg (1994) persamaan pengangkatan (*lifting*) NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) didesain untuk mengevaluasi resiko dari proses pengangkatan yang dapat berakibat pada sakit di tulang punggung. Walaupun persamaan NIOSH telah ada sejak 1991, sangat sedikit yang mengetahui praktek dari perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) pada keadaan sebenarnya.

Pada beberapa dekade yang telah lalu, Panagiotopoulou, Christoulas, Papanickolaou, dan Mandroukas (2004) menjelaskan bahwa penelitian di bidang ergonomi sudah mulai berfokus pada desain alat kerja yang sesuai dengan biomekanika tubuh manusia. Sesuai penelitian Branton (1969) & Keegan (1953), banyak peneliti yang berdebat mengenai teori dan prinsip dalam mendesain meja dan kursi serta tinggi permukaan kerja di tempat kerja.

Para *operator* ini harus mengangkat *part-part* yang telah *ditreatment* dari oven pengeringan part (oven statis) menuju proses *powder coating* dengan cara menggantungkan part tersebut pada *conveyor*. Tingkat keseringan *operator* mengangkat *part-part* ini cukup besar sehingga mereka mudah merasa lelah yang berakibat pada berkurangnya efisiensi kerja mereka. Padahal, menurut Waters, Putz-Anderson dan Garg (1994), proses pengangkatan (*lifting*) secara terus menerus dapat menyebabkan *Low Back Pain* sehingga hal ini menjadi masalah penting yang harus diselesaikan. Selain itu, postur tubuh yang benar menurut Cranz (2000) merupakan salah satu faktor yang penting untuk mencegah gejala keram otot. Berdasarkan penelitian Susetyo, Oes, dan Indonesiani (2008), sikap tubuh seseorang pada waktu menjalankan tugas ditentukan oleh hubungan antara dimensi berbagai objek kerja dan ruang kerja.

Berdasarkan pengamatan tersebut, penelitian ini ditujukan untuk menganalisa keluhan yang diderita para *operator* di departemen *painting* dan risikonya terhadap tubuh mereka. Diharapkan penelitian ini dapat memberi masukan bagi perusahaan yang bergerak di *sheet metal fabrication* untuk meningkatkan efisiensi kerja *operator*.

2 Kajian Pustaka

Pengertian Ergonomi

Istilah "ergonomi" menurut Nurmiyanto (2003) berasal dari bahasa latin yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain/perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah dan tempat rekreasi. Bagi kebanyakan orang ergonomi adalah sebuah konsep, sebuah ide. Pada 1996, Osborne mengungkapkan bahwa ergonomi merupakan

sebuah cara pandang terhadap dunia, sebuah pemikiran tentang manusia, dan bagaimana mereka berinteraksi dengan semua aspek lingkungan, peralatan, dan situasi kerjanya. Istilah ergonomi mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkenaan dengannya menurut Nurmianto (2003) telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya

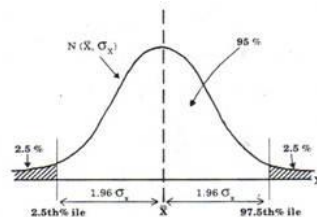
Antropometri

Salah satu bidang kajian keilmuan ergonomi adalah antropometri, yaitu pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia, khususnya dimensi tubuh. Bridger (1995) menjelaskan bahwa kata antropometri berasal dari dua kata, yaitu antropos (manusia) dan metron (ukuran) sehingga antropometri adalah pengukuran tubuh manusia. Antropometri mengkaji masalah dimensi tubuh manusia. Informasi ini diperlukan untuk merancang suatu sistem kerja agar menunjang kemudahan pemakaian, kenyamanan, dan keamanan dari suatu pekerjaan.

Aspek-aspek ergonomi dalam suatu proses rancang bangun fasilitas kerja adalah merupakan suatu faktor penting dalam menunjang peningkatan pelayanan jasa produksi. Terutama dalam hal perancangan ruang dan fasilitas akomodasi. Perlunya memperhatikan faktor ergonomi dalam proses rancang bangun fasilitas dalam dekade sekarang ini adalah merupakan sesuatu yang tidak dapat ditunda lagi. Hal tersebut tidak akan terlepas dari pembahasan mengenai ukuran antropometri tubuh operator maupun penerapan data-data antropometrinya.

Penggunaan Distribusi Normal Pada Antropometri

Antropometri menurut Nurmianto (2003) adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain, Chin et al(2019). Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai mean (rata-rata) dan SD (standar deviasi) nya dari suatu distribusi normal.



Gambar 1 Distribusi normal dan perhitungan persentil (Sumber: Nurmianto, 2003).

Dalam pokok bahasan antropometri, 95 persentil menunjukkan tubuh berukuran besar, sedangkan 5 persentil menunjukkan tubuh berukuran kecil. Menurut Iskandar, Erwinsyah, dan Saragih (2019) Jika diinginkan dimensi untuk mengakomodasi 95% populasi maka 2,5 dan 97,5 persentil adalah batas rentang yang dapat dipakai.

Dasar-Dasar Biomekanika

Pada tahun 1983, Rutland menyatakan bahwa manusia dalam kehidupannya selalu terlibat dengan kegiatan bekerja setiap hari. Hal yang penting dan harus diperhatikan adalah bagaimana mengatur kegiatan ini sedemikian rupa sehingga posisi tubuh saat bekerja tersebut dalam keadaan nyaman sehingga hasil kerja optimal. Struktur fisik manusia memengaruhi kemampuan manusia untuk melaksanakan kegiatan-kegiatannya. Struktur fisik manusia yang berhubungan dengan kegiatan bekerja ini terdiri dari struktur tulang, otot-otot rangka, sistem syaraf dan proses metabolisme.

Dalam ilmu gerakan biomekanis, dikenal 8 gerakan dasar tubuh yang diukur dari fungsi tiap otot dan gerakan relatif tubuh terhadap otot. Gerakan-gerakan tersebut adalah menurut Rutland (1983) adalah:

1. *Flexion*: menekuk atau mengurangi sudut antara 2 bagian.
2. *Extension*: meluruskan atau menambah besar sudut antara 2 bagian tubuh.
3. *Adduction*: menggerakkan anggota tubuh ke arah bagian dalam tubuh.
4. *Abduction*: menggerakkan anggota tubuh ke arah bagian luar tubuh.
5. *Medial rotation*: memutar anggota tubuh ke arah bagian dalam tubuh.
6. *Lateral rotation*: memutar anggota tubuh ke arah bagian luar tubuh.

7. *Pronation*: memutar pergelangan tangan sehingga telapak tangan menghadap ke bawah.
8. *Supination*: memutar pergelangan tangan sehingga telapak tangan menghadap ke atas.

Kuesioner Nordic Body Map

Salah satu metode pengukuran tingkat keluhan subyektif dan kelelahan yang dapat dilakukan, yaitu dengan pencatatan perasaan lelah secara subyektif. Hal ini dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada responden (operator). Dalam kuesioner tersebut ditanyakan adanya keluhan atau tidak pada bagian-bagian tubuh tertentu. Kuesioner *Nordic Body Map* menurut Kroemer *et al.* (2001) merupakan kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan pada tubuh. Kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia yang sudah dibagi menjadi sembilan bagian utama. Responden yang mengisi kuesioner ini diminta untuk memberikan tanda ada atau tidaknya gangguan muskuloskeletal (kelelahan pada sistem otot rangka) pada bagian-bagian tubuh tersebut. Bagian tubuh utama dalam pemetaan kuesioner *Nordic Body Map* meliputi leher, punggung bagian bawah, bahu, tangan dan pergelangan tangan, punggung bagian atas, pinggul dan pinggang, siku, lutut, tumit dan kaki.

NIOSH Manual Lifting Equation

Pada tahun 1981, *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) mempublikasikan the *Work Practices Guide for Manul Lifting* dengan membuat persamaan perhitungan nilai batas beban pengangkatan teoritis untuk pekerjaan pengangkatan material secara manual yang disebut *Action Limit* (AL) dan *Maximum Permissible Limit* (MPL). Dengan persamaan ini dapat digunakan untuk analisis pekerjaan pengangkatan manual yang berfokus untuk keselamatan pekerja.

Persamaan NIOSH 1981 kemudian direvisi agar dapat diterapkan dalam ruang lingkup yang lebih luas pada tahun 1991. *The Revised NIOSH Manual Lifting Equation* merupakan satu alat dalam upaya untuk mencegah pekerjaan yang berkaitan dengan nyeri pada bagian punggung bawah dan cacat dengan cara menghitung nilai batas beban pengangkatan teoritis yang disebut *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index*. Persamaan *The Revised NIOSH* mengasumsikan bahwa kegiatan pengangkatan dan penurunan beban memiliki tingkat resiko yang sama dalam munculnya *back injuries*. Artinya bahwa kegiatan pengangkatan sebuah kotak dari lantai ke meja memiliki tingkat resiko yang sama dengan kegiatan penurunan kotak dari meja ke lantai.

Pada 1994, Waters, Putz-Anderson dan Garg mengungkapkan persamaan *The Revised NIOSH* (*National Institute for Occupational Safety and Health*) tidak berlaku apabila salah satu kondisi di bawah ini terjadi:

1. Aktivitas menaikkan atau menurunkan beban yang memiliki beban terlalu berat, tergelincir, jatuh atau terdapat dalam lingkungan di luar kisaran suhu 19^o-26^oC dan kelembaban di luar kisaran 35-50%.
2. Mengangkat dan menurunkan beban dengan menggunakan satu tangan.
3. Mengangkat dan menurunkan sementara ada kegiatan mendorong, memikul, dan menarik.
4. Mengangkat dan menurunkan ketika duduk dan atau berlutut.
5. Mengangkat dan menurunkan beban melebihi 8 jam.
6. Mengangkat dan menurunkan dalam ruang terbatas.
7. Mengangkat dan menurunkan beban yang tidak stabil.
8. Mengangkat dan menurunkan dengan kecepatan tinggi (dalam hitungan detik).
9. Mengangkat dan menurunkan dengan kopling kaki/lantai yang tidak wajar yang koefisien gesekan antara telapak kaki dengan lantai lebih kecil dari 0,4.
10. Persamaan ini mengasumsikan bahwa kegiatan pengangkatan dan penurunan beban memiliki tingkat resiko yang sama dalam munculnya *back injury*. Artinya bahwa kegiatan pengangkatan sebuah kotak dari lantai ke meja memiliki tingkat resiko yang sama dengan kegiatan penurunan kotak dari meja ke lantai.

Rumus perhitungan RWL adalah:

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

Keterangan:

RWL : *Recommended Weight Limit*

LC	: Load Constant (23 kg)
HM	: Horizontal Multiplier
VM	: Vertical Multiplier
DM	: Distance Multiplier
AM	: Asymmetric Multiplier
FM	: Frequency Multiplier
CM	: Coupling Multiplier

Recommended Weight Limit menyatakan berat beban yang dapat diangkat oleh hampir semua pekerja sehat selama rentang waktu yang cukup lama (sampai 8 jam), tanpa terjadinya peningkatan resiko sakit punggung yang berkaitan dengan pengangkatan.

Lifting Index

Lifting Index (LI) merupakan perkiraan relatif untuk tingkat tekanan fisik yang dikaitkan dengan tugas pengangkatan manual. Perkiraan dari tekanan fisik ditetapkan berdasarkan hubungan antara beban yang diangkat dari beban yang direkomendasikan. *Lifting Index* dirumuskan sebagai berikut:

$$LI = \frac{\text{Load_Weight}}{RWL} = \frac{L}{RWL} \quad (2)$$

Dimana:

L : Berat objek yang diangkat (kg)

Interpretasi atas nilai LI:

- LI dapat digunakan untuk memprioritaskan perancangan ulang secara ergonomis dengan cara mengurutkan pekerjaan berdasarkan besaran LI
- LI dapat digunakan untuk mengestimasi besaran relatif dari tekanan fisik suatu tugas.
- Tugas-tugas dengan nilai LI > 1.0 mengakibatkan peningkatan resiko cedera punggung bawah (akibat pengangkatan) pada sebagian pekerja.
- RWL dapat digunakan untuk merekomendasi berat beban yang akan membuat pekerjaan lebih aman.

Seiring dengan peningkatan nilai LI, maka tingkat resiko cederapun meningkat, dan semakin besar persentase pekerja yang mungkin beresiko terkena sakit punggung bawah akibat pekerjaan mengangkat. Berdasarkan NIOSH, tugas pengangkatan dengan LI > 1.0 memiliki peningkatan resiko sakit punggung bawah akibat pengangkatan bagi sebagian pekerja. NIOSH menyarankan agar semua pekerjaan mengangkat dirancang agar memiliki LI bernilai 1.0 atau kurang. Para ahli sepakat bahwa hampir semua pekerja akan mengalami peningkatan resiko ketika nilai LI melebihi 3.0.

BORG Rating of Perceived Exertion

Menurut Leung & Tong (2008), konsep besar usaha yang dibutuhkan saat bekerja diperkenalkan pertama kali pada tahun 1960-an oleh Borg & Linderholm yang mengatakan bahwa "Karena manusia bereaksi terhadap dunia sebagaimana ia melihatnya, dan tidak seperti 'apa adanya', adalah penting untuk mengetahui lebih lanjut tentang hubungan antara pengukuran secara obyektif dan subyektif mengenai stres fisik.". Dalam penelitian Borg & Kaijser (2006), dijelaskan bahwa model Borg memiliki asumsi bahwa jarak subyektif mulai dari intensitas minimal hingga maksimal (atau paling tidak hingga tenaga maksimum adalah dianggap sama untuk setiap orang, disertakan pula teori yang dibutuhkan untuk menetapkan serangkaian level-skala sebagai respon dari level interval ataupun rasio data Teori yang paling terkenal adalah RPE *scale* (6-20) untuk mengetahui berat suatu pekerjaan melalui tenaga yang diperlukan, dan skala CR 10, sebuah kategori skala dengan nilai rasio tertentu.

3 Metode

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keluhan-keluhan yang dialami oleh *operator* dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map*, menganalisa besar usaha yang dibutuhkan dengan menggunakan skala *BORG Rating Perceived Exertion*, menganalisa resiko yang terjadi dengan menggunakan

persamaan NIOSH, mengusulkan rencana *improvement* untuk departemen *painting* dengan mendesain alat dan elemen kerja yang disesuaikan dengan data antropometri pekerja se-Jawa Barat.

Pembatasan yang digunakan adalah Penelitian dilakukan di bagian *loading* departemen *painting* pada bisnis unit *Contract Manufacturing Sheet Metal*, Tangerang. Para *operator* diasumsikan berkondisi sehat saat penelitian dilakukan. Pada 1998, Pheasant mengungkapkan bahwa data antropometri para *operator* adalah menggunakan data antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat *British* dan Hongkong.

Pengumpulan data yang dibutuhkan adalah data *layout* pabrik, detail proses kerja, berat beban, jarak vertikal, jarak horisontal, persepsi subyektif dari para *operator* (*Kuesioner Nordic Body Map* dan skala *BORG*), serta waktu pengangkatan *box* panel.

Setelah data-data yang dibutuhkan telah didapat, maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data, yaitu membuat peta proses kerja para *operator*, menghitung *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index*, merekapitulasi hasil kuesioner *Nordic Body Map*, menganalisa besarnya usaha yang dibutuhkan setelah mengangkat *box* menggunakan skala *BORG* (*RPE scale*), menganalisa keluhan *operator* (*Nordic Body Map*) dan skala yang diberikan oleh *operator* dengan besar resiko kerja (*NIOSH discomfort Survey*), membandingkan skala *BORG operator* dengan resiko beban kerja, memberi usulan *improvement* berupa desain alat bantu, perubahan *layout* departemen *painting*, peta proses kerja, dan melakukan perbandingan sebelum dan sesudah implementasi.

4 Hasil dan Pembahasan

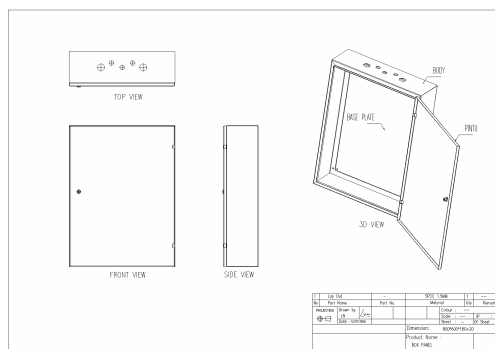
Hasil

Jumlah Pekerja Departemen *Painting*

Pada PT X, jumlah total pekerja di departemen *painting* adalah 51 orang, yang terdiri dari 1 orang *supervisor*, 2 orang *leader*, 8 orang koordinator, 32 orang *operator powder coating*, 4 orang *operator treatment*, dan 4 orang *operator HSE & inventory*.

Alur proses

Proses kerja di PT X saat pengangkatan *box* panel yang terdiri dari *body*, pintu dan *base plate* dengan ukuran *box* 600*400*180+20 mm.



Gambar 2 *Layout* Box Panel.

Tabel 1 Flow proses painting

PETA ALIRAN PROSES																	
Kegiatan	Ringkasan						Pewarnaan Box Panel										
	Skrng		Usulan		Beda		Pekerjaan		No. Peta		Pewarnaan Box Panel						
Operasi	○						Orang	1	Bahan								
Pemeriksaan	□						Sekarang	1	Usulan								
Transportasi	⇨						Dipetakan Oleh	Lina									
Menunggu	□						Tanggal Dipetakan	12 Desember 2009									
Penyimpanan	▽																
Jarak Total																	
Uraian Kegiatan	Lambang		Jarak	Jumlah	Waktu	Analisa				Tindakan							
	○	□				⇨	▽	Apa	Dimana	Kapan	Siapa	Bagaimana	Ruang	Gabung	Urutan	Tempat	Orang
Body, pintu dan base plate panel yang sudah selesai di las, dikirim ke bagian				15	180												
Body, pintu dan base plate panel di rendam dalam bak treatment					1800												
Body, pintu, dan base plate panel dikeringkan di dalam oven pengeringan					300												
Selesai dikeringkan, part-part tersebut diangkat dan dibawa ke area conveyor				6	120												
Part-part tersebut kemudian menanti giliran untuk digantungkan di conveyor					120												
Body, pintu dan base plate digantungkan di conveyor				2	10												
Part-part disemprot powder					90												
Part-part secara otomatis bergerak menuju oven dinamis				10	120												
Part-part dipanaskan dalam oven agar powder melapisi plat					300												
Part-part bergerak otomatis keluar dari oven				10	180												
Part-part dicek dahulu ketebalan dan kerataan powder coating					120												
Body, pintu, dan base plate panel dipindahkan ke area WIP assembling				5	180												

Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan RWL Box Panel

Mutiplier	Rumus	Parameter	Nilai
Load Constant (LC)	23 kg	23 kg	23 kg
Horizontal (HM)	25/H	H = 35 cm	0.714
Vertical (VM)	1- (0.003 V-75)	V = 120 cm	0.865
Distance (DM)	0.82 + (4.5/D)	D = 160 cm	0.850
Asymmetry (AM)	1- (0.0032 x A)	A = 30°	0.904
Frequency (FM)	Tabel 2.5	6 lifts/ min	0.270
		10 lifts/ min	0.130
Coupling (CM)	Good, Fair, Bad	Fair	0.950

Recommended Weight Limit (RWL)

Pada tabel 2 di atas, frekuensi pengangkatan dibagi menjadi dua macam, yaitu untuk pengangkatan *body* panel sebanyak 6 lifts/min dan untuk pengangkatan *pintu* dan *base plate* panel sebanyak 10 lifts/min.

* Perhitungan untuk F = 6 lifts/min

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

$$= 23 \times 0.714 \times 0.865 \times 0.850 \times 0.904 \times 0.270 \times 0.950 = 2.79 \text{ kg}$$

* Perhitungan untuk F = 10 lifts/min

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

$$= 23 \times 0.714 \times 0.865 \times 0.850 \times 0.904 \times 0.130 \times 0.950$$

$$= 1.34 \text{ kg}$$

Besar beban pengangkatan (*lifting*) yang direkomendasikan melalui persamaan NIOSH adalah sebesar 2.79 kg untuk frekuensi pengangkatan *body* panel. Sementara, untuk frekuensi pengangkatan pintu dan *base plate* panel yang lebih ringan bebannya, rekomendasi NIOSH adalah sebesar 1.34 kg.

Perhitungan Lifting Index untuk *Body* panel adalah:

$$LI = \frac{7.67}{2.79} = 2.75$$

* Perhitungan untuk Pintu panel adalah:

$$LI = \frac{2.98}{1.34} = 2.22$$

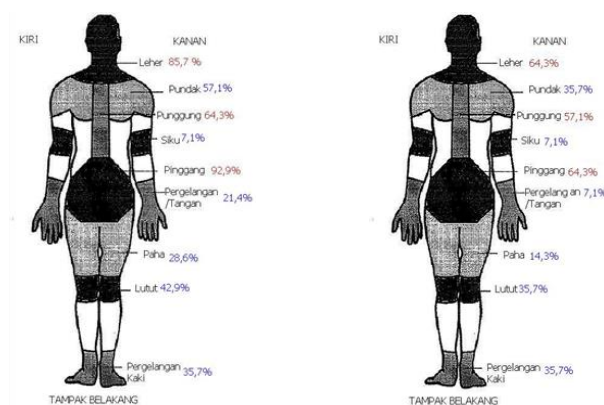
* Perhitungan untuk *Base plate* panel adalah:

$$LI = \frac{2.13}{1.34} = 1.59$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa besar *Lifting Index* untuk pengangkatan *body* panel adalah sebesar 2.75 sementara untuk pintu & *base plate* panel adalah sebesar 2.22 dan 1.59. Padahal, pekerjaan dengan nilai $LI > 1.0$ dapat mengakibatkan peningkatan resiko cedera punggung bawah (akibat pengangkatan) pada sebagian pekerja, sementara para ahli sepakat bahwa hampir semua pekerja akan mengalami peningkatan resiko ketika nilai LI melebihi 3.0.

Standardize Nordic Body Map Questionnaire

Berikut adalah hasil rekapitulasi kuesioner *Nordic Body Map* yang menyatakan adanya keluhan (seperti sakit, nyeri, ketidaknyamanan, kesemutan) selama 1 minggu dan 12 bulan terakhir:



Gambar 3 Rekapitulasi kuesioner *Nordic Body Map* yang menyatakan adanya keluhan selama 12 bulan terakhir (kiri) dan 1 minggu terakhir (kanan).

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa selama setahun terakhir para *operator* pernah mengalami keluhan pada bagian pinggang dimana keluhan terbesar adalah pada bagian pinggang sebesar 92.9%, pada bagian leher sebesar 85.7%, dan pada punggung sebesar 64.3 %. Dan hasil rekapitulasi selama 7 hari terakhir para *operator* mengalami keluhan terbesar pada leher dan pinggang, yaitu sebesar 64.3% dan pada bagian punggung adalah sebesar 57.1%. Mereka yang mengalami keluhan pada pinggang, punggung dan leher ini, ternyata juga diderita selama 7 hari terakhir. Bagi mereka yang memeriksakan diri ke dokter, ternyata justru mengalami keluhan pada lutut. Hal ini disebabkan karena mereka telah cukup tua umurnya, yaitu sekitar 40-50 tahun.

BORG Rating of Perceived Exertion

Sebanyak 44 *operator* diminta untuk memberikan nilai saat mereka mengangkat *box* panel berukuran 600*400*180+20 mm. Jenis *box* ini merupakan *box* panel yang cukup berkala pengerjaannya, hal ini dikarenakan *box* ini merupakan *box* panel standar milik PT X.

Tabel 3 Statistik Deskriptif Skala RPE BORG

Part Yang Diangkat	Skala RPE BORG			
	Trial 1		Trial 2	
	Mean	Std.Dev	Mean	Std.Dev
Body	13.71	0.91	13.86	1.03
Pintu	9.43	0.76	9.29	0.83
Base plate	8.86	0.66	8.79	0.70

Tabel 4 Statistik Deskriptif Waktu *Lifting*

Part Yang Diangkat	Waktu <i>Lifting</i>			
	Trial 1		Trial 2	
	Mean	Std.Dev	Mean	Std.Dev
Body	10.05	1.29	10.03	1.08
Pintu	5.97	1.13	6.01	0.96
Base plate	6.04	1.03	6.02	1.31

Pada penelitian ini, data dianggap valid, karena pada pengujian ini seluruh anggota populasi dilibatkan dalam penelitian. Untuk menguji adanya hubungan antara skala BORG dengan waktu pengangkatan, maka dilakukan uji korelasi dengan menggunakan program SPSS 16.0. Didapatkan hasil bahwa terdapat korelasi antara skala BORG dengan waktu *lifting part* untuk *trial* pertama dan *trial* kedua, yaitu sebesar 0.992 dan 0.996. Berdasarkan nilai persepsi para responden (*operator*), didapatkan hasil yaitu para *operator* merasa tenaga yang harus dikeluarkan untuk mengangkat *body* panel cukup besar, sementara untuk mengangkat pintu dan *base plate* adalah sangat ringan.

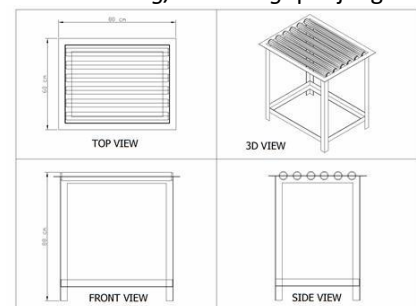
Desain Alat Bantu

Dengan adanya analisa tersebut, maka dibuatlah sebuah alat bantu berupa meja *conveyor* berdasarkan data antropometri pekerja se-Jawa Barat. Dasar dari pemilihan alat bantu berupa meja *conveyor* adalah biaya yang dibutuhkan untuk pembuatannya lebih murah dibandingkan dengan alat bantu lain. Data antropometri yang dibutuhkan adalah tinggi pinggang berdiri, jangkauan tangan ke depan. Desain meja harus memenuhi beberapa tipe ukuran *box* panel yang sering *diorder* oleh *customer*. Perhitungan tinggi * panjang * lebar meja adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi meja} &= P5 \text{ tinggi pinggang berdiri} + \text{kelonggaran sepatu} = 84.68 + 3\text{cm} \\ &= 87.68 \text{ dibulatkan ke atas, menjadi } 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar meja} &= P5 \text{ jangkauan tangan ke depan} \\ &= 60.09 \text{ cm dibulatkan ke bawah, menjadi } 60 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Untuk panjang meja, dibuat untuk area *loading/unloading*. panjang meja dibuat sepanjang 80mm.

**Gambar 4** Layout Meja *Conveyor*



Gambar 5 Foto meja conveyor actual

Meja conveyor ini dirancang untuk membantu mengurangi pengangkatan *part* dari lantai ke conveyor. *Part-part* berupa *body*, *pintu* dan *base plate* yang telah ditreatment dapat digeser dengan menggunakan pipa-pipa yang dapat berputar.

Setelah alat bantu dibuat dilakukan analisa dengan menghitung kembali *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index*. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan RWL setelah pengadaan meja conveyor sebagai alat *improvement*.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan RWL Setelah *Improvement*

Mutiplier	Rumus	Parameter	Nilai
<i>Load Constant (LC)</i>	23 kg	23 kg	23 kg
<i>Horizontal (HM)</i>	25/H	H = 35 cm	0.714
<i>Vertical (VM)</i>	1- (0.003 V-75)	V = 88 cm	0.985
<i>Distance (DM)</i>	0.82 + (4.5/D)	D = 20 cm	1.045
<i>Asymmetry (AM)</i>	1- (0.0032 x A)	A = 5°	0.984
<i>Frequency (FM)</i>	Tabel 2.5	6 lifts/ min 10 lifts/ min	0.270 0.130
<i>Coupling (CM)</i>	Good, Fair, Bad	Fair	0.950

Berat beban yang direkomendasikan oleh NIOSH adalah 3.56 kg untuk pengangkatan 6 *lifts/min* dan 1.71 kg untuk pengangkatan 10 *lifts/min*. Setelah menggunakan alat bantu berupa meja conveyor, ternyata terdapat penurunan nilai *lifting index*. Untuk *part body*, nilai persentase penurunannya adalah 34.90%, sementara untuk *part pintu*, nilai persentase penurunannya adalah 31.53%, dan untuk *part base plate*, nilai persentase penurunannya adalah 31.44%.

Tabel 6 Persentase *Improvement Lifting Index*

Nama Part	Nilai LI awal	Nilai LI Improvement	%
Body	2.75	1.79	34.90
Pintu	2.22	1.52	31.53
Base Plate	1.59	1.09	31.44

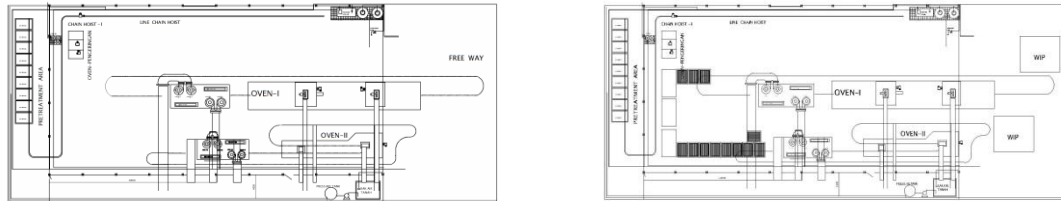
Tabel 7 Persentase Nilai *Improvement* Skala BORG

Part Yang Diangkat	Skala RPE BORG		
	Sebelum	Sesudah	%
Body	13.79	11.96	15.27
Pintu	9.36	8.32	12.47
Baseplate	8.82	8.25	6.93

Nilai persentase penilaian skala *improvement* yang mengalami pengurangan sebesar 15.27% untuk *body*, 12.47% untuk *pintu*, dan 6.93% untuk *baseplate*.

Desain Layout Pabrik

Meja *conveyor* sebagai alat bantu dalam proses pengangkatan (*lifting*) terbukti cukup membantu para *operator*. Setelah adanya alat bantu berupa meja *conveyor*, maka *layout* pabrik akan berubah mengikuti posisi.



Gambar 6 *Layout* Sebelum-Setelah Perbaikan.

5 Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian menggunakan kuesioner *Standardized Nordic Body Map Questionnaire* yang disebarakan pada para *operator*, ditemukan bahwa para *operator* merasa sakit pada bagian pinggang, punggung, dan leher. Sejalan dengan hasil kuesioner, skala BORG RPE yang diberikan juga menunjukkan bahwa sebanyak 14 orang *operator* mengatakan usaha yang dibutuhkan untuk mengangkat *body panel* adalah agak berat. Perhitungan *lifting index* yang disarankan oleh NIOSH menunjukkan adanya resiko dimana nilai *lifting index* untuk pengangkatan *body panel* adalah sebesar 2,75. Padahal, nilai LI > 1 dapat mengakibatkan peningkatan resiko cedera punggung bawah (akibat pengangkatan) pada sebagian pekerja.

Dengan adanya alat bantu, para *operator* tidak perlu mengangkat part-part dari lantai ke kawat penggantung. Perlu dianalisa kembali menggunakan persamaan NIOSH, disertai dengan pemberian skala BORG oleh para *operator*. Hasil perhitungan nilai *lifting index* berkurang sebesar 21-22%. Sementara skala BORG juga berkurang menjadi 3-7%. Terbukti dengan adanya alat bantu ini, beban kerja *operator* dapat berkurang.

Melalui penggunaan alat *improvement* berupa meja *conveyor*, proses kerja *operator* akan ikut berubah. Langkah-langkah proses kerja yang baru adalah *part* yang telah selesai *ditreatment*, akan dibawa ke meja *conveyor* dan kemudian digeser menuju meja *conveyor*. Setelah *part* berada tepat di bawah *conveyor*, maka *operator* dapat langsung menggantungnya. Dengan adanya desain kerja yang baru, diharapkan efisiensi kerja dapat terus bertambah.

Kesimpulan setelah melakukan penelitian ini adalah:

1. Terdapat hubungan yang sejalan antara keluhan operator dengan resiko beban kerja yang cukup besar di PT X.
2. Alat *improvement* berupa meja *conveyor* cukup membantu mengurangi beban kerja saat operator melakukan pengangkatan di PT X.

Saran yang dapat diberikan apabila hendak melakukan penelitian yang serupa adalah karena adanya keterbatasan waktu dan biaya menyebabkan alat *improvement* tidak dapat terlalu fleksibel penggunaannya. Perancangan dan pembuatan alat *improvement* dapat dilanjutkan dengan pembuatan meja *conveyor* yang dapat *adjust* ketinggiannya.

Referensi

- Borg, E., Kaijser, L. (2006). A Comparison between Three Rating Scales for Perceived Exertion and Two Different Work Tests. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16: 57-69.
- Branton, P. (1969). Behavior, Body Dynamics and Discomfort. *Ergonomics*, 12: 316-27.

- Bridger, R.S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. New York: McGraw-Hill.
- Chin, J., Herlina, Lin, S. C., Persada, S. F., Jaqin, C., & Mufidah, I. (2019). Preventive maintenance model for heating ventilation air conditioning in pharmacy manufacturing sector. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 1-9.
- Chin, J., Shu-Chiang, L., Persada, S. F., Mufidah, I., & Jaqin, C. (2019). Structural Behavior Analysis of Building Environment Automation System in Pharmaceutical Industries. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 10(9).
- Cranz, G. (2000). The Alexander Technique in the World of Design: Posture and The Common Chair. *J. Bodywork Movement Ther*, 4 (2): 90-98.
- Erwinsyah, A., Chin, J., Palaloi, I. A., Nguyen, P. T., & Shankar, K. (2019). Multigroup Classification using Privacy Preserving Data Mining. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 8(6S), 922-926.
- Iskandar, A., Sogen, M. D. T., Chin, J., Satria, E., & Dijaya, R. (2019). Mobile based android application pharmaceutical dictionary with direct search as searching process. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(6), 44-46.
- Leung, R.W., Tong, T.K. (2008). The Use of a 10-Point Effort Perception Scale in Adults: A Preliminary Study. *J Exerc Sci Fit*, 6 (1): 44-49.
- Keegan, J. (1953). Alterations of the Lumbar Curve Related to Posture and Seating. *J Bone Joint Surg*, 35 A: 589-603.
- Kroemer, K.H.E. (2001). *Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency*. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Nurmianto, E. (2003). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Osborne, D.J. (1996). *Ergonomics at Work: Human Factors in Design and Development*. Third Edition. England: John Wiley and Sons.
- Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanickolaou, A., Mandroukas, K. (2004). Classroom Furniture Dimensions and Anthropometric Measures in Primary School. *Applied Ergonomics*, 35: 121-128.
- Pheasant, S. (1998). *Bodyspace: Anthropometri, Ergonomics and the Design of Work*, Second Edition. London: Taylor & Francis.
- Rutland, J. (1983). *Human Body*. London: Groiler International, Inc.
- Saragih, M. G., Chin, J., Setyawasih, R., Nguyen, P. T., & Shankar, K. (2019). Machine Learning Methods for Analysis Fraud Credit Card Transaction. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 8(6S), 870-874.
- Susetyo, J., Oes, T.I., Indonesiani, S.H. (2008). Prevalensi Keluhan Keluhan Subyektif Atau Kelelahan Karena Sikap Kerja Yang Tidak Ergonomis Pada Pengrajin Perak. *Jurnal Teknologi*, 1 (2): 141-149.
- Waters, T.R., Anderson, V.P., Garg, A. (1994). *Applications Manual for The Revised NIOSH Lifting Equation*. U.S. Department of Health and Human Services.