



Reduksi Risiko *Musculoskeletal Disorders* pada Proses *Packing* di Industri Garmen

Dioren Tri Paganta¹, Efie Indrianti², Elty Sarvia^{3*}

^{1,3}Program Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Surya Sumantri No. 65, Bandung 40164, Jawa Barat, Indonesia

²Magister Terapan Teknik, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

Jl. Cikopak, No. 53, Purwakarta 41151, Indonesia

*Corresponding author: elty.sarvia@eng.maranatha.edu

ARTICLE INFO

Received: 18-02-2026
Revision: 06-05-2026
Accepted: 14-05-2026

Keywords:

Fishbone Diagram
Packing Process
REBA
Work Posture
5 Whys

ABSTRACT

Musculoskeletal disorders (MSDs) remain one of the major issues in manufacturing industries that still rely on manual work, including the textile and garment sectors. The large-scale packing process is often perceived as a simple activity; however, in practice, it involves non-neutral working postures, manual lifting of heavy loads 16–18 kg, and repetitive movements, which increase the risk of MSDs. This study aims to identify the level of postural risk in the large-scale packing process at PT. HX and to design and implement an ergonomic assistive device as an effort to reduce MSD risks. Postural evaluation was conducted on 14 main activity scenarios using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method. The results showed that 92.86% of activities fell into medium to very high-risk categories, with the highest REBA score reaching 11. Further analysis using fishbone diagrams and the 5 Whys method identified that work methods and facility design were the dominant factors contributing to the high ergonomic risk, particularly due to the use of pallets at low working heights (± 14 cm) and the absence of ergonomic assistive devices. Based on these findings, an Ergonomic Adjustable Packing Table was designed and implemented, featuring a height-adjustable mechanism using a pneumatic spring and a roller conveyor system with an inclination of approximately 7°. Post-implementation evaluation indicated that no activities remained in the medium to very high-risk categories (0%), and the maximum REBA score decreased from 11 to 2. The number of work activities was also reduced from 14 to 5 (64.3% reduction) due to the elimination of high-risk manual handling tasks. In addition, the cycle time for the packing process decreased significantly from 188.04 seconds to 92.15 seconds (an efficiency improvement of 51.0%). These results demonstrate that an ergonomic approach based on postural improvement and assistive device design is effective in enhancing safety, comfort, and work efficiency in large-scale packing processes.

1. PENDAHULUAN

Kesadaran akan keselamatan kerja telah meningkatkan perhatian terhadap penerapan ergonomi di berbagai organisasi global. Saat ini banyak perusahaan berusaha menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi pekerjanya. Kinerja pekerja dapat ditingkatkan jika tempat kerja dirancang dengan mempertimbangkan penerapan ilmu ergonomi [1]. Penerapan ergonomi ini tentunya dapat meningkatkan kinerja dan kesehatan karyawan, sehingga meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya kesehatan yang ditanggung oleh suatu organisasi [2]. Untuk itu, pencapaian suatu organisasi sangat bergantung pada efektivitas dan produktivitas sumber daya manusianya [3] dan penerapan ergonomi di area tempat kerja.

Gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders/MSDs*) masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan kerja yang paling dominan di berbagai sektor industri secara global. Berbagai studi menunjukkan bahwa MSDs

berkontribusi besar terhadap penurunan kapasitas kerja, meningkatnya kelelahan fisik, serta tingginya biaya kesehatan dan kompensasi akibat kerja. Gangguan muskuloskeletal sering dikaitkan dengan pekerjaan dengan beban kerja tinggi, seperti bidang manufaktur, konstruksi, dan kesehatan [4]. *Musculoskeletal disorders* (MSDs) merupakan masalah kesehatan kerja yang paling banyak dijumpai secara global dan memberikan dampak yang besar, yaitu sekitar 40% dari total biaya kompensasi cedera dan penyakit akibat kerja [5]. Gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) merupakan salah satu penyebab utama kecacatan jangka panjang karena menurunkan kemampuan fungsi tubuh sehingga menyebabkan tingginya biaya kesehatan [6].

Industri tekstil dan garmen merupakan sektor manufaktur yang menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar dan berkontribusi terhadap perekonomian global terutama di negara berkembang. Namun, karakteristik pekerjaan di sektor ini melibatkan tugas berulang, postur statis, dan durasi kerja yang panjang. Aktivitas ini tentu saja menjadikan pekerja sangat rentan terhadap gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs). *Musculoskeletal disorders* (MSDs) merupakan salah satu masalah kesehatan kerja yang sering terjadi di berbagai subsektor industri manufaktur karena beban fisik yang tinggi dan desain kerja yang kurang ergonomis. Data penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat kejadian *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang terjadi pada pekerja industri tekstil tergolong tinggi yaitu sekitar 46,43–81,0%, dan dilaporkan terjadi keluhan pada leher, bahu, ekstremitas atas, serta punggung [7]. Sedangkan pekerja garmen di beberapa negara dari India, Bangladesh, Ethiopia, Thailand, Botswana, Iran, Sri Lanka, Kamboja, dan Denmark diketahui mengalami gangguan *musculoskeletal* (MSDs). yang cukup besar juga yaitu sekitar 65,6% seperti nyeri punggung bawah dan nyeri leher [8]. Diketahui pula bahwa gerakan berulang dengan kondisi ergonomis yang tidak memadai di industri garmen, dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal [9]. Postur kerja yang tidak baik saat bekerja dan kurang mendapat perhatian merupakan salah satu faktor risiko utama terjadinya gangguan muskuloskeletal mulai dari keluhan ringan hingga keluhan berat [10]. Selain itu, diketahui pula risiko nyeri otot dan cedera pada operator mesin jahit cukup tinggi dibandingkan dengan pekerja di profesi lain [11], [12].

Permasalahan serupa juga banyak ditemukan pada industri manufaktur yang masih mengandalkan tenaga manusia dalam proses pengemasan. Proses *Packing* sering kali dipersepsikan sebagai aktivitas akhir yang sederhana, sehingga sering terabaikan dalam perancangan sistem kerja. Padahal, pekerjaan *Packing* justru memiliki tingkat risiko ergonomi yang tinggi karena mengombinasikan beban fisik, repetisi, serta postur kerja tidak alamiah, terutama ketika dilakukan dalam durasi yang panjang dan dengan target produksi yang ketat. Sehingga, di PT. HX ditemukan kondisi serupa seperti aktivitas *manual handling* yang masih banyak dilakukan dengan postur kerja membungkuk, pengangkatan beban dari ketinggian kerja yang rendah, dan pergerakan berulang dalam proses packing besar. PT HX merupakan salah satu perusahaan tekstil terpadu yang memproduksi berbagai jenis produk, mulai dari benang hingga pakaian jadi. PT.HX ini juga merupakan salah satu pemain utama dalam industri tekstil, baik di pasar domestik maupun internasional. Berdasarkan pengamatan awal, sebagian besar aktivitas *Packing* dilakukan pada pallet yang diletakkan langsung di lantai. Posisi kerja yang sangat rendah ini memaksa pekerja untuk melakukan gerakan membungkuk, memutar badan, serta menjangkau area kerja secara berulang saat menyusun dan memindahkan produk.

Selain faktor desain fasilitas kerja yang belum ergonomis, keterbatasan pemahaman operator mengenai postur kerja yang benar juga memperburuk kondisi kerja di area *Packing* dan berpotensi menimbulkan risiko ergonomi yang tinggi. Kombinasi antara desain fasilitas kerja yang tidak sesuai dan tuntutan aktivitas *manual handling* menyebabkan pekerja terpapar risiko MSDs secara terus-menerus. Studi mengenai pengaruh jenis kelamin dan postur kerja pada aktivitas *manual packaging* dimana pekerja wanita cenderung mengalami risiko postur membungkuk dan tingkat ketidaknyamanan yang lebih tinggi dibandingkan pekerja pria [13].

Salah satu metode ergonomi yang sering digunakan untuk menilai risiko cedera pada pekerja adalah *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) [14], [15], [16]. Metode REBA juga mempertimbangkan efek postur berulang, faktor efek kopling dan beban dinamis. REBA juga mengevaluasi sisi kiri dan kanan saat penilaian, dan mengklasifikasikan risiko dalam lima kategori tindakan [17], [18]. Metode REBA telah banyak digunakan untuk mengevaluasi postur kerja di berbagai sektor industri, termasuk pada sektor manufaktur, khususnya industri garmen [19], [20]; sektor manufaktur non garmen [21], [22], [23], [24]; sektor jasa teknis termasuk jasa perbaikan, perawatan, dan penggulangan dinamo [25]; sektor konstruksi [26]; sektor kesehatan [27], [28], [29], [30]; dan sektor perikanan [31].

Meskipun sejumlah penelitian sebelumnya telah menerapkan metode REBA untuk menilai risiko postur kerja pada berbagai sektor industri, termasuk manufaktur dan industri garmen. Penelitian yang secara khusus mengkaji departemen *packaging* masih terbatas, terutama di Indonesia. Selain itu, perbedaan kondisi kerja dan tantangan ergonomi menyebabkan hasil penelitian belum sepenuhnya sesuai dengan karakteristik kerja di departemen yang diteliti. Kondisi tersebut tidak hanya berpotensi membahayakan kesejahteraan pekerja, tetapi juga dapat menghambat keberlanjutan sistem produksi dalam perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang berfokus pada perbaikan postur kerja melalui pendekatan ergonomi dengan tujuan menurunkan tingkat risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs), meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja operator pada proses *Packing* besar. Penelitian ini tidak hanya untuk menentukan tingkat risiko postur kerja menggunakan metode REBA, tetapi juga untuk merancang desain alat bantu kerja sebagai upaya mereduksi risiko MSDs secara sistematis dan berkelanjutan pada proses pengemasan di PT. HX.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Objek dan ruang lingkup

Penelitian ini difokuskan pada aktivitas kerja di Departemen *Packing*, khususnya pada proses *Packing* besar yang merupakan tahapan pengemasan akhir produk sebelum dikirim ke area *Customs-Trade Partnership Against Terrorism* (C-TPAT). Proses *Packing* besar mencakup aktivitas memasukkan pakaian yang telah dikemas dalam *polybag* ke dalam karton, pengangkatan karton berisi produk, serta pemindahan dan penempatan karton ke area pallet. Penelitian ini melibatkan 2 operator pada proses *packing* besar dengan rentang usia 20–30 tahun dan tinggi badan rata-rata 155 cm. Pengamatan dilakukan pada shift kerja pagi dalam kondisi operasional normal untuk memastikan data merepresentasikan aktivitas kerja sehari-hari.

2.2 Metode REBA

Evaluasi postur kerja dilakukan melalui observasi langsung terhadap aktivitas operator selama proses *Packing* besar pada kondisi kerja aktual. Setiap skenario gerakan direkam dan diidentifikasi sudut postur tubuh meliputi posisi leher, punggung, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, serta kondisi kaki dan beban kerja yang diangkat. Penilaian postur kerja dilakukan oleh dua orang penilai yang memiliki pemahaman terhadap metode ergonomi khususnya *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Untuk meminimalkan subjektivitas dalam penilaian, setiap skenario gerakan dianalisis berdasarkan dokumentasi visual (foto dan video) yang diambil dari beberapa sudut pandang. Penilaian dilakukan menggunakan lembar kerja REBA secara manual dengan mengacu pada tabel penilaian standar (tabel A, B, dan C). Untuk mengidentifikasi tingkat risiko gangguan muskuloskeletal (*musculoskeletal disorders / MSDs*), dilakukan evaluasi postur kerja terhadap 14 skenario gerakan utama pada proses *Packing* besar menggunakan metode REBA. Berdasarkan hasil penilaian REBA, setiap skenario gerakan diklasifikasikan ke dalam tingkat risiko MSDs, mulai dari risiko rendah hingga sangat tinggi [18], yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi aktivitas kerja dengan prioritas perbaikan. Adapun level risiko dan tindakan korektif yang diperlukan ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini [18], [32] :

Tabel 1 Kategori Level Risiko dan Tindakan

Skor REBA	Level Risiko	Tindakan
1	Dapat diabaikan	Tidak perlu perbaikan
2-3	Rendah	Mungkin perlu perbaikan
4-7	Sedang	Perlu perbaikan
8-10	Tinggi	Perbaiki segera
11-15	Sangat Tinggi	Perbaiki sekarang

2.3 Analisis Fishbone dan 5 Whys

Hasil analisis ini kemudian dipetakan menggunakan pendekatan diagram sebab-akibat (*fishbone Diagram*) untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama penyebab terjadinya postur kerja tidak ergonomis, yang dikelompokkan ke dalam aspek manusia, metode kerja, mesin atau peralatan, material, dan lingkungan kerja. Berdasarkan faktor penyebab yang telah teridentifikasi, dilakukan analisis lanjutan menggunakan metode *5 Whys* untuk menelusuri akar permasalahan yang paling dominan dan menentukan kebutuhan perbaikan.

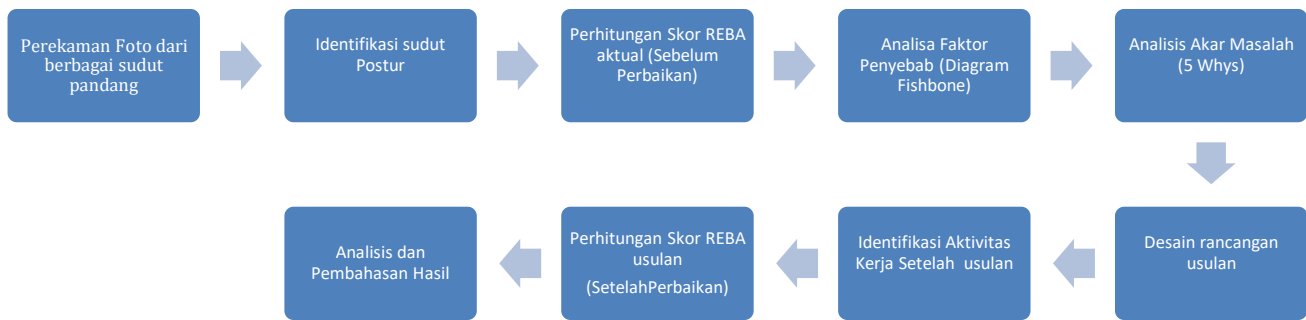
2.4 Perancangan Alat Bantu

Temuan dari analisis sebelumnya akan menjadi dasar perancangan alat bantu kerja ergonomis yang bertujuan untuk mengurangi aktivitas berisiko serta memperbaiki postur kerja operator pada proses *Packing* besar.

2.5 Evaluasi Pasca-Perbaikan

Rancangan alat bantu yang diusulkan kemudian di desain dan diimplementasikan secara langsung di area kerja. Kemudian dilakukan proses uji coba juga untuk memastikan alat bantu sudah dirancang secara solutif. Setelah implementasi, dilakukan evaluasi ulang postur kerja pada aktivitas yang tersisa menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) kembali untuk menilai efektivitas perbaikan dalam menurunkan tingkat risiko MSDs. Hasil penilaian sebelum dan sesudah perbaikan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui perubahan tingkat risiko ergonomi dan dampak perbaikan terhadap sistem kerja secara keseluruhan.

Gambar 1 menunjukkan alur dalam penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

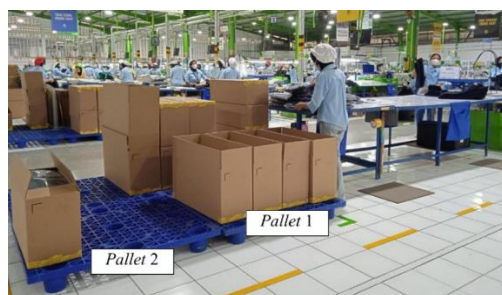
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Departemen *Packing* merupakan bagian yang bertugas untuk melakukan pengemasan produk. Proses di *Packing* dibagi menjadi dua, yaitu *Packing* kecil dan *Packing* besar. *Packing* kecil adalah proses pengemasan pakaian mulai dari pengambilan hasil setrika hingga pakaian dimasukkan ke *polybag*, sedangkan *Packing* besar yaitu proses memasukan pakaian yang sudah dikemas menggunakan *polybag* ke dalam karton. *Packing* besar inilah yang menjadi fokus dalam penelitian ini untuk perbaikan postur kerja. Pada bagian *Packing*, ada juga yang disebut *Packing* akurasi 100% yang bertugas untuk melakukan pengecekan kesesuaian pakaian dengan label gantung yang dipasangkan dan juga pengecekan terhadap karton yang sudah terisi penuh sebelum dikirim ke C-TPAT. C-TPAT merupakan tempat terakhir untuk memastikan produk telah siap untuk dikirim. Karton-karton pakaian yang diterima dari *Packing* akan diperiksa kesesuaian surat jalan dengan aktualnya, pemeriksaan produk menggunakan *metal detector*, dan pemeriksaan-pemeriksaan lain untuk memastikan produk sudah layak untuk dikirim. Karton-karton berisi pakaian yang telah diperiksa akan disimpan terlebih dahulu ke rak hingga waktunya untuk dikirim ke *buyer*.

Meja *packing* digunakan untuk mengemas pakaian ke dalam *polybag*, kemudian menyusunnya berdasarkan ukuran (*size*) sebelum dimasukkan ke dalam karton. Pada kondisi aktual proses *packing*, karton diletakkan di atas pallet dengan ketinggian yang relatif rendah dari permukaan lantai, yaitu sekitar 14 cm. Kondisi ini mengharuskan operator bekerja dalam posisi membungkuk saat melakukan pengisian produk ke dalam karton. Setelah karton terisi penuh, karton diangkat dari Pallet 1 ke Pallet 2 untuk sementara waktu sebelum diambil oleh operator *Packing* Akurasi 100%. Proses pengangkatan tersebut diawali dari posisi membungkuk, kemudian operator membawa karton dengan beban sekitar 16–18 kg dengan kondisi pegangan yang belum sepenuhnya aman. Pada saat meletakkan karton ke Pallet 2, operator kembali harus membungkuk. Operator *Packing* Akurasi 100% yang bertugas mengambil karton penuh juga melakukan pengangkatan dari posisi rendah, sehingga tubuh berada pada postur kerja tidak netral.

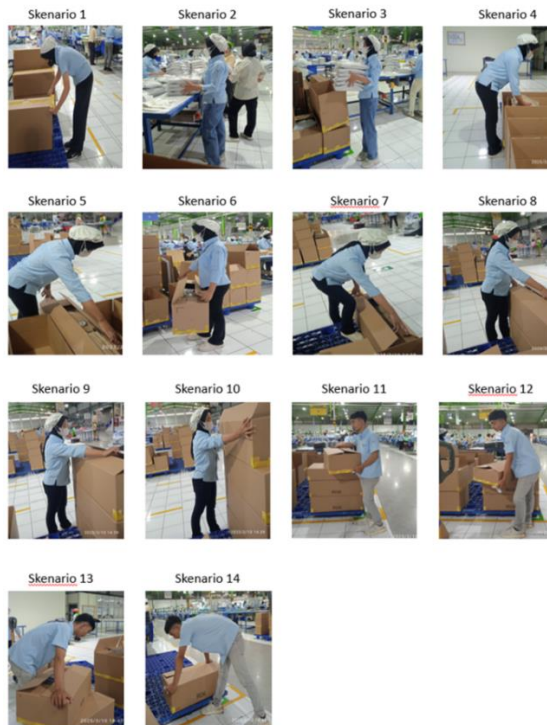
Berdasarkan hasil pengamatan kondisi *eksisting*, sebagian besar aktivitas pada proses *packing* besar dilakukan pada ketinggian kerja yang rendah dengan kecendrungan postur fleksi punggung dalam durasi yang relatif lama. Kondisi tersebut dikombinasikan dengan aktivitas *manual handling* berfrekuensi tinggi dan beban kerja fisik yang signifikan. Keadaan ini berpotensi meningkatkan risiko ergonomi khususnya gangguan muskuloskeletal (MSDs).

Selain faktor desain fasilitas kerja yang belum ergonomis, keterbatasan pemahaman operator mengenai postur kerja yang benar turut memperburuk kondisi kerja di area *Packing*. Aktivitas yang terlihat pada Gambar 2 menunjukkan bahwa proses *packing* besar melibatkan postur membungkuk, pengangkatan manual, serta pemindahan beban berat secara berulang. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs) khususnya pada area punggung bawah, bahu, dan lengan dan tangan.



Gambar 2. Kondisi Aktual Area *Packing* Besar dan Penempatan Karton pada Pallet

Untuk mengidentifikasi tingkat risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs), dilakukan evaluasi postur kerja terhadap 14 aktivitas gerakan utama pada proses *packing* besar menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

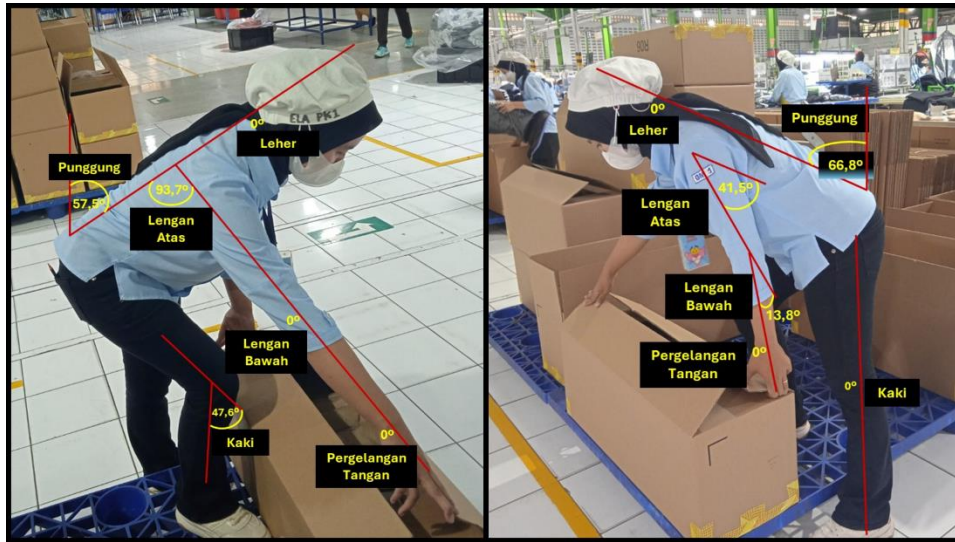


Gambar 3. Identifikasi Postur Kerja pada 14 Aktivitas Proses *Packing* Besar

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran sudut gerakan operator pada skenario 7 yaitu pengambilan dan penataan produk selama proses *packing* besar pada tingkat 1. Dari gambar 4 terlihat sudut fleksi *trunk* berkisar antara $58,5^{\circ}$ hingga $66,8^{\circ}$ yang menunjukkan posisi membungkuk signifikan. Sudut fleksi lengan atas berkisar $41,5^{\circ}$ hingga $93,7^{\circ}$ menunjukkan nilai yang cukup besar, yang mengindikasikan adanya aktivitas menjangkau dengan jarak yang agak jauh dari posisi tubuh alami. Berdasarkan hasil evaluasi postur kerja menggunakan metode REBA pada gambar 5, diperoleh skor yang menunjukkan tingkat risiko ergonomi yang sangat tinggi yaitu 11. Pada Tabel A, penilaian dilakukan terhadap kombinasi postur *trunk*, leher, dan kaki. Sudut fleksi *trunk* yang berada pada kisaran $58,5^{\circ}$ – $66,8^{\circ}$ menunjukkan posisi membungkuk signifikan dengan skor 4 dan karena posisinya yang sedikit memutar sehingga skornya menjadi 5. Sementara itu, posisi leher berada dalam kondisi netral (0°) dengan skor 1, dan posisi kaki yang tidak stabil menghasilkan skor 2 dengan lutut dalam kondisi fleksi membuat skor berubah menjadi 3. Kombinasi ketiga komponen tersebut menghasilkan skor awal Tabel A sebesar 7. Selanjutnya, karena beban karton yang diangkat berada pada kisaran 16–18 kg (lebih dari 10 kg), maka ditambahkan skor beban sebesar +2, sehingga diperoleh skor akhir Tabel A sebesar 9.

Pada Tabel B, penilaian difokuskan pada postur bagian atas yang meliputi lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Sudut lengan atas yang berada pada kisaran $41,5^{\circ}$ hingga $93,7^{\circ}$ menghasilkan skor 4, sedangkan sudut lengan bawah sebesar $13,8^{\circ}$ menghasilkan skor 2. Pergelangan tangan menunjukkan deviasi kecil dengan skor 1. Kombinasi ketiga komponen tersebut menghasilkan skor awal Tabel B sebesar 5. Selain itu, kondisi pegangan karton yang sulit dan tidak optimal akibat ukuran yang besar dan kurang stabil menambah skor *coupling* sebesar +2, sehingga skor akhir Tabel B menjadi 7.

Selanjutnya pada Tabel C dilakukan penggabungan antara skor Tabel A dan Tabel B, yaitu masing-masing sebesar 9 dan 7, yang menghasilkan skor REBA sebesar 11. Skor akhir REBA sebesar 11 termasuk dalam kategori risiko sangat tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas tersebut memiliki potensi tinggi dalam menyebabkan gangguan muskuloskeletal (MSDs) dan memerlukan tindakan perbaikan secara segera.



Gambar 4 Identifikasi Sudut Postur Kerja Operator untuk Aktivitas Meletakkan Karton Berisi Garmen pada Pallet Pengambilan Tingkat 1

Tabel A	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
Score	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	

Berat karton paling berat yaitu 16-18 kg, lebih besar dari 10 kg.
Skor berat = +2
Final skor Tabel A = 7 + 2 = 9

Tabel B	Lower Arm						
	1			2			
Wrist	1	2	3	1	2	3	
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Pegangan sulit, licin, atau tidak stabil.
Skor pegangan = +2
Final skor Tabel B = 5 + 2 = 7

Score A	Tabel C												
	Score B												
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tidak ada penambahan skor aktivitas.
Final skor REBA = 11 + 0 = 11
Level = Sangat Tinggi

Gambar 5. Perhitungan Skor REBA untuk Aktivitas meletakkan karton berisi garmen pada pallet pengambilan Tingkat 1

Postur kerja dalam skenario 7 diperburuk oleh letak pallet yang hanya 14 cm di atas permukaan lantai, membuat operator harus mempertahankan posisi yang tidak ideal sepanjang waktu kerja. Kombinasi antara fleksi punggung, posisi lengan yang diangkat, dan beban kerja manual dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan muskuloskeletal (MSDs) terutama di bagian punggung bawah, bahu, dan anggota tubuh atas. Hasil ini semakin memperkuat penilaian dengan metode REBA, yang menunjukkan bahwa ada risiko ergonomis tinggi hingga sangat tinggi dalam beberapa pola gerakan, sehingga perlu dilakukan perbaikan segera terhadap desain fasilitas dan postur operator.

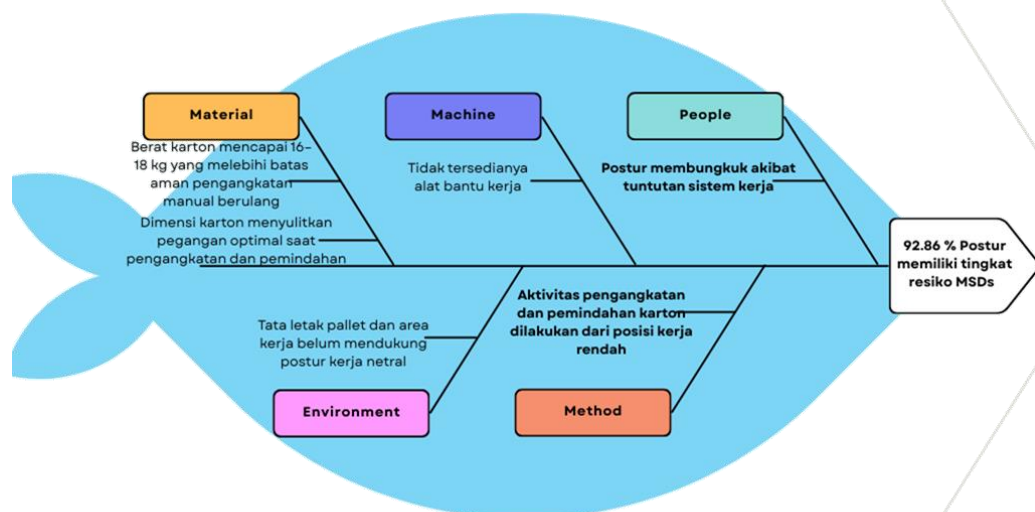
Hasil evaluasi untuk 14 skenario yang ditunjukkan dalam tabel 2 mengungkapkan bahwa mayoritas skenario operasional menunjukkan tingkat risiko yang memerlukan perhatian serius. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa terdapat 14,29% skenario termasuk dalam kategori risiko sangat tinggi, 57,14% berada pada kategori risiko tinggi, 21,43% pada kategori risiko sedang, dan hanya 7,14% yang berada pada kategori risiko rendah. Distribusi tingkat risiko tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas *packing* besar memiliki potensi risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang signifikan dan membutuhkan tindakan perbaikan ergonomi segera.

Tabel 2. Rangkuman nilai Skor REBA

No	Aktivitas	Skor REBA	Hasil Analisis REBA
1	Merakit karton	6	Risiko sedang , diperlukan investigasi lanjutan dan perubahan dalam waktu dekat
2	Mengambil produk garmen dari meja kerja	3	Risiko rendah , perubahan mungkin diperlukan
3	Memindahkan produk garmen ke dalam karton	4	Risiko sedang , diperlukan investigasi lanjutan dan perubahan dalam waktu dekat
4	Menata produk garmen ke dalam karton	6	Risiko sedang , diperlukan investigasi lanjutan dan perubahan dalam waktu dekat
5	Mengangkat karton berisi garmen	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
6	Memindahkan karton berisi garmen	10	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
7	Meletakkan karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 1	11	Risiko sangat tinggi , perbaikan harus segera dilakukan
8	Meletakkan karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 2	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
9	Meletakkan karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 3	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
10	Meletakkan karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 4	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
11	Mengangkat karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 4	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
12	Mengangkat karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 3	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
13	Mengangkat karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 2	9	Risiko tinggi , perlu dilakukan investigasi dan penerapan perbaikan
14	Mengangkat karton berisi garmen pada pallet pengambilan tingkat 1	11	Risiko sangat tinggi , perbaikan harus segera dilakukan

Hasil dari analisis ini menjadi dasar dilakukannya penelitian lebih lanjut yang berfokus pada perbaikan postur kerja melalui pendekatan ergonomi, dengan tujuan menurunkan tingkat risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs), meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja operator pada proses *packing* besar.

Berdasarkan hasil penilaian postur kerja menggunakan metode REBA, dilakukan analisis lanjutan menggunakan diagram fishbone untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab tingginya risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs) pada aktivitas *packing* besar yang ditunjukkan pada gambar 6 dibawah ini.

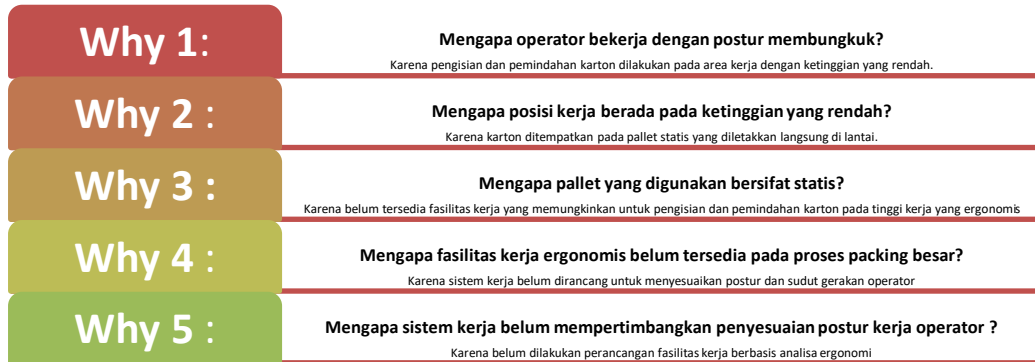


Gambar 6 Diagram Fishbone Penyebab Risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada Proses *Packing* Besar

Hasil analisis memperlihatkan bahwa permasalahan utama berasal dari metode kerja dan desain fasilitas kerja, khususnya penempatan pallet pada ketinggian kerja yang sangat rendah dan belum tersedianya alat bantu kerja yang ergonomis. Selain itu, faktor manusia berupa keterbatasan pemahaman operator mengenai postur kerja yang benar dan

tingginya beban kerja fisik turut berkontribusi terhadap meningkatnya skor REBA pada beberapa aktivitas. Berdasarkan hasil analisis fishbone, faktor metode kerja dan desain fasilitas diidentifikasi sebagai penyebab dominan tingginya risiko ergonomi. Oleh karena itu, analisis lanjutan dilakukan menggunakan metode 5 *Whys* untuk menelusuri akar penyebab permasalahan, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 7.

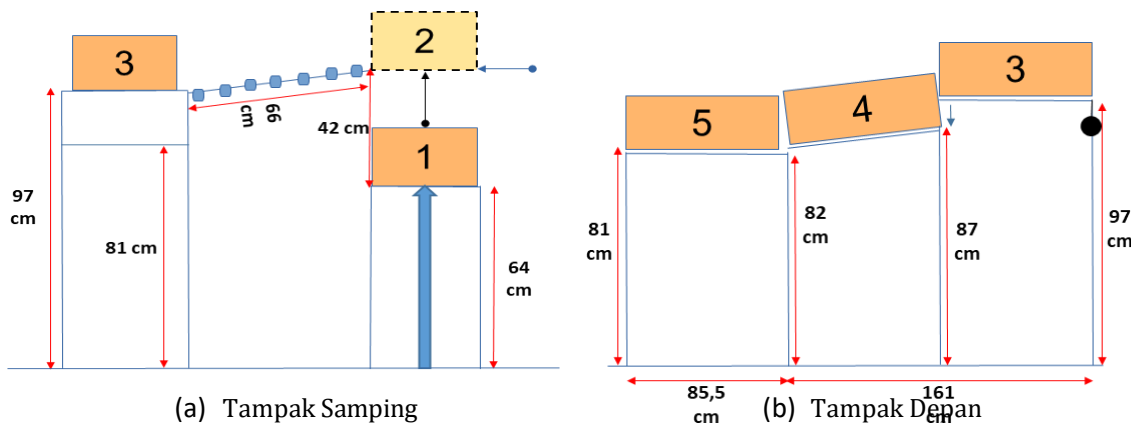
Analisis dimulai dari permasalahan utama berupa postur kerja membungkuk yang dialami operator, kemudian ditelusuri secara bertahap hingga ditemukan akar penyebab permasalahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa postur kerja membungkuk tidak disebabkan oleh faktor individu semata, melainkan oleh ketiadaan fasilitas kerja ergonomis yang mampu menyesuaikan ketinggian area kerja dan alur pemindahan karton sesuai dengan postur operator. Akar penyebab yang teridentifikasi menjadi dasar dalam perancangan alat bantu kerja ergonomis lebih lanjut sebagai upaya reduksi risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) secara sistematis dan berkelanjutan pada proses *packing* besar.



Gambar 7. Diagram 5 *Whys* Akar Penyebab Risiko MSDs pada Proses *Packing* Besar

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbaikan tidak cukup dilakukan melalui perubahan perilaku kerja, melainkan memerlukan penyesuaian teknis pada sistem kerja. Oleh karena itu, penelitian ini dilanjutkan dengan perancangan alat bantu ergonomis yang bertujuan menyesuaikan ketinggian kerja, mengurangi aktivitas *manual handling* dari posisi rendah, dan menurunkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) pada proses *packing* besar di PT. HX. Untuk itu dirancang "*Ergonomic Adjustable Packing Table*", usulan perbaikan ini dimaksudkan untuk memperbaiki postur kerja operator menjadi lebih ergonomis.

Rancangan *Ergonomic Adjustable Packing Table* ini bertujuan mengurangi aktivitas membungkuk dan pengangkatan manual dari posisi rendah yang selama ini menjadi sumber utama risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs). Meja dilengkapi dengan permukaan kerja yang dapat disesuaikan ketinggiannya sehingga posisi karton berada pada zona kerja ergonomis, khususnya pada rentang sudut gerakan lengan bawah 60° – 100° . Posisi ini akan memudahkan operator dalam melakukan pengisian dan pengambilan karton penuh. Mekanisme penyesuaian ketinggian menggunakan *pneumatic spring* yang dioperasikan melalui tombol kendali, memungkinkan pengaturan dengan usaha minimal. Rancangan ini juga terintegrasi dengan sistem *roller conveyor* dan kemiringan terkontrol untuk memfasilitasi pemindahan karton tanpa pengangkatan manual. Implementasi alat bantu ini diharapkan dapat menurunkan tingkat risiko postur kerja. Usulan desain ini dibuat secara langsung di PT.HX. Berikut adalah usulan ketinggian yang akan dirancang terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Usulan ketinggian design *Ergonomic Adjustable Packing Table*

Usulan perbaikan pada penelitian ini tidak hanya berhenti pada tahap desain saja, tetapi direalisasikan secara langsung dalam bentuk pembuatan alat secara nyata dan di uji coba pada area *packing* besar di PT. HX. Gambar rancangan dapat di lihat pada gambar 9.



Gambar 9. Desain *Ergonomic Adjustable Packing Table*

Mekanisme kerja alat bantu ini dijelaskan melalui alur perpindahan karton secara bertahap dapat di tunjukkan pada gambar 10. Proses diawali dengan pengisian pakaian yang telah dikemas dalam *polybag* ke dalam karton pada meja pengisian (posisi 1, lihat gambar 8a). Pada kondisi awal, aktivitas ini mengharuskan operator bekerja dalam postur membungkuk. Melalui usulan perbaikan ini, ketinggian meja pengisian dirancang dengan mempertimbangkan akumulasi tinggi meja dan tinggi karton yang akan diisi agar sesuai dengan antropometri operator yaitu menggunakan dimensi tinggi siku berdiri sehingga memungkinkan pengisian karton dilakukan dalam postur kerja yang lebih netral. Data dimensi ini menggunakan data antropometri orang indonesia wanita berusia 18-47 tahun [33].

Setelah karton terisi penuh (gambar10a), operator akan mengaktifkan tombol penggerak (saklar) untuk menaikkan permukaan meja dengan bantuan *pneumatic spring* hingga mencapai posisi 2 (lihat gambar 8a, kondisi nyatanya pada gambar 10b). *Pneumatic spring* diaktifkan melalui sistem kontrol sederhana berbasis listrik untuk membuka dan menutup aliran udara. Saklar akan ditempatkan di atas meja *Packing* agar mudah dijangkau operator. Saat karton yang berada di posisi nomor 2 pada rancangan Gambar 8a, secara otomatis akan terdorong oleh plat bertenaga *pneumatic spring* yang lebih kecil (yang dilingkari pada gambar 10c) ke arah *roller conveyor*.

Selanjutnya, karton bergerak turun menuju posisi 3 (lihat gambar 8b, kondisi nyatanya pada gambar 10d) melalui *roller conveyor* dengan sudut kemiringan sekitar 7° , yang dirancang untuk memanfaatkan gaya gravitasi tanpa menggeser susunan pakaian di dalam karton atau keluarnya isi karton. Setelah karton berada di posisi 3, conveyor yang semula berada pada posisi datar akan berubah menjadi miring secara otomatis (perubahan posisi ditunjukkan gambar 10e ke 10f) saat menerima beban karton, menggunakan prinsip keseimbangan momen beban. Perubahan posisi ini memungkinkan karton bergerak secara terkendali menuju posisi 4 (lihat gambar 8b, kondisi nyatanya pada gambar 10g) dan selanjutnya mencapai meja datar pada posisi 5 (lihat gambar 8b, kondisi nyatanya pada gambar 10h). Posisi akhir ini dirancang sebagai titik pengambilan karton oleh operator *Packing* Akurasi 100%, dengan ketinggian yang ergonomis yaitu setinggi 81 cm, sehingga aktivitas pengangkatan dapat dilakukan tanpa perlu membungkuk secara berlebihan.



(a) Area Pengisian Karton



(b) Mekanisme Pengangkatan Meja Pengisian



(c) Mekanisme Pendorong Karton ke Roller Conveyor



(d) Conveyor Miring Tahap Awal pada Proses Perpindahan Karton



(e) Perpindahan Karton dari Meja Angkat ke Conveyor



(f) Perubahan Posisi Conveyor Menjadi Miring Secara Otomatis



(g) Conveyor Miring Tahap Lanjutan Menuju Area Pengambilan



(h) Area Pengambilan Karton oleh Operator Packing Akurasi 100%

Gambar 10. Mekanisme Alat bantu Ergonomic Adjustable Packing Table

Setelah penggunaan alat bantu diatas, beberapa skenario gerakan menjadi tidak diperlukan lagi, seperti pengangkatan karton saat akan dipindah *pallet* serta tidak ada lagi penumpukan dan pengambilan karton pada tumpukan yang berbeda-beda. Implementasi langsung ini memungkinkan evaluasi yang lebih representatif terhadap perubahan postur kerja operator dan efektivitas alat bantu dalam menurunkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs). Berikut merupakan aktivitas gerakan setelah dilakukannya perbaikan dengan sosialisasi kepada operator dan pembuatan alat bantu.

Setelah alat bantu *Ergonomic Adjustable Packing Table* diterapkan, dilakukan pengamatan dan pengujian postur kerja operator kembali menggunakan metode REBA. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat risiko postur kerja sebelum dan sesudah perbaikan, sekaligus menilai kesesuaian rancangan alat dengan kebutuhan kerja di lapangan. Pendekatan implementatif ini memastikan bahwa solusi yang diusulkan bersifat aplikatif, realistis, dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan dalam sistem kerja perusahaan.

Dengan penggunaan alat bantu *Ergonomic Adjustable Packing Table*, terdapat beberapa skenario gerakan yang menjadi tidak ada, seperti pengangkatan karton saat akan dipindah *pallet* serta tidak ada lagi penumpukan dan pengambilan karton pada tumpukan yang berbeda-beda. Gambar 11 merupakan sejumlah aktivitas gerakan setelah implementasi alat bantu.



Gambar 11. Identifikasi Postur Kerja setelah Implementasi *Ergonomic Adjustable Packing Table*

Tabel 3 menunjukkan perhitungan skor REBA usulan untuk setiap aktivitas gerakan operator setelah implementasi *Ergonomic Adjustable Packing Table*.

Tabel 3. Rangkuman nilai Skor REBA setelah perbaikan

No	Aktivitas	Skor REBA	Hasil Analisis REBA
1	Merakit karton	1	Tidak berisiko
2	Mengambil produk garmen dari meja kerja	1	Tidak berisiko
3	Menata produk garmen ke dalam karton	1	Tidak berisiko
4	Menekan saklar untuk memindahkan karton	2	Risiko rendah
5	Mengangkat karton berisi garmen dari conveyor	1	Tidak berisiko

Pada kondisi aktual, hasil analisis menunjukkan bahwa dari 14 aktivitas kerja yang diteliti memiliki 92,86% tingkat risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) kategori sedang hingga sangat tinggi. Tingginya risiko tersebut terutama dipengaruhi oleh postur membungkuk, aktivitas pengangkatan manual berulang, serta pemindahan karton dari dan ke ketinggian yang tidak ergonomis. Setelah implementasi usulan perbaikan berupa penggunaan alat *Ergonomic Adjustable Packing Table*, terjadi perubahan signifikan pada karakteristik sistem kerja. Tidak ditemukan lagi aktivitas dengan tingkat risiko MSDs kategori sedang hingga sangat tinggi (0%).

Tabel 4. Perbandingan Tingkat Risiko Postur Kerja Sebelum dan Setelah Perbaikan

Indikator	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Jumlah aktivitas yang dianalisis	14 aktivitas	5 aktivitas
Risiko Sangat Tinggi (Skor 11-15)	2 aktivitas (14,29%)	- (0%)
Risiko Tinggi (Skor 8-10)	8 aktivitas (57,14%)	- (0%)
Risiko Sedang (Skor 4-7)	3 aktivitas (21,43%)	- (0%)
Risiko Rendah (Skor 2-3)	1 aktivitas (7,14%)	1 aktivitas (20%)
Dapat diabaikan (Skor 1)	- (0%)	4 aktivitas (80%)
Skor REBA Tertinggi	11	2
Skor REBA Terendah	3	1
Waktu Proses Perakitan	188,04 detik	92,15 detik

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa implementasi usulan memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan risiko ergonomi. Sebelum perbaikan, sebagian besar aktivitas berada pada kategori risiko sedang, tinggi hingga sangat tinggi, sedangkan setelah perbaikan tidak ditemukan lagi aktivitas dengan tingkat risiko tersebut. Selain itu, terjadi pergeseran distribusi risiko menuju kategori tidak berisiko dan risiko rendah. Penurunan skor REBA tertinggi dari 11 menjadi 2 menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan efektif dalam mengeliminasi aktivitas dengan tingkat risiko ergonomi paling kritis, karena sebagian besar proses pengangkatan dan pemindahan karton telah dialihkan dan dibantu oleh mekanisme alat. Hasil ini menunjukkan bahwa alat bantu *Ergonomic Adjustable Packing Table* yang diusulkan tidak hanya efektif dalam menurunkan tingkat risiko ergonomi, tetapi juga berhasil mengeliminasi aktivitas manual berisiko tinggi, sehingga operator lebih berperan pada aktivitas dengan postur netral dan beban fisik minimal. Selain itu, waktu siklus untuk proses *Packing* besar, mulai dari proses perakitan karton, pengisian karton, hingga karton penuh diambil oleh operator *packing* akurasi 100% setelah perbaikan berkurang dari 188,04 detik menjadi 92,15 detik.

Disamping hasil yang diperoleh dan implementasi yang telah diterapkan di PT.HX, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Adapun keterbatasan dalam penelitian ini adalah penilaian postur kerja REBA dilakukan oleh dua orang penilai dan masih difokuskan pada satu area kerja, yaitu proses *packing* besar di PT. HX, sehingga generalisasi hasil ke sektor atau perusahaan lain perlu dilakukan dengan kehati-hatian.

Penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa perbaikan postur kerja tidak cukup dilakukan melalui perubahan perilaku operator, tetapi memerlukan penyesuaian pada desain sistem kerja dan fasilitas kerja. Implementasi alat bantu *Ergonomic Adjustable Packing Table* terbukti mampu menurunkan risiko MSDs secara signifikan sekaligus meningkatkan efisiensi waktu proses. Hal ini dapat dijadikan acuan bagi perusahaan lain dengan karakteristik proses kerja serupa, khususnya pada aktivitas *manual handling* di area pengemasan. Peluang pengembangan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada evaluasi postur kerja pada stasiun kerja lainnya dan dampak jangka panjang terhadap kesehatan pekerja, produktivitas, serta aspek ekonomi seperti pengurangan biaya cedera kerja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa proses *packing* besar di PT. HX memiliki tingkat risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang tinggi akibat dominasi aktivitas *manual handling*, postur membungkuk, dan pengangkatan karton dari ketinggian kerja yang tidak ergonomis. Dari hasil evaluasi postur kerja dari 14 aktivitas menggunakan metode REBA ditemukan bahwa 92,86% aktivitas berada pada kategori risiko sedang hingga sangat tinggi, sehingga memerlukan tindakan perbaikan segera. Hasil analisis menggunakan diagram fishbone dan metode 5 Whys mengindikasikan bahwa permasalahan utama tidak hanya disebabkan oleh faktor manusia, tetapi disebabkan juga

metode kerja dan desain fasilitas kerja yang belum ergonomis, khususnya penggunaan pallet pada ketinggian rendah dan ketiadaan alat bantu kerja yang mendukung postur netral pekerja.

Untuk itu, dirancang solusi dan diimplementasikan alat bantu *Ergonomic Adjustable Packing Table* yang mampu menyesuaikan ketinggian area kerja dan memfasilitasi pemindahan karton tanpa pengangkatan manual dari posisi rendah, yang menyebabkan postur pekerja berisiko. Implementasi alat bantu ini terbukti efektif dalam menurunkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs), ditunjukkan dengan hasil evaluasi REBA setelah perbaikan yang menunjukkan tidak adanya aktivitas dengan risiko MSDs kategori sedang hingga sangat tinggi. Selain itu, jumlah aktivitas manual berisiko tinggi berhasil direduksi, dan waktu siklus proses packing besar mengalami penurunan signifikan sebesar 50,99 %.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa perbaikan postur kerja melalui pendekatan ergonomi berbasis desain alat bantu tidak hanya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kerja operator, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi dan produktivitas sistem kerja. Metode ini memiliki potensi untuk diterapkan secara terus menerus pada proses packing di industri garmen dengan karakteristik kerja yang sama.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen PT. HX atas dukungan dan izin yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik di lingkungan perusahaan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada bagian *Innovation* dan Bapak Arief atas bantuan dan kerja sama selama proses perancangan, uji coba, dan implementasi alat bantu penelitian. Apresiasi turut diberikan kepada seluruh karyawan PT. HX yang bersedia terlibat dalam proses pengambilan data dan penilaian postur kerja. Selain itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha, khususnya Program Sarjana Teknik Industri atas dukungan akademik dan fasilitas yang menunjang pelaksanaan penelitian ini.

REFERENCES

- [1] R. Koirala and A. Nepal, "Literature Review on Ergonomics, Ergonomics Practices, and Employee Performance," *Quest Journal of Management and Social Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 273–288, Dec. 2022, doi: 10.3126/qjmss.v4i2.50322.
- [2] K. Al-Omari and H. Okasheh, "The Influence of Work Environment on Job Performance: A Case Study of Engineering Company in Jordan," 2017. [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>
- [3] F. S. Sabir, Z. Maqsood, W. Tariq, and N. Devkota, "Does happiness at work lead to organisation citizenship behaviour with mediating role of organisation learning capacity A gender perspective study of educational institutes in Sialkot, Pakistan," *International Journal of Work Organisation and Emotion*, vol. 10, no. 4, p. 281, 2019, doi: 10.1504/IJWOE.2019.106891.
- [4] W. Santos et al., "Efficacy of Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis," *J. Clin. Med.*, vol. 14, no. 9, p. 3034, Apr. 2025, doi: 10.3390/jcm14093034.
- [5] ILO, "ILO supports inclusion of musculoskeletal disorders into the list of occupational diseases in China," Jun. 2022. Accessed: Dec. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.ilo.org/resource/news/ilo-supports-inclusion-musculoskeletal-disorders-list-occupational-diseases>
- [6] C. Weyh, C. Pilat, and K. Krüger, "Musculoskeletal disorders and level of physical activity in welders," *Occup. Med. (Chic. Ill.)*, vol. 70, no. 8, pp. 586–592, Dec. 2020, doi: 10.1093/occmed/kqaa169.
- [7] P. Daniyar, E. Riyandani, and V. Widyaningsih, "Occupational Illness Due to Ergonomic Factors in Textile Industry Workers," in *Childhood Stunting, Wasting, and Obesity, as the Critical Global Health Issues: Forging Cross-Sectoral Solutions*, Masters Program in Public Health, Universitas Sebelas Maret, 2020. doi: 10.26911/the7thicph.02.46.
- [8] T. Gebrye, C. Mbada, P. Apeagyei, and F. Fatoye, "Prevalence of musculoskeletal disorders among garment workers: a systematic review and meta-analysis," *BMJ Open*, vol. 15, no. 1, p. e085123, Jan. 2025, doi: 10.1136/bmjopen-2024-085123.
- [9] S. Shah, A. Shakya, P. Laxmi Maharjan, S. Subedi, and K. Raj Gautam, "Musculoskeletal disorders among the garments workers in Rupandehi district, Nepal," *MOJ Public Health*, vol. 9, no. 4, pp. 117–120, Aug. 2020, doi: 10.15406/mojph.2020.09.00334.
- [10] Ö. Kaya, "Work Design in Apparel Sector," in *Ergonomics - New Insights*, IntechOpen, 2023. doi: 10.5772/intechopen.106960.
- [11] V. Kanniappan and V. Palani, "Prevalence of Musculoskeletal Disorders among Sewing Machine Workers in a Leather Industry," *J. Lifestyle Med.*, vol. 10, no. 2, pp. 121–125, Jul. 2020, doi: 10.15280/jlm.2020.10.2.121.
- [12] O. T. Okareh, O. E. Solomon, and R. Olawoyin, "Prevalence of ergonomic hazards and persistent work-related musculoskeletal pain among textile sewing machine operators," *Saf. Sci.*, vol. 136, p. 105159, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105159.
- [13] L. Liu and F. Guo, "Workers' subjective discomfort, muscle fatigue, and kinematics during a manual packaging task," *Work*, vol. 73, no. 3, pp. 871–879, Nov. 2022, doi: 10.3233/WOR-205107.

- [14] M. Joshi and V. Deshpande, "A systematic review of comparative studies on ergonomic assessment techniques," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 74, p. 102865, 2019.
- [15] M. Gómez-Galán, Á.-J. Callejón-Ferre, J. Pérez-Alonso, M. Díaz-Pérez, and J.-A. Carrillo-Castrillo, "Musculoskeletal Risks: RULA Bibliometric Review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 12, p. 4354, Jun. 2020, doi: 10.3390/ijerph17124354.
- [16] H. V. Jara, I. Z. Orejuela, and J. M. Baydal-Bertomeu, "Study of the ergonomic risk in operators of an assembly line using the RULA method in real working conditions through the application of a commercial sensor," *Mater. Today Proc.*, vol. 49, pp. 122–128, 2022.
- [17] L. McAtamney and E. N. Corlett, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders," *Appl. Ergon.*, vol. 24, no. 2, pp. 91–99, 1993.
- [18] S. Hignett and L. Mcatamney, Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 2000.
- [19] A. Dey and P. Mondal, "Ergonomic Assessment in the Apparel Industry Using Rapid Entire Body Assessment (REBA) Among Workers in India in Finishing Department," *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, vol. 13, no. 1, pp. 1–23, 2025.
- [20] Z. F. Hunusalela, S. Perdana, and G. K. Dewanti, "Analisis Postur Kerja Operator Dengan Metode RULA dan REBA Di Juragan Konveksi Jakarta," *IKRAITH-Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, Oct. 2021, doi: 10.37817/ikraith-teknologi.v6i1.1656.
- [21] M. A. Bora et al., "Application of REBA and QEC Methods in Redesigning Clamping Workstations to Enhance Ergonomic Performance," *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, vol. 58, no. 6, pp. 1275–1284, Jun. 2025, doi: 10.18280/jesa.580617.
- [22] N. Larasati, L. Handoko, and A. Nadia Rachmat, "Penilaian Resiko Postur Kerja Menggunakan Metode REBA Terhadap Keluhan Muskuloskeletal pada Pekerjaan Pengelasan," *Jurnal Produktiva*, vol. 1, no. 2, pp. 16–20, Aug. 2022, doi: 10.36815/jurva.v2i1.1947.
- [23] A. B. Kurniawan and E. Ismiyah, "Analisis Postur Kerja Menggunakan Metode REBA dan RULA Untuk Mengurangi Risiko Gangguan Muskuloskeletal Pada Pekerja Bengkel Bubut (Studi Kasus: CV. Sumber Rezeki)," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 4, pp. 2069–2075, Nov. 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i4.1370.
- [24] A. R. Sya'bana and D. Herwanto, "Analisis Postur Tubuh Menggunakan Metode RULA, REBA Pada Pekerja di Divisi Packaging," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 5909–5915, 2023.
- [25] P. A. Pratiwi, D. Widyaningrum, and M. Jufriyanto, "Analisis Postur Kerja Menggunakan Metode REBA untuk Mengurangi Risiko Muskuloskeletal Disorder (MSDs)," *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, vol. 9, no. 2, pp. 205–214, Dec. 2021, doi: 10.33373/profis.v9i2.3415.
- [26] M. G. Kibria, "Ergonomic Analysis of Working Postures at a Construction Site Using Rula and Reba Method," *Journal of Engineering Science*, vol. 14, no. 1, pp. 43–52, Jul. 2023, doi: 10.3329/jes.v14i1.67634.
- [27] Ö. Ayvaz, B. A. Özyıldırım, H. İşsever, G. Öztan, M. Atak, and S. Özel, "Ergonomic risk assessment of working postures of nurses working in a medical faculty hospital with REBA and RULA methods," *Sci. Prog.*, vol. 106, no. 4, Oct. 2023, doi: 10.1177/00368504231216540.
- [28] A. Kumar, S. A. George, and A. T. Abraham, "A Review on Use of Rapid Entire Body Assessment (REBA) Tool to Evaluate Musculoskeletal Disorder Among Health Professionals," *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 8, no. 08, pp. 4–8, 2022, [Online]. Available: www.wwjmr.com
- [29] A. Bilgic et al., "Real-World Experience with Brolocizumab in Wet Age-Related Macular Degeneration: The REBA Study," *J. Clin. Med.*, vol. 10, no. 13, p. 2758, Jun. 2021, doi: 10.3390/jcm10132758.
- [30] E. Gülsoy Altıntaş and Ü. T. Babaoğlu, "Occupational ergonomic risks among ambulance personnel: insights from REBA-based assessment," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, pp. 1–9, Oct. 2025, doi: 10.1080/10803548.2025.2565915.
- [31] M. Fahariman Yudiardi, M. Imron, F. Purwangka, D. Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, and F. Perikanan dan Ilmu Kelautan, "Penilaian Postur Kerja dan Risiko Muskuloskeletal Disorders (MSDs) Pada Nelayan Bagan Apung dengan Menggunakan Metode REBA," *Jurnal IPTEKS PSP*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [32] E. Suparti, A. T. Wahyudi, and A. Fitrianiingsih, "Total ergonomics approach to analyze work system and propose improvements for increasing worker productivity," *OPSI*, vol. 16, no. 2, p. 174, Dec. 2023, doi: 10.31315/opsi.v16i2.9009.
- [33] <https://antropometriindonesia.org>, "Data Anthropometri Indonesia," Data Anthropometri Wanita Dewasa berumur 17 tahun sampai 47 tahun .