

RESEARCH ARTICLE

Perancangan *Material Handling Equipment* Untuk Produk Kosmetik Toner di PT XYZ Dengan Metode *Quality Function Deployment*

Gifta Aka Saputra, Yusuf Nugroho Doyo Yekti* and Mira Rahayu

Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: doyoyekti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Industri kosmetik di Indonesia, khususnya perusahaan maklon seperti PT XYZ, mengalami pertumbuhan pesat. Namun, pemindahan drum produksi seberat 150 – 200 kg dengan metode *manual material handling* (MMH) menyebabkan keluhan pada lengan, bahu, dan punggung, serta meningkatkan risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Penelitian ini melakukan intervensi ergonomi berbasis perhitungan GOTRAK dan RULA untuk mengurangi dampak negatif tersebut. Melalui *Quality Function Deployment* (QFD) dan pendekatan antropometri, dirancang alat bantu *Material Handling Equipment* (MHE) piping. Simulasi penerapan MHE piping menunjukkan perbaikan postur operator, menurunkan penggunaan MMH, dan risiko MSDs.

Key words: *Musculoskeletal Disorders*, GOTRAK, *Quality Function Deployment*, *Material Handling*, Kosmetik

Pendahuluan

Industri kosmetik Indonesia telah lama menjadi pilar ekonomi nasional, mendapatkan perhatian khusus dalam Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035. Pada periode tersebut, industri kosmetik di Indonesia mengalami pertumbuhan pesat dengan proyeksi pertumbuhan tahunan sebesar 5,91% menurut Statista. Pandemi Covid-19 yang melanda sejak 2020 memicu perubahan signifikan dalam pola konsumsi dan perilaku masyarakat, termasuk peningkatan minat terhadap perawatan kulit di rumah. Perubahan ini memberikan peluang besar bagi merek lokal untuk berkembang, menarik perhatian konsumen dengan produk berkualitas dan harga terjangkau. Industri kosmetik di Indonesia sangat kompetitif, dipengaruhi oleh preferensi dan perilaku konsumen yang terus berubah. Merek lokal kini mulai mendapatkan tempat di hati konsumen, bersaing dengan merek internasional. Data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menunjukkan peningkatan signifikan jumlah pelaku usaha di industri kosmetik, dari 819 pada 2021 menjadi 913 pada 2022, mencerminkan potensi pasar yang kuat. Selain itu, industri ini juga menyerap 59.886 tenaga kerja pada 2022, menunjukkan kontribusi positif terhadap ekonomi dan penciptaan lapangan kerja.

Walaupun industri kosmetik tumbuh pesat, tantangan utama yang dihadapi adalah persaingan yang ketat dan kepatuhan terhadap regulasi. Banyak merek baru membutuhkan dukungan dalam produksi dan perizinan agar dapat bersaing di pasar. Salah satu tantangan operasional di perusahaan maklon seperti PT XYZ adalah proses pemindahan drum hasil produksi yang masih menggunakan metode *manual material handling* (MMH), menimbulkan keluhan fisik dari pekerja dan meningkatkan risiko cedera. Peneliti melakukan observasi dilakukan pada



Gambar 1. Postur Tubuh Operator (1)

PT XYZ untuk mengetahui lebih lanjut bagaimana proses pemindahan drum hasil produksi. Didapatkan terdapat beberapa keluhan dari operator untuk proses pemindahan drum hasil produksi yang masih menggunakan metode *manual material handling*. Hal tersebut dilanjutkan dengan pengamatan postur kerja operator yang memindahkan drum dengan berat 150 – 200 kg. Proses pemindahan dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 2. Postur Tubuh Operator (2)

Frekuensi	Keparahan			
	Tidak ada masalah (1)	Tidak nyaman (2)	Sakit (3)	Sakit Parah (4)
Tidak pernah (1)	1	2	3	4
Terkadang (2)	2	4	6	8
Sering (3)	3	6	9	12
Selalu (4)	4	8	12	16

Gambar 3. Tingkat Risiko Keluhan GOTRAK

Responden	Keluhan GOTRAK	Anggota Tubuh										
		Leher	Bahu	Siku	Punggung Atas	Lengan	Punggung Bawah	Tangan	Pinggul	Paha	Lutut	Betis
A	Frekuensi	2	3	1	2	1	3	2	1	1	1	2
	Keparahan	2	3	1	2	1	3	2	1	1	1	2
	Tingkat Risiko	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2
B	Frekuensi	2	2	3	2	3	3	2	2	2	1	2
	Keparahan	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
	Tingkat Risiko	6	6	6	5	6	5	6	6	1	6	6
C	Frekuensi	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1	2
	Keparahan	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3
	Tingkat Risiko	4	4	4	4	5	5	6	4	2	2	4

Gambar 4. Identifikasi Keluhan GOTRAK

Keluhan tersebut dilanjutkan oleh peneliti dengan melakukan kuisisioner berdasarkan pedoman pada SNI 9011:2021 dan dilanjutkan dengan *assessment* GOTRAK (Gangguan Otot dan Rangka). Didapatkan ketiga operator bekerja dalam kondisi risiko gangguan otot dan rangka yang tinggi sekaligus berada kondisi berbahaya pada potensi bahaya ergonomi (gambar 3). Risiko keluhan GOTRAK:

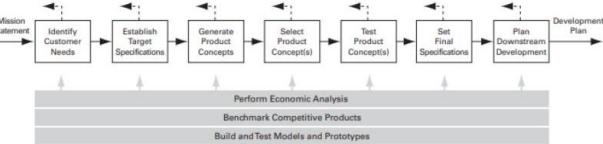
1. Hijau (1-4) = Tingkat Risiko Rendah
2. Kuning (6) = Tingkat Risiko Sedang
3. Merah (8-16) = Tingkat Risiko Tinggi

Pada gambar 4 dapat terlihat pada ketiga operator mendapatkan nilai risiko gangguan otot dan rangka pada rentang (8-16) yang bisa diinterpretasikan sebagai risiko tinggi.

Potensi Bahaya Ergonomi:

1. Nilai ≤ 2 = Kondisi Tempat Kerja Aman
2. Nilai 3-6 = Perlu Pengamatan Lebih Lanjut
3. Nilai ≥ 7 = Berbahaya

Berdasarkan data responden A pada tabel 1, responden B pada tabel 2 dan responden C pada tabel 3. Pada ketiga operator, hasil penilaian



Gambar 5. Tahapan Perancangan Pengembangan Produk

potensi bahaya ergonomi yang didapat adalah 12 dimana merupakan potensi bahaya ergonomi pada kategori bahaya. Setelah dilakukan langkah tersebut diketahui bahwa ketiga operator berada dalam kondisi kerja yang tidak aman dikarenakan memiliki potensi ergonomi yang berbahaya dan tingkat risiko GOTRAK dengan kategori tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi dan tantangan dalam industri kosmetik Indonesia serta memahami peran perusahaan maklon dalam mendukung pertumbuhan merek kosmetik baru. Secara khusus, penelitian ini akan mengidentifikasi masalah ergonomis dalam proses pemindahan drum di PT XYZ dan merancang solusi *material handling equipment* yang dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja. Metode *Quality Function Deployment* (QFD) akan digunakan untuk memastikan bahwa desain peralatan baru memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna.

Tinjauan Pustaka

Perancangan Pengembangan Produk

Menurut Ulrich dkk., (2020), pengembangan produk adalah rangkaian aktivitas dari mendekripsi peluang pasar hingga produksi, penjualan, dan distribusi produk. Produk diciptakan untuk digunakan atau membantu aktivitas manusia, melalui tahapan dari perumusan misi hingga pembuatan produk. Dari perspektif investor, pengembangan produk yang sukses menghasilkan produk yang dapat diproduksi dan dijual dengan menguntungkan, meskipun profitabilitas sulit dinilai langsung. Lima dimensi kinerja pengembangan produk yang terkait dengan laba adalah:

1. Kualitas Produk

Mengukur sejauh mana produk memenuhi kebutuhan pelanggan, kekuatan, keandalan, dan kualitas yang tercermin dalam penerimaan pasar dan harga.

2. Biaya Produk

Melibati investasi peralatan, modal, dan biaya produksi per unit yang mempengaruhi margin keuntungan.

3. Waktu Pengembangan

Kecepatan penyelesaian proyek pengembangan menentukan responsivitas perusahaan terhadap persaingan dan teknologi.

4. Biaya Pengembangan

Biaya yang dikeluarkan untuk mengembangkan produk, yang merupakan sebagian kecil dari total investasi.

5. Kemampuan Pengembangan

Pengalaman dari proyek sebelumnya meningkatkan kompetensi tim dan perusahaan untuk pengembangan produk di masa depan.

Tahapan Perancangan Pengembangan Produk

Tahapan perancangan produk ditunjukkan pada gambar 5. Menurut [1], jarang sekali seluruh proses berjalan secara berurutan, menyelesaikan setiap aktivitas sebelum memulai aktivitas berikutnya. Dalam praktiknya, aktivitas difase awal mungkin saling tumpang tindih dalam waktu dan sering kali diperlukan revisi.

Table 1. Penilaian Potensi Bahaya Ergonomi Responden A

Kategori Potensi Bahaya	Potensi Bahaya	Presentase Waktu Paparan (Dari Total Jam Kerja)	Jika total jam kerja > 8jam, tambah 0,5/jam	Skor
	Leher menekuk ke belakang	41%	Tidak	1
Postur Janggal	Lengan dengan posisi diatas tinggi perut	92%	Tidak	3
Usaha Tangan (repetitif/statis)	Menggenggam dengan kuat dalam posisi "power grip" dengan gaya 5kg	37%	Tidak	1
Postur Janggal Bagian Bawah	Tubuh membungkuk 20-45 °	55%	Tidak	2
Aktivitas Menarik Beban	Beban Berat	28%	Tidak	2
Aktivitas Mendorong Beban	Beban Berat	55%	Tidak	3

Table 2. Penilaian Potensi Bahaya Ergonomi Responden B

Kategori Potensi Bahaya	Potensi Bahaya	Presentase Waktu Paparan (Dari Total Jam Kerja)	Jika total jam kerja > 8jam, tambah 0,5/jam	Skor
	Leher menekuk ke belakang	23%	Tidak	0
Postur Janggal	Lengan dengan posisi diatas tinggi perut	87%	Tidak	3
Usaha Tangan (repetitif/statis)	Menggenggam dengan kuat dalam posisi "power grip" dengan gaya 5kg	57%	Tidak	3
Postur Janggal Bagian Bawah	Tubuh membungkuk 20-45 °	30%	Tidak	1
Aktivitas Menarik Beban	Beban Berat	53%	Tidak	3
Aktivitas Mendorong Beban	Beban Berat	30%	Tidak	2

Table 3. Penilaian Potensi Bahaya Ergonomi Responden C

Kategori Potensi Bahaya	Potensi Bahaya	Presentase Waktu Paparan (Dari Total Jam Kerja)	Jika total jam kerja > 8jam, tambah 0,5/jam	Skor
	Leher menekuk ke belakang	23%	Tidak	0
Postur Janggal	Lengan dengan posisi diatas tinggi perut	87%	Tidak	3
Usaha Tangan (repetitif/statis)	Menggenggam dengan kuat dalam posisi "power grip" dengan gaya 5kg	57%	Tidak	3
Postur Janggal Bagian Bawah	Tubuh membungkuk 20-45 °	30%	Tidak	1
Aktivitas Menarik Beban	Beban Berat	53%	Tidak	3
Aktivitas Mendorong Beban	Beban Berat	30%	Tidak	2

1. Identifying Customer Needs

Memahami kebutuhan pelanggan secara mendalam dan menyampaikannya kepada tim pengembangan. Hasilnya adalah daftar prioritas kebutuhan pelanggan.

2. Establishing Target Specifications

Mendefinisikan spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Spesifikasi ini disesuaikan seiring perkembangan proses.

3. Generate Product Concepts

Mengeksplorasi ide produk yang potensial melalui pencarian eksternal, pemecahan masalah kreatif, dan eksplorasi solusi. Hasilnya adalah sekelompok konsep produk.

4. Select Product Concept

Evaluasi dan pilih konsep produk terbaik melalui proses iteratif yang melibatkan analisis ulang dan pengembangan tambahan.

5. Test Product Concept

Uji konsep untuk memastikan pemenuhan kebutuhan pelanggan, evaluasi potensi pasar, dan identifikasi kekurangan. Revisi atau penghentian proyek dilakukan jika diperlukan.

6. Set Final Specifications

Evaluasi kembali spesifikasi untuk mencerminkan kendala dan batasan teknis serta pertukaran antara biaya dan kinerja.

7. Plan Downstream Development

Merinci jadwal pengembangan, strategi pengembangan, dan sumber daya yang diperlukan. Hasilnya adalah dokumen kontrak yang mencakup semua aspek penting proyek, berfungsi sebagai rekam kesepakatan antara tim dan manajemen senior.

Good Manufacturing Practices (GMP)

Menurut Hermansyah dkk. (2013), *Good Manufacturing Practice* (GMP) adalah pendekatan untuk mengelola mutu guna menghasilkan produk berkualitas tinggi dan mengurangi risiko masalah keamanan pangan melalui pengendalian yang efektif. GMP mencakup kebersihan karyawan, pelatihan, prosedur pembersihan, dan sanitasi yang efisien. Prinsip dasar GMP menekankan bahwa kualitas produk harus terjaga sepanjang proses produksi, bukan hanya diuji pada tahap akhir. Jaminan kualitas produk tidak hanya berfokus pada spesifikasi akhir, tetapi juga pada prosedur spesifik di setiap tahap produksi. GMP melibatkan kendali terhadap fasilitas, sistem, bahan baku, tahap produksi, pengujian produk, pelabelan, pemisahan, penyimpanan, dan faktor lainnya untuk memastikan setiap langkah dalam proses produksi berkontribusi pada produk berkualitas dan mengurangi risiko masalah mutu serta keamanan.

Cara Pembuatan Kosmetik Yang Baik (CPKB)

Penerapan Cara Pembuatan Kosmetika yang Baik (CPKB) sangat penting untuk memastikan produk kosmetik memenuhi standar kualitas dan keamanan. Pemerintah mendukung industri kosmetik, baik besar maupun kecil, untuk menerapkan CPKB melalui pendekatan berjenjang dan tahapan terstruktur. Tujuannya adalah memastikan semua produk kosmetik mematuhi regulasi mutu dan keamanan, sehingga konsumen dapat menggunakan dengan percaya diri. Inisiatif ini menunjukkan komitmen pemerintah dalam menjaga kualitas dan keamanan industri kosmetik. CPKB mencakup panduan pemindahan bahan dan produk untuk kosmetik yang baik.

Quality Function Development (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) adalah pendekatan terstruktur dalam perancangan dan pengembangan produk atau layanan yang memungkinkan tim untuk mengidentifikasi preferensi dan kebutuhan pelanggan secara tuntas. QFD melibatkan evaluasi sistematis terhadap kemampuan produk atau layanan yang diusulkan untuk memastikan

pemenuhan kebutuhan pelanggan [2]. Proses dimulai dengan pengumpulan *Voice of Customer* (VOC) sebagai fondasi utama QFD. Keberhasilan QFD memerlukan evaluasi teliti terhadap keinginan pelanggan dan validasi untuk memastikan kebutuhan tersebut terpenuhi [3].

Langkah pertama dalam QFD adalah pembuatan *House of Quality* (HOQ), yang merupakan representasi grafis penting dalam metodologi ini. Tahapan pengisian berbagai sektor dalam HOQ meliputi:

1. Customer Needs and Benefits

Mengumpulkan data terkait kebutuhan dan manfaat yang diinginkan konsumen, membantu perusahaan memahami dan memenuhi harapan pasar dengan akurat.

2. Planning Matrix

Menetapkan tujuan dan sasaran produk berdasarkan hasil riset pemasaran, memastikan keselarasan antara prioritas bisnis perusahaan dan kebutuhan konsumen.

3. Technical Response

Mengubah kebutuhan konsumen ke dalam bahasa pengembangan, menemukan solusi teknis yang efektif melalui alat seperti *affinity diagram*, *fishbone diagram*, dan *tree diagram*.

4. Relationships Matrix

Mengevaluasi hubungan antara kebutuhan konsumen dan karakteristik teknis, membantu menetapkan fokus utama produk dan prioritas pengembangan.

5. Technical Correlations

Menganalisis hubungan antara karakteristik teknis dan menentukan arah perbaikan yang diinginkan untuk setiap karakteristik teknis.

6. Technical Matrix

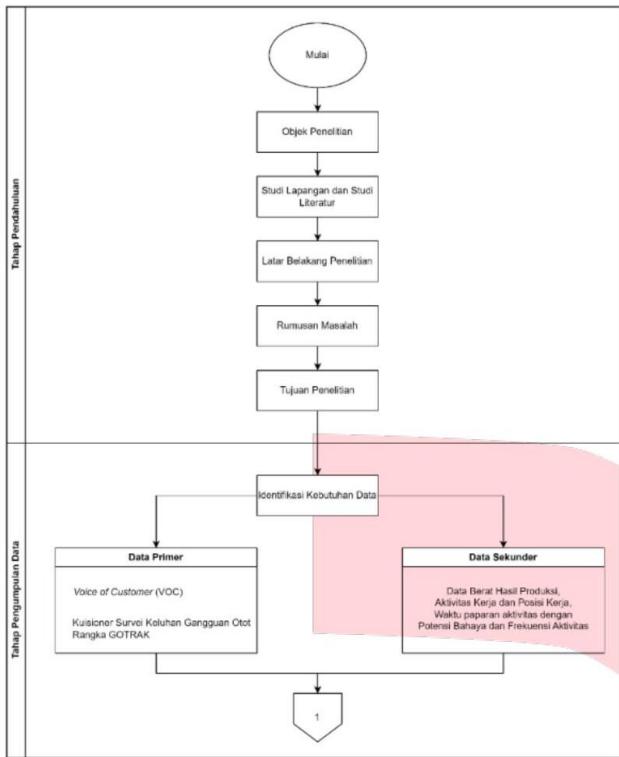
Menentukan prioritas teknis, *benchmark* kompetitif, dan target prestasi teknis untuk memastikan pengembangan produk memenuhi standar yang ditetapkan dan kebutuhan konsumen.

Manual Material Handling (MMH)

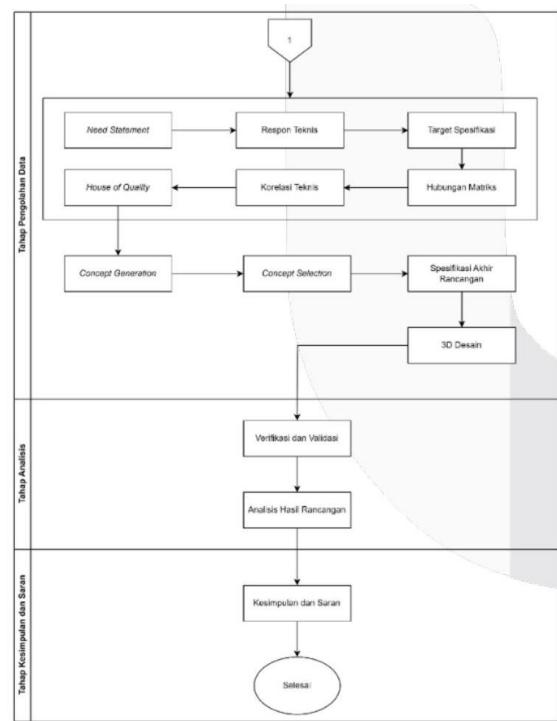
Manual Material Handling (MMH) adalah proses yang melibatkan pemindahan, pergerakan, distribusi produk, atau manipulasi material yang sepenuhnya bergantung pada tenaga manusia sebagai sumber utama [4]. Proses ini mencakup berbagai aktivitas fisik seperti mengangkat, mendorong, memanggul, menggendong, dan menarik material, yang dilakukan tanpa bantuan alat mekanis. Aktivitas MMH sangat umum ditemukan dalam berbagai pekerjaan sehari-hari, seperti pada sektor pertukangan, bongkar muat barang, aktivitas di pasar, dan berbagai kegiatan bisnis lainnya yang masih mengandalkan tenaga manusia untuk penanganan material [5].

Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata Yunani ergon (kerja) dan nomos (aturan), yang berarti aturan terkait kerja. Ergonomi adalah ilmu atau pendekatan multidisipliner yang bertujuan mengoptimalkan sistem manusia-pekerjaannya untuk mencapai alat, cara, dan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman, dan efisien. Peran ergonomi dalam manajemen kesehatan dan keselamatan kerja sangat signifikan, dengan tujuan mengurangi risiko cedera dan penyakit serta meningkatkan kualitas hidup pekerja. Implementasi ergonomi yang efektif dapat meningkatkan produktivitas, semangat kerja, dan mengurangi insiden cedera, jumlah cuti sakit, pergantian karyawan, serta tingkat ketidakhadiran [6]. Ergonomi melibatkan penyesuaian pekerjaan dengan individu untuk mencegah gangguan musculoskeletal (MSDs) yang dapat dipicu oleh kondisi lingkungan kerja. Faktor risiko ergonomi fisik yang berpotensi menimbulkan cedera meliputi kekuatan, postur, durasi, pengulangan, getaran, dan kompresi [7].



Gambar 6. Sistem Penyelesaian Masalah



Gambar 7. Sistem Penyelesaian Masalah (Lanjutan)

Antropometri

Antropometri berasal dari kata "Anthropos" yang berarti manusia dan "Metron" yang berarti pengukuran, yang artinya adalah pengukuran tubuh manusia. Dalam konteks ergonomi, antropometri adalah cabang yang penting yang fokus pada pengukuran dimensi tubuh, bentuk, kekuatan, dan kapasitas kerja manusia. Antropometri memainkan peran krusial dalam merancang lingkungan kerja yang sesuai dengan variasi karakteristik fisik manusia, sejajar dengan bidang-bidang ergonomi lainnya seperti ergonomi kognitif dan ergonomi lingkungan [8].

Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)

Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) adalah masalah kesehatan yang mempengaruhi struktur tubuh seperti otot, sendi, tendon, ligamen, saraf, tulang, dan sistem sirkulasi darah, yang timbul atau memburuk akibat pekerjaan atau kondisi lingkungan kerja. WMSDs terlokalisasi dan dapat menghambat kinerja pekerja, memerlukan penyesuaian beban kerja atau modifikasi lingkungan untuk pencegahan atau pengurangan dampaknya. Kesadaran dan tindakan pencegahan di tempat kerja dapat membantu mengurangi risiko terjadinya WMSDs dan meningkatkan kesejahteraan pekerja [9].

Standar Nasional Indonesia (SNI) 9011:2021

Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah seperangkat pedoman teknis yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan berlaku di seluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. SNI mengatur prosedur, metode, dan persyaratan yang telah disepakati oleh semua pihak terkait, termasuk aspek keselamatan, keamanan, kesehatan, dan perlindungan lingkungan, dengan mengintegrasikan ilmu pengetahuan dan teknologi [10].

Gangguan Otot dan Rangka (GOTRAK)

GOTRAK adalah pendekatan untuk mengidentifikasi gangguan otot rangka yang muncul akibat aktivitas pekerjaan. Dalam SNI 9011:2021, GOTRAK menjadi penting dalam pengukuran dan evaluasi potensi risiko ergonomi di lingkungan kerja. Standar ini mengatur prosedur komprehensif untuk mengukur dan mengevaluasi bahaya ergonomi yang terkait dengan gangguan otot rangka yang disebabkan oleh pekerjaan tertentu [11]. Proses ini melibatkan tahapan persiapan, pelaksanaan pengukuran, dan penilaian hasil pengukuran ergonomi secara menyeluruh. GOTRAK yang tercantum dalam SNI 9011:2021 mencerminkan hasil dari konsensus nasional untuk memastikan rekomendasi yang relevan dengan kondisi kerja yang beragam. Evaluasi menggunakan GOTRAK diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam terhadap aspek-aspek ergonomi yang krusial dalam konteks pekerjaan, dengan tujuan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan efisien [11].

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah alat skrining observasional untuk menilai risiko ergonomi pada aktivitas dengan gerakan repetitif [12]. RULA membantu mengidentifikasi potensi risiko muskuloskeletal akibat penggunaan otot dan beban eksternal selama kerja. Metode ini melibatkan penilaian numerik terhadap postur lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan (Skor A), serta postur leher, batang tubuh, dan kaki (Skor B). Faktor tambahan seperti gerakan repetitif, beban statis, dan penggunaan kekuatan juga dinilai (Skor C untuk kelompok A dan Skor D untuk kelompok B). Penilaian ini menggunakan algoritma untuk menghitung *Grand Score* dari 1 hingga 7, dan *Action Level* dari 1 hingga 4, yang menentukan tindakan perbaikan yang diperlukan. RULA memungkinkan penilaian terpisah untuk anggota tubuh kiri dan kanan, menghasilkan *Grand Score* dan *Action Level* untuk masing-masing sisi tubuh [13].

Hygenic Piping Design Guideline

Dalam industri kosmetik, desain pipa higienis sangat penting untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas produk. Berikut panduan penting dalam merancang sistem perpipaan higienis [14].

1. **Cleanability:** Semua permukaan pipa harus dapat dibersihkan secara efektif tanpa kerusakan. Hindari celah, goresan, dan lubang, serta pastikan semua area dapat dijangkau oleh solusi pembersih dan dikeringkan sepenuhnya untuk mencegah akumulasi kotoran.
2. **Drainability:** Sistem harus dirancang untuk mengalirkan cairan menggunakan gravitasi, dengan pipa dipasang miring menuju titik tertentu untuk memastikan pengeringan sempurna.
3. **Piping Layout:**
 - a. Kemiringan Berkelanjutan: Minimalkan penurunan tekanan dengan sedikit tikungan dan cabang.
 - b. Tidak Ada Kantong Mati: Gunakan reduksi eksentrik pada pipa horizontal dan reduksi konsentris pada pipa vertikal untuk menghindari kantong cairan.
 - c. Ekspansi Pipa: Gunakan sambungan ekspansi untuk mengatasi perubahan panjang pipa akibat suhu.
 - d. Kemiringan yang Tepat: Pastikan jarak penyangga memadai untuk mencegah perangkap cairan.

Metodologi Penelitian

Dalam konteks penelitian ini, proses perancangan alat bantu pemindahan hasil produksi menggunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD) meliputi lima langkah kritis: pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, validasi dan evaluasi, serta kesimpulan dan saran. Langkah-langkah ini memberikan kerangka kerja terstruktur untuk merancang solusi penyelesaian masalah yang efektif, dengan fokus pada integrasi metode QFD dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.

1. Tahap Pendahuluan

Penelitian diawali dari tahap pendahuluan dimana terdapat beberapa langkah yang dilakukan. Tahap ini dimulai dari menentukan objek penelitian. Selanjutnya dilakukan sesuai dengan langkah yang telah ditentukan.

a. Studi Lapangan dan Studi Literatur

b. Latar Belakang Penelitian

c. Rumusan Masalah

d. Tujuan Penelitian

2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap lanjutan yang dilakukan setelah tahap pendahuluan. Tahap pengumpulan data dilakukan sebagai landasan penyelesaian masalah dalam penelitian ini. Pada tahap ini, terdapat dua jenis data yang diperlukan yaitu data primer dan sekunder. Untuk data primer, peneliti membutuhkan *Voice of Customer* (VOC) dan hasil dari survei Gangguan Otot dan Rangka (GOTRAK). Untuk data sekunder, peneliti membutuhkan data berat hasil produksi, aktivitas kerja dan posisi kerja, waktu paparan aktivitas dengan potensi bahaya dan frekuensi aktivitas. Hal tersebut didapatkan peneliti dari observasi dilapangan.

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan sekaligus menganalisis data yang telah didapatkan dengan metode yang sesuai untuk mencapai tujuan penelitian. Metode yang digunakan untuk tahap ini adalah "*Quality Function Development*" sebagai salah satu metode pengembangan produk yang telah banyak dilakukan. Hasil dari tahap ini adalah rancangan produk pengembangan dari melihat dari kebutuhan kondisi eksisting beserta standar yang berlaku. Diharapkan dari rancangan tersebut dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan tetap memenuhi standar yang berlaku di Indonesia.

Table 4. Product Benchmarking

No.	Faktor	Benchmarking		
		Proses: Pemindahan Material Kosmetik	Tanggal:	
Rank	3	2	1	
Produk 1	Produk 2	Produk 3		
1. Kemudahan Sanitasi	✓	✓	✓	
2. Pencegahan Kontaminasi			✓	
3. Kemudahan Pengoperasian	✓	✓		
4. Kenyamanan Pengoperasian			✓	
5. Keamanan Pengoperasian		✓	✓	

Table 5. Dimensi Antropometri (Produk 3)

No.	Dimensi Antropometri	Nilai	Bagian MHE piping (Produk 3)	Percentil
1.	Dimensi Tinggi Mata (D2)	158,48cm	Tinggi Peletakan Peralatan Tambahan Pada Jalur Pipa	Percentil 50 th
2.	Dimensi Tinggi Mata (D2)	158,48cm	Tinggi Peralatan Kontrol Pipa	Percentil 50 th
3.	Dimensi Tinggi Bahu (D3)	133,23cm	Tinggi Switch Pada Peralatan Kontrol Pipa	Percentil 5 th
4.	Dimensi Lebar Sisi Bahu (D17)	44,17cm	Lebar Peralatan Kontrol Pipa	Percentil 50 th

4. Tahap Analisis

Tahap analisis pada penelitian ini menunjukkan perbedaan kondisi yang ada pada kondisi eksisting terhadap kondisi setelah rancangan dibuat. Selain itu, terdapat penilaian kesesuaian hasil rancangan terhadap kebutuhan pengguna serta timbal balik yang didapatkan dari pengguna terhadap rancangan. Hal ini bertujuan untuk memastikan hasil rancangan dapat menyelesaikan permasalahan serta memberi solusi terhadap kebutuhan pengguna.

5. Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian, yaitu tahap kesimpulan dan saran, terdapat rangkuman serta konklusi akhir terhadap keseluruhan penelitian mencakup pemenuhan tujuan penelitian serta terdapat saran

Table 6. Rekapitulasi Need Statement

Need Statement
Produk mudah dioperasikan
Produk aman ketika digunakan
Produk memiliki bobot ringan ketika dioperasikan
Produk dapat mengalirkan hasil produksi
Produk mudah dibersihkan
Produk memiliki dimensi yang ideal

Table 7. Technical Response

No.	Need Statement	Technical Response
1.	Produk mudah dioperasikan	Fitur produk
2.	Produk aman ketika digunakan	Produk Ergonomis
3.	Produk memiliki bobot ringan ketika digunakan	Massa Produk
4.	Produk dapat mengalirkan hasil produksi	Fitur Produk
5.	Produk mudah dibersihkan	Fitur Produk Panjang Produk
6.	Produk memiliki dimensi yang ideal	Lebar Produk Tinggi Produk

sebagai dasar pertimbangan terhadap hasil rancangan maupun penelitian secara menyeluruh.

Hasil dan Pembahasan

1. Benchmarking

Dalam *benchmarking*, peneliti membandingkan tiga *material handling equipment* (MHE) untuk pemindahan hasil material kosmetik menggunakan drum atau sistem tertutup dengan perpipaan. Produk satu dan dua berasal dari website perusahaan Denios, yang fokus pada MHE untuk drum. Produk tiga berasal dari website perusahaan Granzotto, yang fokus pada sistem industri untuk bahan cair. Aspek *benchmarking* didasarkan pada aturan Cara Pembuatan Kosmetik Yang Baik (CPKB) dari BPOM, yang menjadi panduan untuk produksi kosmetik yang baik (tabel 4).

2. Dimensi Antropometri

Setelah *benchmarking*, dipilih dua produk dengan peringkat tertinggi, yaitu produk 3 dan 2. Penelitian selanjutnya menentukan dimensi antropometri yang digunakan sebagai acuan ukuran dalam rancangan MHE, dengan fokus pada dimensi yang berpengaruh bagi operator. Dua dimensi antropometri dipilih untuk kedua produk berdasarkan hasil *benchmarking*. Data antropometri diambil dari kategori jenis kelamin laki-laki usia 20-30 tahun [15] dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

3. Identifikasi Need Statement

Penelitian ini menggunakan metode *Quality Function Deployment*, dimulai dengan mengidentifikasi *Voice of Customer* melalui wawancara langsung untuk memahami perspektif pengguna terhadap produk. Pada tabel 6 merupakan data yang terkumpul dan masalah yang dihadapi pengguna diterjemahkan menjadi *Need Statement*.

4. Identifikasi Target Spesifikasi

Setelah menetapkan *need statement*, langkah berikutnya adalah

Table 8. Target Spesifikasi

No.	Technical Response	Value	Unit
1.	Fitur Produk	Yes/no	binary
2.	Produk Ergonomis	Nilai risiko GOTRAK 8-16	-
3.	Massa Produk	0/ < 150	kg
4.	Panjang Produk	0, 5 – 3	meter
5.	Lebar Produk	0, 5 – 4	meter
6.	Tinggi Produk	0, 5 – 4	meter

Table 9. Concept Generation Possibility

No.	Need Statement	Produk 3 (Piping)	Produk 2 (DrumHandling)
1.	Produk aman digunakan	✓	✓
2.	Produk memiliki bobot ringan ketika digunakan	✓	✓
3.	Produk dapat mengalirkan hasil produksi	✓	

mengembangkan respon teknis yang mencakup ide produk atau layanan untuk memenuhi kebutuhan konsumen [16]. Tahap ini penting untuk merancang solusi teknis yang praktis, dapat diterapkan, dan sesuai dengan kebutuhan yang diidentifikasi (tabel 7). Tahap selanjutnya dalam target spesifikasi dapat dilihat pada tabel 8, kebutuhan pelanggan diterjemahkan menjadi istilah teknis yang menggambarkan fungsi spesifik produk. Setiap spesifikasi mencakup metrik dengan nilai marginal dan ideal untuk memastikan produk memenuhi standar [1].

5. House of Quality

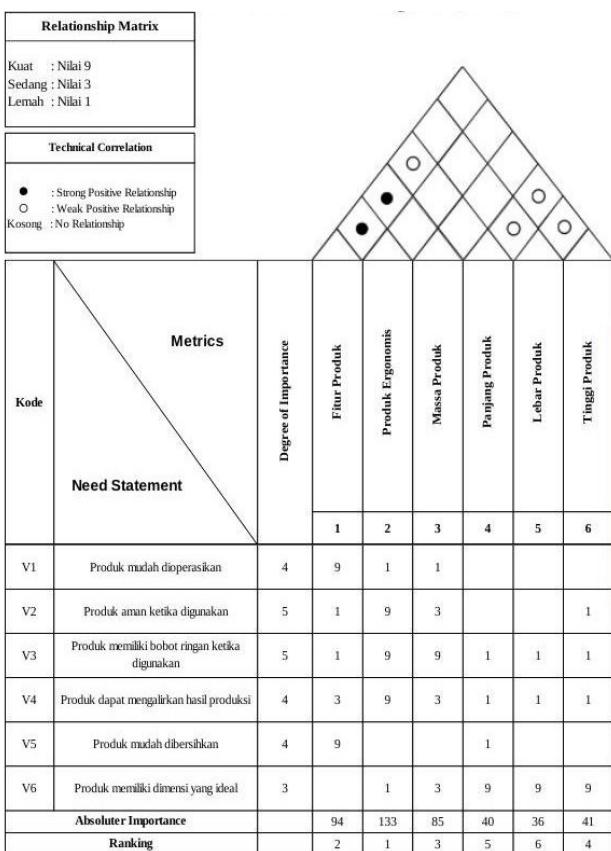
House of Quality (HOQ) (Gambar 8) adalah alat penting dalam *Quality Function Deployment* (QFD) yang berfungsi sebagai matriks untuk menghubungkan keinginan konsumen dengan desain dan produksi produk. HoQ menerjemahkan harapan konsumen ke dalam spesifikasi teknis dan proses manufaktur, memastikan produk akhir sesuai dengan kebutuhan pelanggan [17]. Penilaian korelasi pada HoQ dilakukan dengan memberi nilai sesuai keterangan [18].

6. Concept Generation

Setelah proses *House of Quality* (HOQ) menghasilkan prioritas desain, langkah berikutnya adalah pembuatan konsep. Dimulai dari kebutuhan pelanggan dan spesifikasi target, proses ini menghasilkan serangkaian konsep produk, dan peneliti memilih konsep akhir yang paling sesuai. Tujuan pembuatan konsep adalah untuk mengeksplosi ruang konsep produk secara menyeluruh. Pada penelitian ini ditampilkanc pada tabel 9, konsep dikembangkan dari dua produk yang mendapatkan peringkat tertinggi dari hasil *benchmarking*, yaitu produk tiga dan produk dua. Terdapat 3 opsi piping yang dijabarkan pada tabel 10 di bawah ini. Tabel 11 menunjukkan opsi fitur pada masing-masing opsi piping.

7. Concept Selection

Concept selection adalah proses evaluasi konsep berdasarkan kebutuhan pelanggan dan kriteria lainnya, untuk memilih satu atau lebih konsep yang akan diselidiki, diuji, atau dikembangkan lebih lanjut [1]. Tahap ini sangat penting dalam pengembangan produk karena mempengaruhi kegiatan hulu dan hilir. Memilih konsep yang paling sesuai dan strategis sangat krusial [19]. Proses ini dimulai dengan mengidentifikasi *selection criteria* berdasarkan *need statement*. Selain *selection criteria* yang berasal dari *need statement*, peneliti



Gambar 8. House of Quality

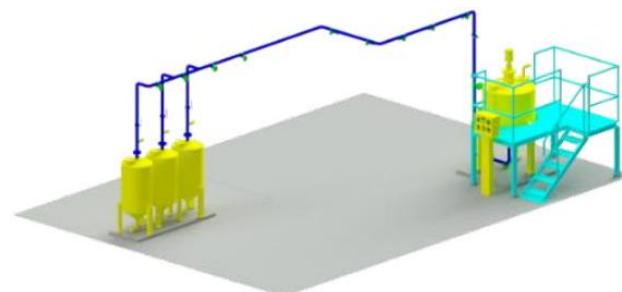
Table 10. Opsi Piping

Fungs Opsi	Ergonomis	Massa	Fitur
Opsi 1	Penggunaan pipa membuat ekspektasi skor GOTRAK 8-16 (Tingkat Risiko Tinggi)	Penggunaan pipa membuat ekspektasi beban fisik yang dirasakan operator menjadi hilang	Manual
Opsi 2	Penggunaan pipa membuat ekspektasi skor GOTRAK 8-16 (Tingkat Risiko Tinggi)	Penggunaan pipa membuat ekspektasi beban fisik yang dirasakan operator menjadi hilang	Supervised
Opsi 3	Penggunaan pipa membuat ekspektasi skor GOTRAK 8-16 (Tingkat Risiko Tinggi)	Penggunaan pipa membuat ekspektasi beban fisik yang dirasakan operator menjadi hilang	Fully Auto-mated

juga menambahkan tabel pertimbangan berdasarkan kondisi lingkungan kerja dan pengalaman magang selama 4 bulan di divisi *mixing* perusahaan tersebut. Setelah menetapkan *selection criteria* pada tabel 12, dilakukan *concept screening* dimana skor relatif

Table 11. Opsi Fitur Piping

Fitur Produk				
Opsi	Instrument	Penjelasan		
Opsi 1	Manual	Tidak ada penambahan instrument	Pemantauan suhu, volume perpindahan material, serta identifikasi kebocoran dilakukan dengan menggunakan alat konvensional dan pengamatan.	
		Flow Meter	Instrumen flow meter ditambahkan untuk mengetahui volume material yang telah atau sedang dialirkan.	
Opsi 2	Supervised		Temperature Indicator	Instrumen temperature indicator ditambahkan untuk mengetahui berapa suhu material yang sedang dialirkan.
			Pressure Gauge	Instrumen pressure gauge ditambahkan untuk mengetahui berapa tekanan material yang sedang dialirkan.
Opsi 3	Fully Auto-mated		SCADA	SCADA dapat menjadi sistem kendali yang memantau dan mengendalikan proses perpindahan material.



Gambar 9. MHE Piping (1)

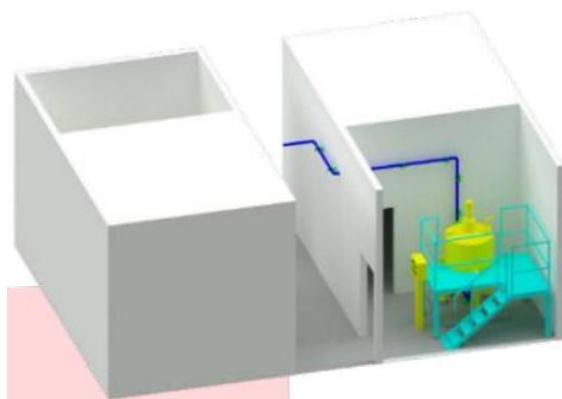
"better than" (+), "same as" (0), atau "worse than" (-) diterapkan dimatriks untuk membandingkan setiap konsep dengan konsep referensi [1]. Referensi ini berasal dari kondisi kerja operator dalam proses pemindahan material hasil produksi.

8. Usulan Konsep

Ketika sudah dilakukan tahap *concept selection* dan mendapatkan hasil yaitu konsep B dari *concept screening*, langkah selanjutnya adalah melakukan 3D desain rancangan piping dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Autodesk Plant 3D 2023 yang juga merupakan salah satu jenis dari perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD). Hasil 3D desain tersebut dapat terlihat pada gambar 9 dan gambar 10.

Table 12. Concept Screening

Selection Criteria	Konsep			
	A	B	C	Reference
Mudah digunakan	+	+	+	0
Ergonomis	+	+	+	0
Fitur produk	0	+	+	0
Keterbatasan ruangan	+	+	+	0
Kesiapan Implementasi	+	+	-	
Kemudahan Pengembangan	+	+	-	
Sum + 's	5	6	4	
Sum 0 's	1	0	0	
Sum - 's	0	0	2	
Net Score	5	6	2	
Rank	2	1	3	
Continue?	No	Yes	No	

**Gambar 10. MHE Piping (2)****Gambar 11. Simulasi Postur Operator (1)**

9. Analisis RULA Terhadap Hasil Rancangan

Kemudian dilakukan analisis rancangan terhadap RULA untuk mengetahui tingkat risiko terhadap postur kerja dengan simulasi menggunakan software Technomatrix Jack. Berdasarkan analisis postur tubuh pada gambar 11 dan gambar 12, menghasilkan nilai RULA

**Gambar 12. Simulasi Postur Operator (2)**

sebesar 3 untuk postur tubuh operator pada gambar 11 dan nilai RULA sebesar 2 untuk postur tubuh operator pada gambar 12. Nilai tersebut dapat diinterpretasikan sebagai *negligible risk* untuk nilai 2 dan *low risk* untuk nilai 3.

10. Analisis Perbandingan

Setelah memperoleh skor RULA, analisis dilakukan untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah rancangan dibuat berdasarkan tingkat risiko postur kerja dan kesesuaian dengan standar CPKB. Hasil perbandingan ini dapat dilihat pada TABEL 13.

Kesimpulan

Kesimpulan Penelitian di PT XYZ mengidentifikasi bahwa kondisi kerja pada proses pemindahan material hasil produksi berisiko menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Hasil analisis menunjukkan bahwa rancangan piping sebagai *Material Handling Equipment* (MHE) dengan metode QFD mampu mengurangi risiko MSDs dan meningkatkan ergonomi postur tubuh operator. Sebelum penerapan rancangan, risiko gangguan otot rangka tinggi, tetapi setelah simulasi rancangan piping, risiko tersebut menurun ke kategori rendah. Penurunan risiko ini tidak hanya mengurangi potensi MSDs tetapi juga meningkatkan ergonomi dan produktivitas operator dengan meminimalkan penggunaan metode *manual material handling*.

Daftar Pustaka

- Ulrich KT, Eppinger SD, Yang MC. Product Design and Development. 7th ed.; 2020.
- Nurochim S, As'ad NR, Rukmana AN. Perancangan Produk Waisbag dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). Jurnal Riset Teknik Industri. 2021 July;1(1):1-13.
- Ficalora JP, Cohen L. A QFD Handbook: Quality Function Deployment and Six Sigma, Second Edition; 2010. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/361910508>.
- Hidayatullah MS. Perancangan Alat Bantu Aktivitas Operator Grey Dengan Penerapan Ilmu Ergonomi (Studi Kasus: PT Delta Merlin Dunia Tekstil IV); 2019.
- Purnomo H. Manual Material Handling; 2017.
- IEA, ICOH. Ergonomics Guidelines for Occupational Health Practice in Industrially Developing Countries; 2010. Accessed: 2024. Available from: <http://www.icohweb.org>.
- Stack T, Ostrom LT, Wilhelmsen CA. Occupational Ergonomics: A Practical Approach; 2016.
- Pheasant S. Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work. 2nd ed.; 2003.

Table 13. Analisis Perbandingan

No	Indikator	Kondisi Sebelum Rancangan	Kondisi Sesudah Rancangan
1	Tingkat risiko terhadap postur kerja.	Kondisi postur kerja sebelum rancangan mendapat skor risiko GOTRAK yaitu 8-16 dengan risiko tinggi. Kondisi ini juga meningkatkan risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada operator.	Hasil rancangan mendapatkan skor RULA yaitu 2-3. Hasil tersebut didapatkan dari analisis RULA terhadap hasil rancangan. Skor RULA tersebut dapat diinterpretasikan sebagai neglige risk (skor 2) sampai dengan <i>low risk</i> (skor 3) terhadap risiko <i>Musculoskeletal Disorders</i> (MSDs) pada operator.
2	Kesesuaian standar CPKB penanganan material produk basah.	Beberapa klausul mengenai penanganan produk basah yang ada pada CPKB (Cara Pembuatan Kosmetik yang Baik) belum terpenuhi. Klausul tersebut diantaranya adalah pada klausul 7.6.1 mengenai pencegahan kontaminasi, klausul 7.6.2 pada sistem transfer secara tertutup.	Setelah dilakukan rancangan, beberapa klausul yang belum terpenuhi dapat dipenuhi dengan rancangan yang dibuat. Pada klausul 7.6.1 tentang pencegahan kontaminasi telah dipenuhi pembuatan rancangan pipa yang dapat meminimalkan kontaminasi. Pada klausul 7.6.2, rancangan yang dibuat dapat memenuhi standar mengenai sistem transfer secara tertutup. Hal ini dapat mendukung klausul 7.6.1 mengenai pencegahan kontaminasi.
3	Metode penanganan material (material handling) pada proses pemindahan material hasil produksi.	Dalam kondisi sebelum rancangan dibuat, penanganan material masih menggunakan metode <i>Manual Material Handling</i> (MMH). Hal ini terlihat dari pemindahan material yang dilakukan dengan cara manual, seperti mendorong dan menarik drum berisi material hasil produksi.	Pada kondisi setelah rancangan, penanganan material untuk proses pemindahan hasil produksi mengalami perubahan dengan penambahan Material Handling Equipment (MHE) dalam prosesnya. MHE rancangan tambahan tersebut berupa piping, yang menghubungkan mixer langsung menuju tank pada divisi filling. Dengan adanya penambahan MHE tersebut dapat meminimalkan bahkan menghilangkan metode <i>Manual Material Handling</i> (MMH) pada proses pemindahan material hasil produksi.

9. Nunes IL, McCauley P. Work-Related Musculoskeletal Disorders Assessment and Prevention. In: Ergonomics - A Systems Approach; 2012..

10. Sekretariat Negara Republik Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2014 Tentang Standarisasi dan Penilaian Kesesuaian; 2014.

11. Febrilian Z, et al.. Implementasi SNI 9011:2021 Untuk Evaluasi Ergonomi Pada Operator Produksi Departemen Plastic Injection: Studi Kasus di Industri Manufaktur; 2023.

12. Hignett S, McAtamney L. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics. 2000 Apr;31(2):201-5.

13. Namwongsa S, Puntumetakul R, Neubert MS, Chaiklieng S, Boucaut R. Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. PLoS One. 2018 Aug;13(8).

14. Cheamseal Inc. Hygienic Piping Design Guidelines; 2022. Available at: <http://www.asme.org>. Online.

15. Antropometri Indonesia. Rekap Data Antropometri Indonesia; 2024. Accessed: 16 Juli 2024. Available at: https://www.antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri. Online.

16. Piri NI, Sutrisno A, Mende J. Penerapan Metode Quality Function Deployment (QFD) Untuk Menangani Non Value Added Activity Pada Proses Perawatan Mesin; 2017.

17. Apriyanti Y, et al. House of Quality sebagai Pengendalian Kualitas Produk pada Kemasan Karton Lipat. Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI). 2023;XVII(1):115-25.

18. Bora MA, Prasetyo J, Lubis AL. Penerapan Quality Function Deployment (QFD) Pada Perancangan Alat Bantu Ganti Oli Transmisi Otomatis. Journal of Industrial and Manufacture Engineering. 2023 May;7(1):134-46.

19. Chan SW, Zaman I, Ahmad MF, Liew CY. Identification of the concept selection method for product design and development in the manufacturing industry. International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018;7(2.29):352-5.