



INTEGRASI METODE LEAN MANUFACTURING – SPC – ERGONOMI GUNA MEMINIMALISIR PEMBOROSAN PROSES PRODUKSI AIR MINUM DALAM KEMASAN DI PT DCDC

Muh Qorik Maulana Asim Aldifa^{1*)}, Nina Aini Mahbubah²⁾, dan Purwanto³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik. Jl. Sumatera 101 GKB
Randuagung, Gresik, Jawa Timur – Indonesia 61121

*Corresponding Author: muhqorikmaulanaasimaldifa@gmail.com

ABSTRAK

Efisiensi merupakan faktor utama dalam proses produksi. Produsen air minum dalam kemasan mengalami inefisiensi dalam proses produksi, yang menyebabkan pemborosan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis pemborosan, menganalisis akar penyebab pemborosan, dan merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis integrasi mengintegrasikan pendekatan Lean Manufacturing, Statistical Process Control, dan Ergonomi. Penelitian dimulai dengan memetakan Aktivitas Proses dan aliran nilai guna mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah, tidak bernilai tambah, dan aktivitas wajib yang tidak bernilai tambah. Tahap selanjutnya meliputi analisis mengapa dan bagaimana mengurangi pemborosan berbasis pendekatan Fishbone, Scatter, Pareto, P-Chart, dan Nordic Body Map. Hasil penelitian menunjukkan lima jenis pemborosan, yaitu persediaan, cacat, waktu tunggu, aktivitas pergerakan kerja berlebihan, dan kesehatan serta keselamatan lingkungan. Analisis SPC menunjukkan bahwa botol penyok merupakan ketidaksesuaian yang paling dominan, sedangkan P-Chart menunjukkan bahwa proses produksi belum mengimplementasikan pendekatan penjaminan mutu berbasis statistik. Penilaian NBM menunjukkan bahwa risiko postur diklasifikasikan kategori sedang. Tindakan skenario yang diusulkan untuk perbaikan meliputi pemeliharaan preventif, peningkatan pemantauan kualitas, penataan ulang tempat kerja, dan standar kerja yang berorientasi pada ergonomi.

Kata kunci : *lean manufacturing, process activity mapping, statistical process control, ergonomi, waste*

ABSTRACT

Efficiency is an essential factor in the production process of goods. The bottling water firm meets inefficiencies in the production process, which lead to waste. This research aims to identify the types of waste, investigate their root causes, and formulate improvement recommendations by integrating Lean Manufacturing, Statistical Process Control, and ergonomics methods. The research began by mapping Process Activities and value streams to determine value-added, non-value-added, and necessary non-value-added activities. The next stages included analyzing why and how to reduce waste using the Fishbone, Scatter, Pareto, P-Chart, and Nordic Body Map. The study results show five wastes, namely inventory, defect, waiting, motion, and environmental health and safety. The SPC analysis indicated that dented bottles were the most dominant nonconformity, whilst the P-Chart indicated that the production process had not yet been conducted with statistical-based quality control. The NBM assessment indicates that posture risk is classified as moderate. Proposed scenario actions for improvement include preventive maintenance, enhanced quality monitoring, rearranged workstations, and ergonomically oriented work standards.

Keyword : *lean manufacturing, process activity mapping, statistical process control, ergonomics, waste*



1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air minum yang aman dan layak konsumsi merupakan kebutuhan dasar manusia. Air minum dalam kemasan (AMDK) menjadi salah satu pilihan yang banyak digunakan karena dinilai praktis serta mampu memenuhi persyaratan higienitas dan keamanan pangan. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya konsumsi air minum yang bersih menyebabkan permintaan produk AMDK terus mengalami peningkatan. Kondisi ini mendorong perusahaan untuk meningkatkan kinerja sistem produksinya agar mampu memenuhi kebutuhan pasar dengan tetap menjaga mutu produk dan keselamatan kerja.

PT DCDC merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi air minum dalam kemasan dengan berbagai varian ukuran, meliputi kemasan gelas 240 ml, botol 330 ml, botol 600 ml, botol 1.500 ml, dan galon 19 liter. Dari seluruh produk yang dihasilkan, AMDK botol 600 ml merupakan produk dengan volume produksi terbesar dan tingkat permintaan tertinggi. Hasil pengamatan pada area produksi menunjukkan masih adanya aktivitas yang berdampak pada penurunan efisiensi proses, antara lain tingginya jumlah produk cacat, gerakan operator yang berlebihan, penumpukan persediaan, serta rendahnya kepatuhan pekerja terhadap safety.

Lean manufacturing digunakan untuk mengidentifikasi serta mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses produksi [22]. Namun, implementasi lean hanya berorientasi pada peningkatan efisiensi tanpa mempertimbangkan solusi berbasis pendekatan lain seperti aspek ergonomi dan pengendalian variasi kualitas. Penerapan lean tanpa memperhatikan kondisi kerja operator berpotensi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal, sedangkan lemahnya pengendalian kualitas dapat menyebabkan kecacatan produk terus berulang. Oleh sebab itu, integrasi lean manufacturing dengan *Statistical Process Control* (SPC) serta pendekatan ergonomi dipandang lebih komprehensif karena mampu mengendalikan kualitas proses sekaligus memperhatikan faktor manusia yang berkontribusi terhadap munculnya pemborosan.

Penelitian oleh [22] mengenai minimisasi pemborosan pada industri AMDK umumnya

menggunakan pendekatan *Lean Manufacturing* untuk mengidentifikasi aktivitas tidak bernilai tambah dan menyusun usulan perbaikan proses. Pendekatan tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi, namun masih memiliki keterbatasan karena belum mengevaluasi kestabilan kualitas proses secara statistik dan belum mempertimbangkan kondisi kerja operator. Akibatnya, variasi kualitas produk serta risiko aktivitas kerja berulang yang dapat memicu pemborosan masih belum dianalisis secara menyeluruh.

Kebaharuan penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan terintegrasi antara *Lean Manufacturing*, *Statistical Process Control* (SPC), dan ergonomi dalam menganalisis pemborosan pada proses produksi AMDK. Berbeda dengan penelitian [22] sebelumnya yang berfokus pada identifikasi waste. Penelitian ini tidak hanya menitikberatkan pada identifikasi dan pengendalian waste defect melalui penggunaan Scatter Diagram, Pareto Diagram, dan P-Chart, tetapi juga mengevaluasi pengaruh waste motion terhadap keluhan muskuloskeletal operator menggunakan instrumen *Nordic Body Map* (NBM).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis pemborosan dan faktor penyebabnya pada proses produksi AMDK botol 600 ml, menyusun rekomendasi perbaikan yang menggabungkan pendekatan lean manufacturing, SPC, dan ergonomi, serta mengevaluasi dampak implementasi perbaikan terhadap peningkatan efisiensi proses produksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing adalah pendekatan perbaikan proses meminimalkan pemborosan serta mengoptimalkan aktivitas yang memberikan nilai tambah [10]. Lean mengadopsi konsep *Toyota Production System* (TPS) yang menekankan nilai tambah berbasis waktu proses yang lebih efektif dan pemanfaatan sumber daya yang efisien [11]. Klasifikasi tujuh pemborosan digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, yaitu *overproduction*, *defect*, *inventory*, *inappropriate processing*, *transportation*, *waiting* dan *motion* [12]. Pada proses produksi berbasis aktivitas manual, maka *environmental, health, and safety* (EHS) [13] merupakan pemborosan karena berpotensi menimbulkan risiko terhadap keselamatan dan kesehatan

pekerja serta meningkatkan kemungkinan terjadinya kontaminasi yang berdampak pada kualitas produk.

2.2 Statistical Process Control

Penerapan *Statistical Process Control* (SPC) didukung oleh tujuh alat pengendalian kualitas, terdiri dari check sheet, histogram, diagram Pareto, diagram sebab-akibat, diagram pencar, stratifikasi, serta peta kendali. Penggunaan pendekatan statistik memungkinkan perusahaan mengidentifikasi sumber permasalahan dan sekaligus memiliki kemampuan melakukan tindakan perbaikan [17]. Implementasi Peta kendali digunakan untuk memonitor kinerja proses dengan membandingkan data terhadap batas kendali yang telah ditetapkan. Penggunaan peta kendali memungkinkan identifikasi variasi proses yang bersifat alami maupun variasi khusus [3].

2.3 Ergonomi

Ergonomi mempelajari hubungan antara manusia dengan sistem kerja, yang meliputi tugas, peralatan, serta lingkungan kerja, dengan tujuan mengurangi risiko kerja, meningkatkan kenyamanan, dan mendukung optimalisasi produktivitas [14]. Penerapan ergonomi menciptakan sistem kerja yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan pekerja sehingga aktivitas kerja dapat berlangsung secara aman, nyaman, sehat, efektif, dan efisien. Melalui kondisi kerja yang lebih baik, produktivitas dan kualitas hasil kerja diharapkan dapat meningkat [14]. Salah satu perbaikan kerja berbasis pendekatan ergonomi dalam proses produksi yaitu menyesuaikan desain serta ukuran area kerja terhadap dimensi tubuh operator, sehingga mendukung kelancaran aktivitas kerja dan mengurangi risiko ketidaknyamanan [15], penyediaan sarana material handling yang sesuai serta optimalisasi postur kerja operator diharapkan mampu mengurangi aktivitas non-value added dan menekan risiko terjadinya keluhan muskuloskeletal akibat beban kerja fisik berlebihan [16].

Nordic Body Map (NBM) merupakan instrumen berbentuk desain kuesioner untuk menilai keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja pada dua puluh tujuh bagian tubuh akibat aktivitas kerja. Penilaian dilakukan melalui desain kuesioner yang memungkinkan operator kerja memberikan informasi mengenai tingkat ketidaknyamanan sehingga hasil evaluasi NBM dapat digunakan sebagai gambaran mengenai potensi risiko cedera otot dikarenakan kesalahan posisi dan postur gerakan kerja yang dilakukan secara berulang [20].

Desain kuesioner NBM berisi ilustrasi tubuh yang terbagi menjadi beberapa area penilaian dengan empat tingkat keluhan, yaitu tidak sakit, agak sakit, sakit, dan sangat sakit. Skor yang diperoleh dari setiap bagian tubuh digunakan untuk menilai tingkat ketidaknyamanan dan risiko gangguan muskuloskeletal yang dialami pekerja. Klasifikasi tingkat risiko berdasarkan total skor NBM disajikan pada Tabel 1 berikut [21].

Table 1. Klasifikasi tingkat risiko

Skala Likert	Total Skor Individu	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
1	28-49	Rendah	Tidak memerlukan tindakan perbaikan
2	50-70	Sedang	Memerlukan tindakan perbaikan di kemudian hari
3	71-90	Tinggi	Perlu dilakukan perbaikan sesegera mungkin
4	91-122	Sangat Tinggi	Memerlukan tindakan perbaikan segera

Hasil pengukuran NBM dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis risiko gangguan muskuloskeletal dan penyusunan strategi perbaikan ergonomi di lingkungan kerja [21].

2.4 Integrasi Lean Manufacturing, SPC, dan Ergonomi

Integrasi tiga pendekatan Lean, SPC, dan ergonomi memiliki keunggulan efektifitas dan kecepaan eliminasi pemborosan. *Lean* berfokus pada efisiensi dengan cara identifikasi dan eliminasi *waste*, ergonomi pada hubungan antara operator kerja dan kondisi kerja, dan SPC pada pengendalian variasi kualitas. Penelitian empiris membuktikan bahwa integrasi metode tersebut memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penerapan metode tunggal.

Integrasi lean dan ergonomi dilakukan oleh [2] merancang model matematis penerapan prinsip *lean* dan ergonomi pada lini perakitan semi otomatis mampu meminimalisir waktu siklus dan risiko cedera. Studi [1] menunjukkan bahwa integrasi *lean* dan *human factor* pada stasiun kerja berbasis manusia dan robot terbukti mampu menurunkan waktu produksi sekaligus memperbaiki kondisi ergonomis lingkungan kerja. Penelitian [4] membuktikan pada industri metalurgi



bahwa penggunaan VSM dan analisis pemborosan dikombinasikan dengan penilaian ergonomi risiko meningkatkan produktivitas dan kondisi kerja secara bersamaan.

Selain bukti empiris integrasi lean dan ergonomi, Integrasi lean dan model statistik dilakukan oleh peneliti [3] pada industri pangan untuk mengendalikan variasi produk sekaligus menurunkan tingkat pengembalian produk. Studi [5] menerapkan pendekatan *green lean six sigma* pada proses produksi air minum dalam kemasan untuk meminimalkan pemborosan melalui pengendalian variasi proses. Penelitian [6] mengembangkan model jaminan kualitas berbasis *lean six sigma* yang mengintegrasikan FMEA, SPC, dan analisis akar penyebab untuk mewujudkan sistem produksi dengan kemampuan meminimalisasi defect produk.

Integrasi tiga pendekatan juga dilakukan peneliti [7] dengan usulan kerangka kerja yang ergonomi dengan *lean six sigma* melalui siklus DMAIC, sehingga setiap tahap pengendalian variasi turut mempertimbangkan aspek ergonomi. Studi [8] menguji integrasi tersebut melalui studi kasus dan menemukan perbaikan kondisi kerja yang sejalan dengan peningkatan efisiensi. Penelitian [9] mengkaji penggabungan metodologi *lean six sigma* dengan prinsip ergonomi pada stasiun kerja industri dan menyimpulkan bahwa eliminasi *waste*, penurunan conformity, dan perbaikan berbasis ergonomi dapat diintegrasikan dalam waktu yang bersamaan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada obyek produksi AMDK botol 600 ml di PT DCDC yang berlokasi di Provinsi Jawa Timur. Data penelitian diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung dengan staf produksi, dan pengukuran waktu siklus menggunakan stopwatch sebanyak 30 kali pengamatan pada setiap aktivitas. Data yang dikumpulkan meliputi data kualitatif berupa alur dan aktivitas produksi serta data kuantitatif berupa jumlah

produksi, jumlah produk cacat, jumlah operator dan mesin, serta waktu siklus setiap aktivitas.

Pengolahan dan analisis data dilakukan secara terintegrasi melalui tahapan berikut.

1. Uji Statistik, yaitu uji kecukupan data dengan tingkat ketelitian 10% dan tingkat kepercayaan 95% ($k = 2$) untuk memastikan data memadai dan uji keseragaman data.
2. Penyusunan process activity mapping (PAM), waktu siklus, mengelompokkan aktivitas menjadi value added (VA), non value added (NVA), dan necessary non value added (NNVA) serta mengidentifikasi waste yang terjadi pada proses produksi.
3. Penggambaran current state map untuk memvisualisasikan kondisi aktual aliran proses.
4. Analisis akar penyebab menggunakan fishbone diagram.
5. Pengolahan data menggunakan pendekatan SPC.
6. Pengolahan hasil kuesioner NBM.
7. Penyusunan usulan perbaikan terintegrasi berbasis statistical process control dan pendekatan ergonomi.
8. Penyusunan future process activity mapping dan future state value stream mapping.
9. Penggambaran future state map

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Statistik

Uji kecukupan data menghasilkan nilai $n' \leq n$ pada seluruh proses, sehingga data dinilai cukup dan layak dianalisis. Uji keseragaman data menunjukkan seluruh titik pengamatan berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah, sehingga data dinyatakan seragam.

4.2 Hasil Process Activity Mapping dan Cycle Time

Tabel 2. Menampilkan PAM dan perhitungan waktu siklus.



Tabel 2. *Process activity mapping* kondisi awal

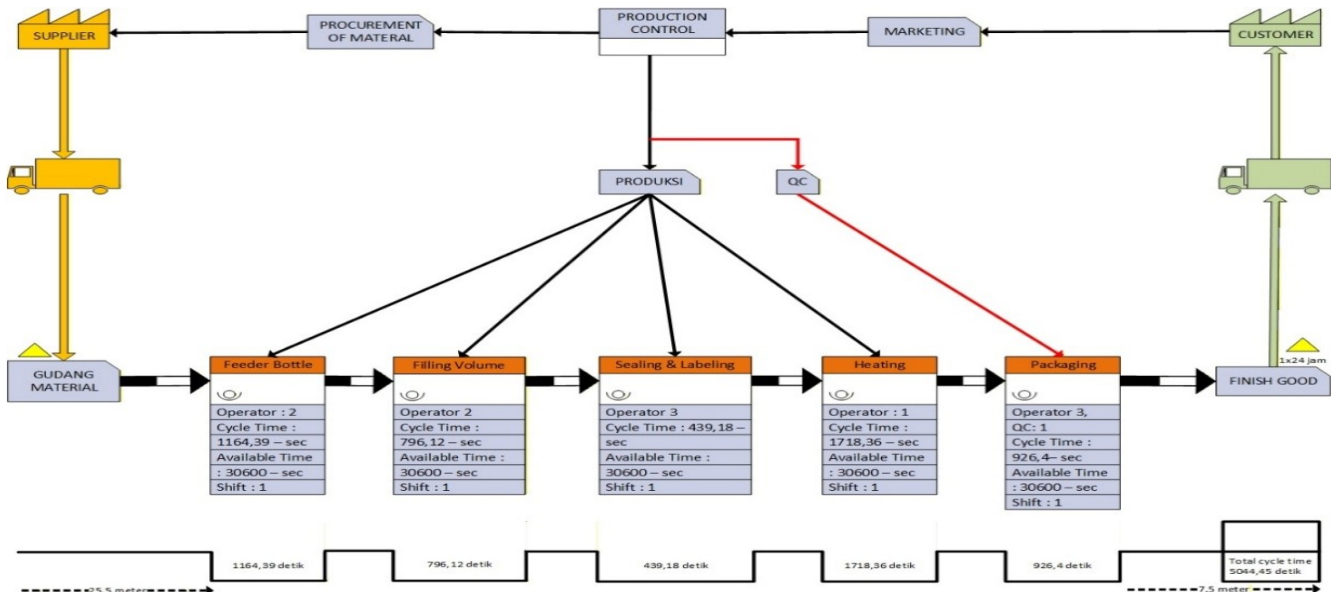
Kode	Aktivitas	Mesin/alat	Waktu (s)	Aktivitas					VA/NNVA/NNVA	Identifikasi waste
				O	T	I	S	D		
A1	Mengambil botol kosong dari gudang	Handpallet	524,39						VA/NNVA	
A2	Meletakkan botol kosong di luar ruang filling	Manual	189,17			S			NNVA	Unnecessary inventory
A3	Mengambil dan meletakkan botol kosong ke dalam ruang filling	Manual	193,20		T				NNVA	
A4	Membuka bungkus/ball 1 botol kosong dengan cutter	Cutter	9,12	O					VA	
A5	Mengambil dan memasukkan botol kosong ke conveyor mesin filling	Manual	61,11	O					VA	Defect
A6	Membersihkan sisa bungkus/ball set up mesin filling	Manual	187,39	O					NNVA	
B1	Mengambil tutup botol plastik dari gudang	Mesin filling	459,93					D	NNVA	Waiting
B2	Meletakkan ball/bungkus a tutup botol plastik ke ruang filling	Handpallet	178,76		T				NNVA	
B3	Meletakkan ball/bungkus a tutup botol plastik ke mesin capping	Manual	80,45			S			NNVA	
B4	Pencucian botol, pengisian botol, dan pemasangan tutup botol	Manual	48,37	O					VA	
B5	Mengambil label dan seal dari gudang	Mesin filling	28,61	O					VA	
C1	Mengambil label dan seal dari gudang	Handpallet	375,24		T				NNVA	
C1	Meletakkan dan menata label seal botol plastik ke meja	Handpallet	375,24		T				NNVA	
C2	Pemasangan seal ke botol	Manual	12,66			S			NNVA	
C3	Pemasangan label dan seal ke botol	Manual	51,28	O					VA	Unnecessary motion, EHS
D1	Menghangatkan mesin heating	Mesin heating	7,98	O					VA	
D2	Menunggu mesin heating mencapai suhu 125 derajat	Mesin heating	1675,38					D	NVA	Waiting
D3	Pemasangan label dan seal yang sudah terpasang ke botol	Mesin heating	35	O					VA	
E1	Mengambil kardus dari gudang	Handpallet	329,70						T	NNVA
E2	Penempatan kardus dan menata	Manual	118,94							S NNVA
E3	Mengambil pallet dari gudang	Manual	278,88						T	NNVA
E4	Penempatan pallet	Hand – pallet	3,10						T	NNVA
E5	Menyalakan mesin karton sealer	Mesin carton sealer	2,07	O						VA
E6	Mengambil dan menyiapkan kardus (tugas operator ke-1)	Manual	8,54	O						VA
E7	Menyalurkan kardus menuju bagian packing (tugas operator ke-1)	Roller – conveyor	2,09						T	NNVA
E8	Memeriksa dan memasukkan botol air minum ke kardus (tugas operator ke-2)	Manual	12,75	O						VA Defect, EHS
E9	Menyalurkan kardus isi botol air minum menuju operator 1 (tugas operator ke-2)	Roller – conveyor	2,12						T	NNVA
E10	Memasukkan kardus isi botol air minum ke mesin carton sealer (tugas operator 1)	Manual – carton sealer	4,41	O						VA
E11	Melakukan stampel tanggal produksi (tugas operator ke-3)	Manual – date stamp	2,19	O						VA
E12	Mengambil dan menata kardus isi botol air minum ke pallet (tugas operator ke-3)	Manual	8,87	O						NNVA Unnecessary motion
E13	Transportasi menuju inventory	Hand – pallet	152,74						T	NNVA

Pada Tabel 2, dapat diketahui hasil PAM mengidentifikasi 30 aktivitas pada lima proses produksi, jenis aktivitas diantaranya, 14 aktivitas *operation*, 10 *transportation*, 4 *storage*, dan 2 *delay*. Selain itu juga teridentifikasi jenis pemborosan yaitu *inventory*, *defect*,

waiting, *motion*, dan *environmental health and safety* (EHS).

4.3 Current State Map

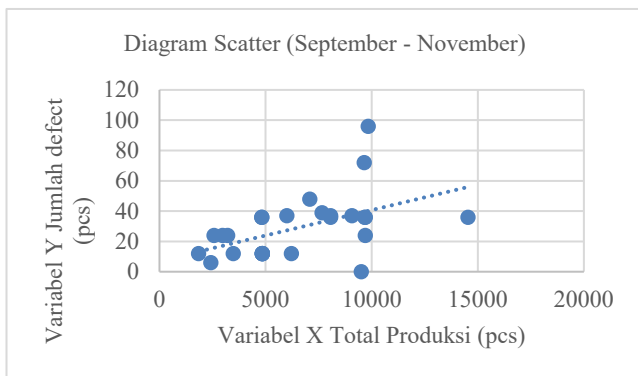
Kondisi aktual aliran material dan informasi dipetakan ke dalam *current state map* pada Gambar 1.



Gambar 1. Current state map

4.4 Hasil Pengolahan Data Scatter, Pareto, dan P-Chart

4.4.1 Scatter Diagram

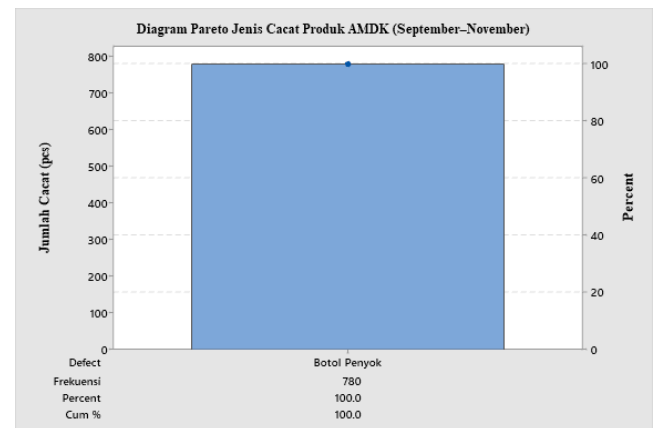


Gambar 2. Scatter diagram defect botol penyok

Hasil scatter diagram Gambar 2. menunjukkan adanya kecenderungan hubungan positif antara jumlah produksi dan jumlah produk cacat. Hal ini ditunjukkan oleh garis tren yang memiliki arah meningkat. Semakin besar jumlah produksi yang dihasilkan, jumlah produk cacat cenderung meningkat. Namun demikian, sebaran titik data yang cukup luas menunjukkan bahwa hubungan tersebut tidak terlalu kuat. Dengan demikian, peningkatan jumlah cacat tidak hanya dipengaruhi oleh volume produksi, tetapi

juga oleh faktor lain seperti kondisi mesin, kualitas material, metode kerja, dan kinerja operator.

4.4.2 Pareto Diagram

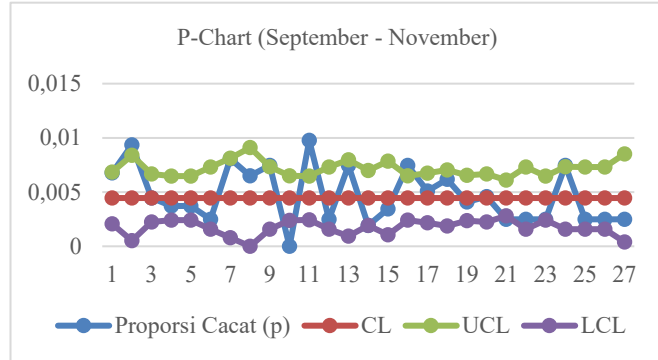


Gambar 3. Pareto diagram defect botol penyok

Hasil Diagram Pareto menunjukkan bahwa cacat botol penyok merupakan jenis cacat yang paling dominan dengan jumlah 780 pcs atau 100% dari total produk cacat selama periode penelitian. Berdasarkan prinsip Pareto, fokus perbaikan perlu diarahkan pada pengurangan cacat botol penyok karena jenis cacat tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap waste defect. Dengan mengurangi penyebab terjadinya

botol penyok, perusahaan berpotensi menurunkan tingkat kecacatan produk secara signifikan.

4.4.3 Peta Kendali Mutu P-Chart

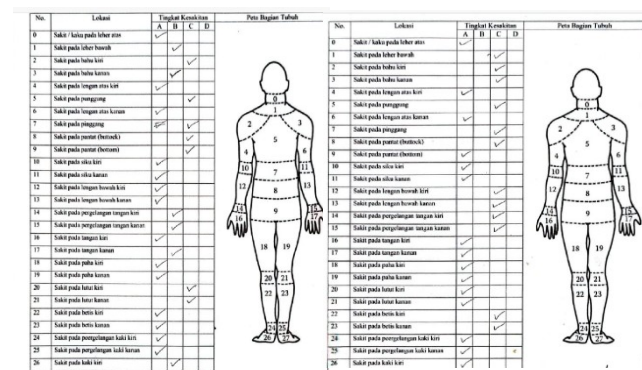


Gambar 4. P-Chart

Hasil peta kendali P menunjukkan bahwa rata-rata proporsi cacat selama periode September hingga November sebesar 0,00445. Berdasarkan grafik peta kendali, terdapat beberapa titik pengamatan yang berada di luar batas kendali statistik, baik di atas batas kendali atas (UCL) maupun di bawah batas kendali bawah (LCL). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses produksi belum berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya cacat botol penyok.

4.5 Hasil Kuesioner Nordic Body Map (NBM)

Hasil pengisian kuesioner penilaian NBM oleh dua responden operator produksi dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Hasil penilaian NBM

Tabel 3. Rangkuman skor kuesioner NBM

Responden	Proses	Skor NBM	Kategori Risiko
Operator 1	Labeling & Sealing	48	Rendah
Operator 2	Packing	52	Sedang
Rata-rata		50	Sedang

Hasil pengukuran NBM menunjukkan bahwa operator pada proses labeling dan sealing dan packing memperoleh rata-rata skor sebesar 50. Berdasarkan klasifikasi NBM, nilai tersebut termasuk dalam kategori risiko sedang, yang menunjukkan adanya keluhan muskuloskeletal yang memerlukan perhatian melalui perbaikan kondisi kerja dan penerapan prinsip ergonomi.

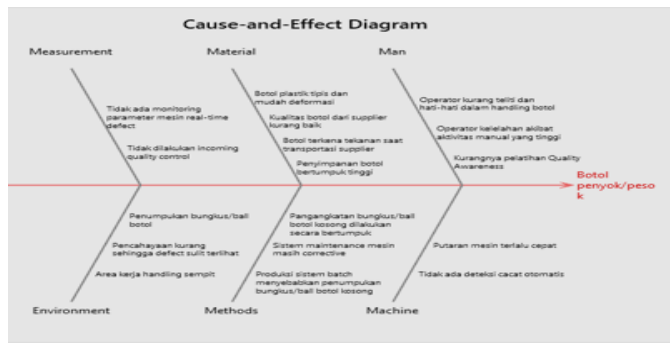
Berdasarkan hasil kuesioner, keluhan dominan dirasakan pada bagian bahu, punggung, pinggang, lutut, betis, dan kaki. Keluhan tersebut diduga berkaitan dengan aktivitas kerja yang dilakukan secara berulang pada proses labeling dan sealing dan packing, seperti berdiri dalam waktu lama, membungkuk saat menangani produk, menjangkau material, serta melakukan pemindahan produk secara manual. Aktivitas tersebut menyebabkan beban kerja fisik yang berpotensi meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal pada operator. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh [18] yang menyatakan bahwa aktivitas manual material handling yang dilakukan secara repetitif dapat menimbulkan keluhan pada area pinggang, bahu, dan kaki pekerja serta meningkatkan risiko cedera akibat postur kerja yang kurang ergonomis.

Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa operator packing mengalami keluhan yang relatif lebih tinggi dibandingkan operator labeling-sealing. Kondisi tersebut disebabkan oleh aktivitas kerja yang melibatkan pengangkatan, pemindahan, dan penyusunan produk secara berulang. Penelitian oleh [19] menemukan bahwa keluhan muskuloskeletal pada stasiun packing umumnya terjadi pada area punggung bawah, bahu, dan pergelangan tangan akibat aktivitas membungkuk dan mengangkat produk secara berulang.

4.6 Fishbone Diagram

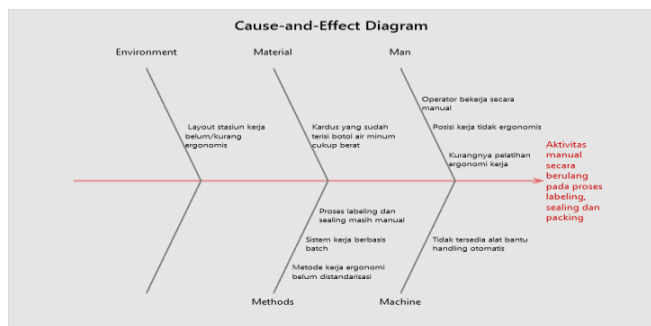
Berdasarkan hasil PAM teridentifikasi jenis pemborosan yang terjadi pada proses produksi AMDK. Rekomendasi penelitian ini difokuskan pada waste defect dan motion karena kedua jenis

pemborosan tersebut memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas produk dan efektivitas aktivitas kerja operator. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kedua pemborosan tersebut, dilakukan analisis sebab akibat menggunakan fishbone diagram di Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Ishikawa Diagram Waste defect

Hasil analisis fishbone menunjukkan bahwa waste defect berupa botol penyok dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berasal dari aspek manusia, material, mesin, metode, lingkungan, dan pengukuran. Pada aspek manusia, kecacatan produk dipengaruhi oleh kurangnya ketelitian operator saat melakukan penanganan botol, tingginya aktivitas manual yang menyebabkan kelelahan kerja, serta rendahnya kesadaran terhadap pentingnya kualitas produk. Pada aspek material, kualitas botol yang kurang baik, karakteristik botol yang mudah mengalami deformasi, serta kerusakan selama proses transportasi dan penyimpanan berpotensi meningkatkan jumlah produk cacat. Selain itu, faktor mesin, metode kerja, lingkungan kerja, dan sistem pengukuran yang belum optimal turut berkontribusi terhadap terjadinya cacat botol penyok selama proses produksi.



Gambar 7. Ishikawa Diagram Waste motion

Berdasarkan hasil analisis fishbone, waste motion pada proses labeling, sealing, dan packing dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berasal dari aspek manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan kerja. Faktor manusia berkaitan dengan aktivitas kerja yang masih dilakukan secara manual, posisi kerja yang kurang ergonomis, serta kurangnya pemahaman operator mengenai prinsip-prinsip ergonomi. Dari aspek metode, proses kerja yang masih berbasis manual dan belum adanya standar metode kerja ergonomis menyebabkan munculnya gerakan yang berulang dan tidak memberikan nilai tambah. Selain itu, tata letak stasiun kerja yang kurang mendukung, tidak tersedianya alat bantu material handling, serta beban material yang relatif berat turut meningkatkan frekuensi pergerakan operator selama proses produksi.

4.7 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis PAM, fishbone diagram, SPC, dan NBM, diketahui bahwa proses produksi AMDK masih menghadapi permasalahan yang berkaitan dengan waste defect dan waste motion. Waste defect ditandai oleh munculnya produk cacat berupa botol penyok, sedangkan waste motion ditunjukkan oleh aktivitas kerja berulang yang berpotensi menimbulkan keluhan muskuloskeletal pada operator. Oleh karena itu, diperlukan usulan perbaikan yang terintegrasi dengan mengombinasikan pendekatan Lean Manufacturing, SPC, dan ergonomi. Usulan perbaikan tersebut difokuskan pada pengurangan tingkat kecacatan produk, peningkatan efisiensi proses, serta perbaikan kondisi kerja operator sehingga kinerja produksi efektif dan optimal.

4.7.1 Skenario Perbaikan Berbasis Pendekatan SPC

Tabel 4. Usulan perbaikan berbasis SPC

Faktor	Akar Penyebab	Usulan Perbaikan
Man	Operator kurang teliti saat handling botol	Pelatihan quality awareness dan briefing kualitas sebelum produksi
Man	Operator kelelahan akibat aktivitas manual tinggi	Pengaturan beban kerja dan rotasi operator
Material	Botol mudah deformasi	Evaluasi spesifikasi botol dengan supplier

Material	Kualitas kurang baik	botol	Incoming Control (IQC)	Quality material
Material	Kerusakan transportasi	saat	Standarisasi penyimpanan dan pengiriman	metode
Machine	Putaran terlalu cepat	mesin	Penyesuaian kecepatan mesin	parameter
Machine	Maintenance corrective	masih	Penerapan preventive maintenance	preventive
Machine	Tidak ada deteksi cacat otomatis		Penambahan checkpoint inspeksi visual	inspeksi
Measurement	Tidak ada monitoring parameter mesin	ada	Monitoring proses secara berkala	parameter
Measurement	Tidak ada incoming quality control		Penyusunan inspeksi masuk	form material
Method	Penanganan bertumpuk	botol	Pembatasan tumpukan material	jumlah
Environment	Area sempit	handling	Penataan ulang penyimpanan material	area

4.7.2 Skenario Perbaikan Berbasis Pendekatan Ergonomi

Tabel 5. Usulan perbaikan berbasis pendekatan ergonomi

Faktor	Akar Penyebab	Usulan Perbaikan
Man	Operator bekerja manual	Pengurangan aktivitas manual yang tidak bernilai tambah
Man	Posisi kerja tidak ergonomis	Penyusunan SOP kerja ergonomis
Man	Kurangnya pelatihan ergonomi	Pelatihan ergonomi kerja
Material	Kardus berisi produk cukup berat	Pembatasan berat angkat manual atau penggunaan troli
Machine	Tidak tersedia alat bantu handling	Penyediaan troli pemindahan produk
Method	Labeling dan sealing masih manual	Standarisasi metode kerja yang lebih efisien
Method	Sistem batch menyebabkan perpindahan berulang	Pengaturan aliran material yang lebih teratur
Method	Belum ada standar kerja ergonomis	Penyusunan instruksi kerja ergonomis
Environment	Layout stasiun kerja ergonomis kurang	Perbaikan tata letak area kerja dan penempatan material dalam jangkauan operator

Usulan perbaikan disusun berdasarkan akar penyebab dengan memadukan ketiga pendekatan, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 6. Usulan perbaikan terintegrasi lean, SPC, dan ergonomi

Waste	Analisis	Root Cause	Usulan Perbaikan	Pendekatan
Defect (Botol penyok/pesok)	Diagram Pareto menunjukkan botol penyok merupakan cacat dominan. P-Chart menunjukkan proses belum sepenuhnya stabil.	Operator kurang teliti saat handling botol	Pelatihan quality awareness dan inspeksi visual berkala	SPC
Defect (Botol penyok/pesok)	Proporsi cacat masih ditemukan pada beberapa periode produksi	Tidak dilakukan incoming quality control	Penerapan Incoming Quality Control (IQC) pada botol dari supplier	SPC
Defect (Botol penyok/pesok)	Produk cacat masih muncul selama proses produksi	Putaran mesin terlalu cepat	Penyesuaian parameter kecepatan mesin sesuai standar proses	SPC
Defect (Botol penyok/pesok)	Variasi proses masih terjadi	Sistem maintenance masih corrective maintenance	Penyusunan jadwal preventive maintenance	SPC
Defect (Botol penyok/pesok)	Potensi deformasi produk cukup tinggi	Penumpukan botol kosong dan penyimpanan tidak sesuai standar	Standarisasi penyimpanan dan batas maksimum penumpukan botol	Lean-SPC
Motion	Hasil NBM menunjukkan keluhan muskuloskeletal kategori sedang (skor rata-rata 50)	Posisi kerja operator kurang ergonomis	Penyusunan SOP kerja ergonomis dan pelatihan ergonomi	Ergonomi
Motion	Operator melakukan aktivitas berulang selama labeling,	Aktivitas kerja masih dilakukan secara manual	Penyederhanaan metode kerja dan eliminasi gerakan tidak	Lean-Ergonomi

	sealing, dan packing		bernilai tambah	
Motion	Keluhan pada punggung, pinggang, bahu, dan kaki	Tata letak stasiun kerja kurang ergonomis	Perbaiki layout area kerja berdasarkan jangkauan operator	Lean-Ergonomi
Motion	Frekuensi perpindahan material cukup tinggi	Tidak tersedia alat bantu material handling	Penyediaan troli atau alat bantu pemindahan material	Ergonomi
Motion	Beban kerja fisik operator cukup tinggi	Kardus produk memiliki berat yang relatif besar	Pengaturan batas beban angkat manual dan penggunaan alat bantu	Ergonomi

4.8 Future PAM

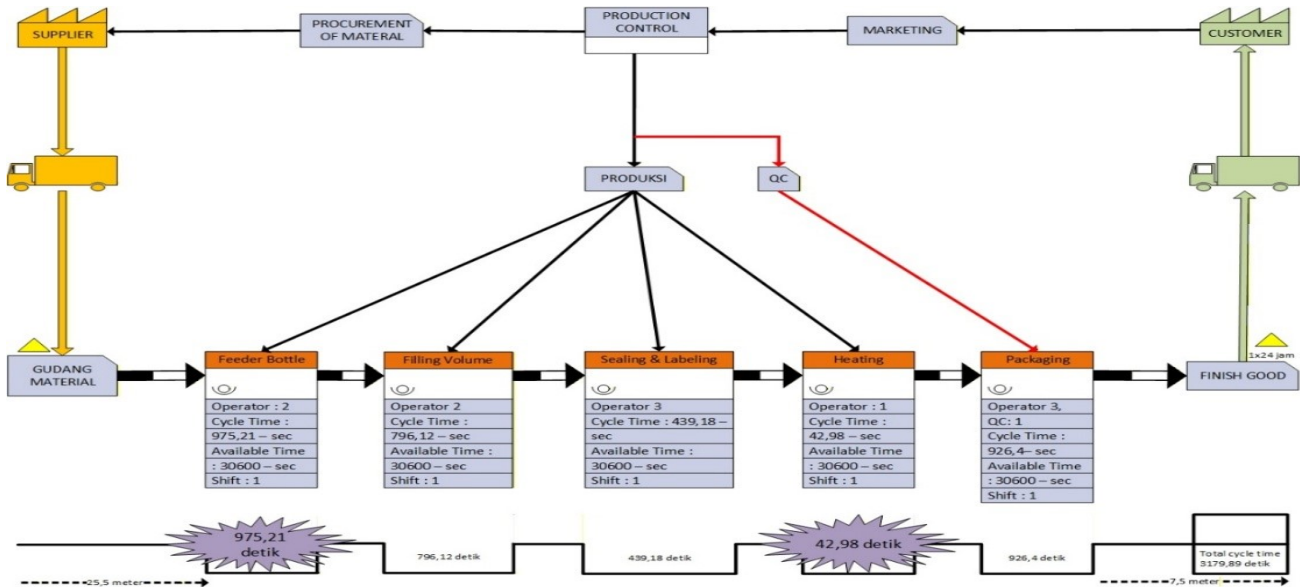
Future process activity mapping disusun dengan mengeliminasi aktivitas yang tidak bernilai tambah, yaitu aktivitas *storage* berupa peletakan botol kosong di luar ruang *filling* dengan waktu 189,17 detik dan aktivitas *delay* berupa menunggu mesin *heating* mencapai suhu 125°C dengan waktu 1.675,38 detik. Hasil *future process activity mapping* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. *Future Process activity mapping* usulan dengan eliminasi aktivitas tidak bernilai tambah.

Kode	Aktivitas	Mesin/alat	Waktu (s)	Aktivitas					VA/NNVA/A	Identifikasi waste
				O	T	I	S	D		
A1	Mengambil botol kosong dari gudang	Handpallet	524,39		T				NNVA	
A2	Meletakkan botol kosong di luar ruang <i>filling</i>	Manual	189,17			S			NNVA	Unnecessary inventory
A3	Mengambil dan meletakkan botol kosong ke dalam ruang <i>filling</i>	Manual	193,20		T				NNVA	
A4	Membuka bungkus/bal 1 botol kosong dengan cutter	Cutter	9,12	O					VA	
A5	Mengambil dan memasukkan botol kosong ke conveyor mesin <i>filling</i>	Manual	61,11	O					VA	Defect
A6	Membersihkan sisa bungkus/bal	Manual	187,39	O					NNVA	

B1	Set up mesin <i>filling</i>	Mesin <i>filling</i>	459,93						D	NNVA	Waiting	
B2	Mengambil tutup botol plastik dari gudang	Handpallet	178,76		T					NNVA		
B3	Meletakkan ball/bungkus tutup botol plastik ke ruang <i>filling</i>	Manual	80,45			S				NNVA		
B4	Memasukkan tutup botol plastik ke mesin <i>capping</i>	Manual	48,37	O						VA		
B5	Pencucian botol, pengisian botol, dan pemasangan tutup botol	Mesin <i>filling</i>	28,61	O						VA		
C1	Mengambil label dan seal dari gudang	Handpallet	375,24		T					NNVA		
C2	Meletakkan dan menata label seal botol plastik ke meja	Manual	12,66			S				NNVA		
C3	Pemasangan label dan seal ke botol	Manual	51,28	O						VA	Unnecessary motion, EHS	
D1	Menyalakan mesin <i>heating</i>	Mesin <i>heating</i>	7,98	O						VA		
D2	Menunggu mesin <i>heating</i> mencapai suhu 125 derajat		1675,38							D	NVA	Waiting
D3	Pemasangan label dan seal yang sudah terpasang ke botol	Mesin <i>heating</i>	35	O						VA		
E1	Mengambil kardus dari gudang	Handpallet	329,70		T					NNVA		
E2	Penempatan kardus dan menata	Manual	118,94			S				NNVA		
E3	Mengambil pallet dari gudang	Manual	278,88		T					NNVA		
E4	Penempatan pallet	Hand – pallet	3,10		T					NNVA		
E5	Menyalakan mesin karton sealer	Mesin carton sealer	2,07	O						VA		
E6	Mengambil dan melipat kardus (tugas operator ke-1)	Manual	8,54	O						VA		
E7	Menyalurkan kardus menuju bagian packing (tugas operator ke-1)	Roller – conveyor	2,09		T					NNVA		
E8	Memeriksa dan memasukkan botol air minum ke kardus (tugas operator ke-2)	Manual	12,75	O						VA	EHS	
E9	Menyalurkan kardus isi botol air minum menuju operator 1 (tugas operator ke-2)	Roller – conveyor	2,12		T					NNVA		
E10	Memasukkan kardus isi botol air minum ke mesin carton sealer (tugas operator ke-2)	Manual – carton sealer	4,41	O						VA		
E11	Melakukan stempel tanggal produksi (tugas operator ke-3)	Manual – date stamp	2,19	O						VA		
E12	Mengambil dan menata kardus isi botol air minum ke pallet (tugas operator ke-3)	Manual	8,87	O						NNVA	Unnecessary motion	
E13	Transportasi menuju inventory	Hand – pallet	152,74		T					NNVA		

4.9 Future State Map



Gambar 7. Future state map proses produksi AMDK botol 600 ml setelah perbaikan

Eliminasi dua aktivitas tidak bernilai tambah menurunkan *cycle time* dari 5.044,45 detik menjadi 3.179,89 detik, atau berkurang 1.864,55 detik (sekitar 31 menit), dengan *available time* tetap 30.600 detik per hari. Hasil ini sejalan dengan temuan [2] dan [1] bahwa integrasi *lean* dan ergonomi mampu menurunkan waktu proses tanpa menambah beban kerja, serta sejalan dengan [3] yang menunjukkan peran SPC dalam menjaga konsistensi kualitas. Dengan demikian, integrasi *lean manufacturing*, SPC, dan ergonomi efektif menurunkan *waste* sekaligus memperbaiki kondisi kerja pada proses produksi AMDK botol 600 ml.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian pada proses produksi AMDK botol 600 ml di PT DCDC, hasil PAM mengidentifikasi 30 aktivitas yang terdiri atas 14 aktivitas operasi, 10 transportasi, 4 penyimpanan, dan 2 penundaan. Selain itu, ditemukan lima jenis *waste*, yaitu *waste inventory*, *waste defect*, *waste waiting*, *waste motion*, dan *waste environmental health and safety (EHS)*. Penelitian ini difokuskan pada *waste defect* dan *waste motion* karena keduanya memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas produk dan aktivitas kerja operator.

Hasil analisis SPC menunjukkan bahwa cacat botol penyok merupakan jenis cacat yang paling dominan dengan jumlah 780 pcs. Scatter diagram menunjukkan kecenderungan hubungan positif antara jumlah produksi dan jumlah cacat, sedangkan peta kendali P menunjukkan bahwa proses produksi belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik karena masih terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali.

Hasil pengukuran NBM menunjukkan skor rata-rata risiko cedera musculoskeletal yaitu 50 yang termasuk kategori risiko sedang. Keluhan dominan dirasakan pada bagian bahu, punggung, pinggang, lutut, betis, dan kaki. Kondisi tersebut menunjukkan adanya potensi gangguan muskuloskeletal yang dipengaruhi oleh aktivitas kerja berulang, postur kerja yang kurang ergonomis, serta aktivitas pemindahan material secara manual.

Usulan perbaikan disusun melalui integrasi *Lean Manufacturing*, *Statistical Process Control (SPC)*, dan ergonomi yang meliputi penerapan *incoming quality control*, *preventive maintenance*, monitoring kualitas secara berkala, perbaikan tata letak area kerja, penyediaan alat bantu material handling, serta penyusunan standar kerja ergonomis. Implementasi usulan perbaikan mampu menurunkan *cycle time* dari 5.044,45 detik menjadi 3.179,89 detik atau berkurang sebesar 1.864,55 detik,



sehingga proses produksi menjadi lebih efisien dengan tetap memperhatikan kualitas produk dan kondisi kerja operator.

Berdasarkan hasil penelitian, perusahaan disarankan untuk menerapkan usulan perbaikan yang telah disusun secara bertahap, terutama pada aspek pengendalian kualitas material, pemeliharaan mesin, dan perbaikan metode kerja ergonomis. Perusahaan juga perlu melakukan monitoring kualitas secara berkala menggunakan alat Statistical Process Control (SPC) guna menjaga stabilitas proses produksi serta meminimalkan terjadinya produk cacat.

Selain itu, perbaikan tata letak area kerja dan penyediaan alat bantu material handling perlu dipertimbangkan untuk mengurangi aktivitas gerakan yang tidak bernilai tambah dan menurunkan risiko keluhan muskuloskeletal pada operator [23]. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan evaluasi ergonomi yang lebih mendalam menggunakan metode REBA, RULA, atau analisis biomekanika sehingga efektivitas usulan perbaikan dapat diukur secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT DCDC, khususnya Departemen Produksi dan Departemen Pengendalian Mutu, atas kesempatan dan kemudahan mendapatkan akses dan ketersediaan data selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Colim, R. Morgado, P. Carneiro, N. Costa, C. Faria, N. Sousa, L. A. Rocha, dan P. Arezes, "Lean manufacturing and ergonomics integration: Defining productivity and wellbeing indicators in a human-robot workstation," *Sustainability*, vol. 13, no. 4, art. 1931, Feb. 2021, doi: 10.3390/su13041931.
- [2] L. Botti, C. Mora, dan A. Regattieri, "Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 111, hal. 481–491, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.cie.2017.05.011.
- [3] J. L. Cabrera, O. A. Corpus, F. Maradiegue, dan J. C. Álvarez, "Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC, and HACCP in the food industry: A case study," *South Afr. J. Ind. Eng.*, vol. 31, no. 4, hal. 194–207, Des. 2020, doi: 10.7166/31-4-2363.
- [4] M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, dan M. A. Gonçalves, "Integration of lean manufacturing and ergonomics in a metallurgical industry," *Int. J. Occup. Environ. Saf.*, vol. 2, no. 2, hal. 21–31, 2018, doi: 10.24840/2184-0954_002.002_0003.
- [5] M. Ulfah dan Kulsum, "Waste minimisation on production processes of bottled drinking water using green lean six sigma approach," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 32, no. 1, hal. 40–49, 2022, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.40.
- [6] J. O. Omisola, J. O. Shiyanbola, dan G. O. Osho, "A predictive quality assurance model using lean six sigma: Integrating FMEA, SPC, and root cause analysis for zero-defect production systems," *Int. J. Adv. Multidiscip. Res. Stud.*, vol. 4, no. 6, hal. 1481–1497, 2024, doi: 10.62225/2583049X.2024.4.6.4051.
- [7] I. L. Nunes, "Integration of ergonomics and lean six sigma: A model proposal," *Procedia Manuf.*, vol. 3, hal. 890–897, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.124.
- [8] D. Freitas, V. Nunes, dan I. L. Nunes, "Integrating lean six sigma and ergonomics—A case study," dalam *Occupational Safety and Hygiene III*. London, U.K.: CRC Press, 2015, hal. 451–456, doi: 10.1201/b18042-89.
- [9] I. Alsaffar dan H. Ketan, "Reviewing the effects of integrated lean six sigma methodologies with ergonomics principles in an industrial workstation," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 433, art. 012060, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/433/1/012060.
- [10] WIJAYA, W. (2024). Penerapan Lean Manufacturing untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi. *Circle Archive*, 1(6). <https://circle-archive.com/index.php/carc/article/view/284>
- [11] Ohno, T. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- [12] Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going Lean, Lean Enterprise Research Center. *Cardiff Business School*. <https://leanenterprise.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Going-Lean.pdf>



- [13] Gaspersz, V. (2006). *Continous [sic] cost reduction through Lean-Sigma approach: strategi dramatik reduksi biaya dan pemborosan menggunakan pendekatan Lean-Sigma*. Gramedia Pustaka Utama. https://books.google.co.id/books?id=1S287n_eScC&newbks
- [14] Sari, K. A. D. N., & Ferida Yuamita, S. T. (2026). Analisis Risiko Ergonomi Pada Proses Pemasangan Pipa Fire Hydrant Menggunakan Lean Ergonomics. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 3(1), 690-697. <https://doi.org/10.61722/jmia.v3i1.8179>
- [15] Suarjana, I. W. G., Pomalingo, M. F., Palilingan, R. A., & Parhusip, B. R. (2022). Perancangan fasilitas kerja ergonomi menggunakan data antropometri untuk mengurangi beban fisiologis. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(2), 109-117. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v10i2.17755>
- [16] Andivas, M., Harits, D., Wibowo, A. H., & Putra, R. N. (2023). Desain Perbaikan Postur Kerja Operator Maintenance Pada Pt Minindo Menggunakan Software Solidwork Dengan Pendekatan Antropometri. *JURNAL PERANGKAT LUNAK*, 5(3), 354-361. <https://doi.org/10.32520/jupel.v5i3.2795>
- [17] Barsalou, M. (2023). Determining which of the classic seven quality tools are in the quality practitioner's RCA tool kit. *Cogent engineering*, 10(1), 2199516. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/23311916.2023.2199516?needAccess=true>
- [18] Rezki, A. S., Maksum, A. H., Herwanto, D., & Rahmat, M. T. (2023). Analisis Risiko Postur Kerja dengan Metode Nordic Body Map, RULA dan REBA pada Proses Manual Material Handling Pabrik Kecap. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 7(2), 86. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v7i2.2677>
- [19] Nadiyah, K., Senjawati, M. I., Putri, G. R., & Satria, A. (2025). Evaluasi Risiko Muskuloskeletal dengan Metode REBA dan Nordic Body Map pada Stasiun Packing Industri Oleokimia. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 6(2), 47-55. <https://doi.org/10.52759/inventory.v6i2.6>
- [20] Jingga, N. V., Lawi, A., & Mardiansyah, Y. (2025). Analisis Work-Related Musculoskeletal Disorders (Wmsds) Pada Operator Manufaktur Elektronik Dengan Pendekatan Nordic Body Map (NBM) & Quick Exposure Checklist (QEC). *JURNAL REKAYASA SISTEM INDUSTRI*, 11(1), 70-76. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v11i1.10851>
- [21] Herlinawati, A., Alhasfi, D., Ariyanto, T. I. R., Hapsari, D. Y., Ardianingsih, A. D., Rizqia, N. N., & Gunawan, Z. S. (2025). Identification of Musculoskeletal Disorders in Garment Workers using the Nordic Body Map (NBM). *Journal of Safety Education*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jse.v3i2.26742>
- [22] B. M. Musfita and N. A. Mahbubah, "Implementasi Lean Manufacturing Guna Meminimalisasi Pemborosan Pada Proses Produksi AMDK Jenis Gelas Pada PT.XYZ," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 1683–1693, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i2.2864.
- [23] M. I. Amal and N. A. Mahbubah, "Integrating Lean Implementation and Relay Design for Efficiency Improvement," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 21, no. 2, pp. 240–252, 2022, doi: 10.23917/jiti.v21i2.19748.