

"PERBAIKAN METODE KERJA PADA PROSES PENGUKURAN TAPE ACCESSORIES MELALUI IMPLEMENTASI SISTEM OTOMASI (STUDI KASUS PT XYZ)"

Haikal Zulfikar, Dr. Denny Nurkertamanda, S.T., M.T.

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Pengukuran tape accessories di PT XYZ menjadi salah satu permasalahan karena menyebabkan tingginya waste material serta menimbulkan keluhan musculoskeletal pada operator. Permasalahan tersebut disebabkan oleh proses pengukuran yang masih dilakukan secara manual dan bersifat repetitif. Penelitian ditujukan untuk mengevaluasi metode kerja sebelum dan sesudah implementasi otomasi. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui observasi langsung, time study, analisis waste material, serta evaluasi ergonomi menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) sebelum dan sesudah implementasi mesin otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi mesin otomatis mampu meningkatkan konsistensi proses pengukuran tape dan menurunkan waste material pada material elastis dari 8,07% menjadi 1,18% serta material non-elastis dari 5,93% menjadi 1,20%. Sehingga, dari tiga skenario yang diuji, diperoleh skenario optimal yang mampu mengurangi kerugian sebesar Rp35.177.565,08. Selain itu, penerapan mesin otomatis juga memperbaiki postur kerja operator yang ditunjukkan dengan penurunan skor RULA dari 7 menjadi 4, sehingga tingkat risiko ergonomi berkurang dari kategori risiko tinggi menjadi risiko sedang. Berdasarkan hasil penelitian, penerapan otomasi dinilai layak diterapkan untuk menurunkan waste material dan meningkatkan aspek ergonomi pada industri garment.

Kata kunci: automasi, ergonomi, industri garmen, waste material, musculoskeletal disorders, RULA.

Abstract

The tape accessories measurement process at PT XYZ has become one of the major issues due to the high amount of material waste and musculoskeletal complaints experienced by operators. These problems are caused by the measurement process being performed manually and repetitively. This study aims to evaluate the working method before and after the implementation of an automation system. The research method used was a quantitative approach through direct observation, time study, material waste analysis, and ergonomic evaluation using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method before and after the implementation of the automatic machine. The results showed that the implementation of the automatic machine improved the consistency of the tape measurement process and reduced material waste for elastic materials from 8.07% to 1.18% and for non-elastic materials from 5.93% to 1.20%. Thus, from the three evaluated scenarios, the optimal scenario was found to reduce losses by Rp35,177,565.08. In addition, the implementation of the automatic machine also improved the operator's working posture, as indicated by the reduction of the RULA score from 7 to 4, thereby decreasing the ergonomic risk level from high risk to medium risk. Based on the results of the study, the implementation of automation is considered feasible to reduce material waste and improve ergonomic aspects in the garment industry.

Keywords: automation, ergonomics, garment industry, material waste, musculoskeletal disorders, RULA.

1. Pendahuluan

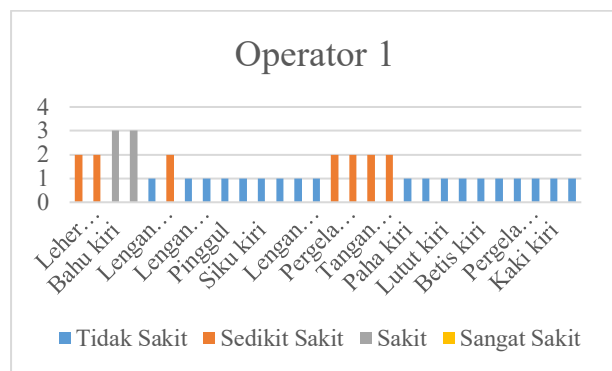
Industri tekstil dan garment merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian Indonesia karena bersifat padat karya dan memiliki kontribusi signifikan terhadap penyerapan tenaga kerja serta ekspor nasional. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian (2022),

pada tahun 2020 industri garmen menyumbang 2,67% dari keseluruhan sektor industri, serta memberikan kontribusi tambahan sekitar 6,3% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Namun demikian, dibalik kontribusinya terhadap perekonomian, industri garment menghadapi berbagai tantangan operasional, khususnya

terkait produktivitas, kondisi kerja, dan tingkat turnover karyawan (Thoha & Maharani, 2024).

Sejalan dengan karakteristiknya sebagai industri padat karya, sebagian besar proses produksi garment sangat bergantung pada tenaga kerja manusia, terutama pada bagian sewing, cutting, dan finishing. Karakteristik pekerjaan di industri ini umumnya bersifat repetitif, statis, dan menuntut ketelitian tinggi dalam waktu yang panjang. Menurut laporan EU-OSHA (2023), lebih dari 60% pekerja di sektor manufaktur menghadapi masalah kelelahan fisik dan gangguan muskuloskeletal, dengan industri tekstil dan garmen menjadi yang paling rentan (Saha dkk., 2023). Penelitian menunjukkan lebih dari 45% pekerja jahit di negara berkembang mengalami kelelahan tingkat sedang hingga berat setiap hari. Selain itu, sekitar satu dari lima pekerja mengalami kecelakaan ringan akibat menurunnya konsentrasi yang dipicu oleh kelelahan (Pabumbun dkk., 2022).

Proses pengukuran PT XYZ masih dilakukan secara manual dengan cara mengukur dan memotong menggunakan gunting. Ketika target produksi meningkat dan aktivitas dilakukan secara repetitif dalam durasi yang panjang, operator berpotensi mengalami kelelahan fisik. Kondisi tersebut dapat menimbulkan rasa tidak nyaman pada beberapa bagian tubuh, terutama pada tangan, pergelangan, punggung, leher, dan bahu. Hal ini diperkuat oleh data pada Gambar 1.1 yang menunjukkan hasil kuesioner *Nordic Body Map* bahwa proses pengukuran tape memberikan dampak terhadap kondisi fisik operator.



Gambar 1 Skor NBM Operator

Berdasarkan grafik tersebut, keluhan paling dominan dirasakan pada bagian tubuh atas seperti leher, bahu, dan pergelangan tangan, yang sebagian besar berada pada kategori sedikit sakit hingga sakit. Kondisi ini berkaitan dengan karakteristik pekerjaan yang melibatkan aktivitas tangan secara repetitif dan posisi kerja statis saat melakukan pengukuran tape. Sementara itu, keluhan pada bagian tubuh bawah relatif rendah karena operator bekerja dalam posisi duduk sehingga bagian tubuh tersebut tidak banyak terlibat secara aktif dalam aktivitas kerja. Temuan ini menunjukkan bahwa proses pengukuran tape berpotensi menimbulkan

ketidaknyamanan pada tubuh bagian atas operator sehingga diperlukan upaya perbaikan sistem kerja untuk mengurangi risiko ergonomi tersebut.

Proses pengukuran tape di PT XYZ yang masih dilakukan secara manual menyebabkan ketidakakuratan panjang tape sehingga menimbulkan pemborosan material dan variasi hasil kerja yang sulit dikendalikan. Selain itu, proses manual juga berpotensi menimbulkan risiko ergonomi akibat aktivitas kerja yang repetitif. Oleh karena itu, diterapkan sistem otomasi pada proses pengukuran dan pemotongan tape untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi waste material, serta memperbaiki kondisi ergonomi operator. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas sistem otomasi dibandingkan metode manual ditinjau dari aspek produktivitas, waste material, dan risiko ergonomi menggunakan metode Nordic Body Map (NBM) dan Rapid Upper Limb Assessment (RULA).

2. Studi Literatur

Menurut (Pulat, 1996), istilah ergonomi berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti “kerja” dan *nomos* yang berarti “aturan” atau “hukum”. Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari sistem kerja yang dirancang sesuai dengan karakteristik, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk menciptakan efektivitas, kenyamanan, dan keamanan kerja (Rini dkk., 2021). Dalam penelitian ini, variabel yang diukur adalah keluhan muskuloskeletal menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), yaitu metode identifikasi keluhan nyeri pada bagian tubuh tertentu seperti leher, bahu, dan punggung guna mengetahui tingkat risiko gangguan muskuloskeletal (Suratna, 2025). Kuesioner NBM menggunakan diagram tubuh manusia dengan 28 titik pengamatan, mulai dari leher hingga pergelangan kaki (Aziz & Geovania Azwar, 2023).

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode penilaian ergonomi untuk mengukur beban muskuloskeletal pada anggota tubuh bagian atas dan leher (Chan dkk., 2002). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi postur kerja dengan tingkat risiko tertinggi selama aktivitas berlangsung (Das dkk., 2023). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode **stopwatch time study** yang diperkenalkan oleh Frederick W. Taylor untuk mengukur waktu kerja pada aktivitas repetitif secara akurat guna mengetahui waktu proses, aktivitas yang memakan waktu lama, serta potensi bottleneck dalam aliran kerja (Rizani dkk., 2012; Rehman dkk., 2019).

3. Metodologi Penelitian

yang merupakan salah satu perusahaan garmen di Indonesia. Perusahaan tersebut berlokasi di Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Penelitian ini diawali dengan studi lapangan melalui observasi dan wawancara di PT XYZ untuk mengidentifikasi permasalahan pada proses pengukuran tape accessories. Hasil observasi menunjukkan bahwa proses manual

menimbulkan risiko ergonomi akibat postur kerja yang kurang optimal serta waste panjang berlebih akibat ketidakkonsistenan pengukuran. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian bertujuan membandingkan output metode manual dan sistem otomasi serta mengevaluasi risiko ergonomi operator menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA).

Tahap selanjutnya adalah studi literatur mengenai ergonomi, Nordic Body Map (NBM), RULA, pemodelan postur menggunakan CATIA, dan Stopwatch Time Study sebagai landasan teoritis penelitian. Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan sekunder. Data primer meliputi pengukuran postur kerja, waste panjang tape, waktu proses, serta kuesioner keluhan muskuloskeletal, sedangkan data sekunder berupa jumlah operator dan data pendukung sistem produksi.

Data kemudian diolah melalui analisis ergonomi dan produktivitas. Analisis ergonomi dilakukan menggunakan NBM, observasi postur kerja, pemodelan CATIA, dan perhitungan skor RULA. Analisis produktivitas dilakukan melalui Stopwatch Time Study untuk memperoleh waktu standar, output produksi, serta analisis waste panjang tape dan biaya kerugian akibat proses manual.

Selanjutnya dilakukan analisis akar penyebab menggunakan fishbone diagram untuk mengidentifikasi faktor utama penyebab tingginya risiko ergonomi dan waste panjang berlebih. Berdasarkan hasil analisis tersebut disusun usulan perbaikan berupa penerapan sistem otomasi untuk memperbaiki postur kerja, meningkatkan konsistensi pengukuran, dan mengurangi waste material.

Tahap akhir penelitian adalah evaluasi penerapan sistem otomasi melalui perbandingan data sebelum dan sesudah implementasi terhadap output produksi, waste panjang, dan skor risiko ergonomi. Selain itu dilakukan analisis jumlah kebutuhan mesin dan kelayakan investasi untuk menilai efektivitas sistem otomasi yang diterapkan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data Before

4.1.1 Waktu Siklus

Berikut merupakan rata-rata waktu siklus melalui pencatatan waktu dengan metode *stopwatch* *timestudy* pada pengukuran dua material berbeda.

Tabel 1 Waktu Siklus Berdasarkan Material Before

Material	Yard/detik
Non elastis	0,80
Elastis	1,01

Berikut merupakan rata-rata waktu proses persiapan material dan memasukkan ke plastik

Tabel 2 Data Waktu Siklus Persiapan Material dan Memasukkan ke Plastik Before

Proses	Cycle Time (detik)
Persiapan Material	48,69
Memasukkan ke Plastik	17,85

Selanjutnya dilakukan perhitungan *output* proses pengukuran secara manual guna mengetahui kapasitas produksi yang dihasilkan.

$$CT_{Total} = \frac{T_{persiapan} + \sum_{i=1}^n L_i + T_{packing} \cdot n}{\bar{L}_{Raw Tape}}$$

Keterangan:

CT_{Total} = Total waktu pengukuran *tape* (yard/detik)

L_i = panjang *tape* × waktu per yard

$T_{persiapan}$ = Waktu persiapan material (detik)

$T_{packing}$ = Waktu packing per unit (detik)

n = Jumlah unit *tape* yang di ukur

$\bar{L}_{Raw Tape}$ = Rata – rata panjang *raw tape* (yard)

Nilai n yang merepresentasikan jumlah potongan *tape* ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$n = \left\lfloor \frac{\bar{L}_{Raw Tape}}{L} \right\rfloor$$

Keterangan:

$\bar{L}_{Raw Tape}$ = Rata – rata panjang *raw tape*

$\bar{L}$ = Rata – rata panjang kebutuhan *tape*

Berikut merupakan contoh perhitungan waktu siklus pengukuran *tape* material non-elastis secara manual.

Diketahui

$\bar{L}_{Raw Tape} = 4.965,09 \text{ yard}$

$\bar{L} = 229,77 \text{ yard}$

$T_{persiapan} = 48,69 \text{ detik}$

$T_{packing} = 17,85 \text{ detik}$

$L_i = 4.964,09 \text{ yard} \times 0,81 \text{ detik}$

$$n = \left\lfloor \frac{4.965,09}{229,77} \right\rfloor$$

$$n \approx 22$$

$$CT_{Total} = \frac{48,69 + 4.964,09 \times 0,81 + 22 \times 17,85}{4.964,09}$$

$$CT_{Total} = 0,89$$

Berikut merupakan rekapitulasi *output* pengukuran *tape*.

Tabel 3 Rekapitulasi Output Pengukuran Tape Before

Material	CT(yd/detik)	Output(yd/jam)
Elastis	1,09	3290
Non elastis	0,88	4071

4.1.2 Data Waste Mateial

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk *waste* berbahan non elastis.

$$p = \frac{5050 - 5457,37}{5050}$$

$$p = 8,07 \%$$

Rekapitulasi *waste* yang dihasilkan dengan dua jenis material yang berbeda pada Tabel 4

Tabel 4 Rekapitulasi Persentase *Waste Before*

Material	Persentase Pemborosan
Non elastis	8,07%
Elastis	5,93%

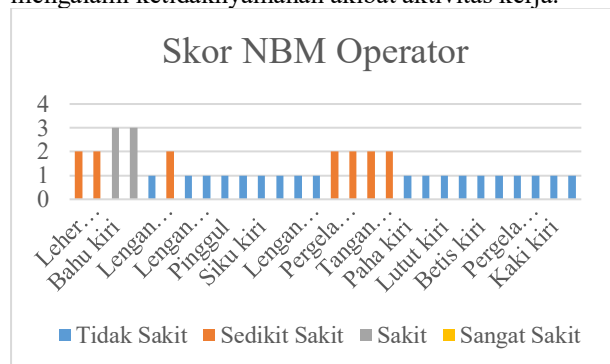
4.1.3 Dokumentasi Postur Kerja

Dokumentasi postur kerja dilakukan untuk memperoleh gambaran aktual mengenai posisi tubuh operator selama melakukan proses pengukuran tape. Pengambilan data dilakukan menggunakan kamera ponsel pada saat aktivitas kerja berlangsung. Data dokumentasi ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis postur kerja dan penilaian risiko ergonomi.

**Gambar 2** Postur Kerja 1 Pengukuran Manual**Gambar 3** Postur Kerja 2 Pengukuran Manual

4.1.4 *Nordic Body Map* (NBM)

Identifikasi keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) dilakukan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami ketidaknyamanan akibat aktivitas kerja.

**Gambar 4** Skor NBM *Before*

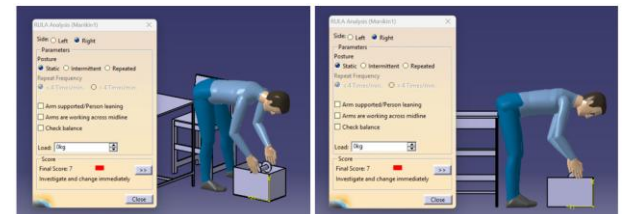
Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Nordic Body Map* (NBM), terlihat bahwa keluhan yang dirasakan oleh operator didominasi pada bagian tubuh atas. Bagian tubuh seperti bahu kanan dan bahu kiri berada pada kategori sakit, sedangkan beberapa bagian lain seperti leher bagian atas, leher bagian bawah, lengan atas kanan, serta pergelangan tangan kanan dan kiri berada pada kategori sedikit sakit.

4.1.5 Penilaian Menggunakan Metode RULA

Penilaian postur kerja dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) untuk mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi yang dialami oleh operator selama proses pengukuran *tape*. Berikut merupakan skor RULA terhadap dua postur kerja.

Tabel 5 Skor RULA *Before*

Postur Kerja	Skor RULA
1	6
2	7

**Gambar 5** Simulasi Catia Postur Kerja 1 *Before***Gambar 6** Simulasi Catia Postur Kerja 2 *Before*

4.1.6 Perhitungan Biaya *Waste*

Dalam perhitungan biaya, keterbatasan informasi terkait proporsi penggunaan material *tape* elastis dan non-elastis diatasi dengan menyusun tiga skenario analisis. Skenario pertama menggunakan perbandingan 55% : 45%, skenario kedua 70% : 30%, dan skenario ketiga 85% : 15%. Penyusunan beberapa skenario ini bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap variasi kondisi penggunaan material. Berikut merupakan kebutuhan dengan berbagai skenario. Diketahui:

Rata-rata total kebutuhan: 144.125,04 yard/bulan

Tabel 6 Total Kebutuhan Aksesoris *Tape*

Skenario	Material	Perbandingan (%)	Jumlah (yd)
1	Elastis	55	79268,774
	Non-elastis	45	64856,27
2	Elastis	70	100887,53
	Non-elastis	30	43237,51
3	Elastis	85	122506,29
	Non-elastis	15	21618,76

Perhitungan biaya waste

Diketahui

Harga tape: Rp4.283,75

Sebelum menentukan berapa total kerugian perlu menghitung waste terdahulu dari masing-masing jenis material

$$W_{\text{total}} = (Q_e + p_e) + (Q_{ne} + p_{ne})$$

Keterangan:

W_{total} = Total waste material

Q_e = Total kebutuhan *tape* elastis (yard)

Q_{ne} = Total kebutuhan *tape* non elastis (yard)

p_e = Proporsi waste material elastis (%)

p_{ne} = Proporsi waste material non elastis (%)

Berikut merupakan contoh perhitungan kerugian pada skenario 1

$$\text{Total Kerugian} = \text{Harga Tape} \times W_{\text{total}}$$

$$\text{Total Kerugian} = \text{Rp}4.283,75 \times 9932,38$$

$$\text{Total Kerugian} = \text{Rp}42.547.821,73$$

Berikut merupakan rekapitulasi total biaya kerugian untuk tiga skenario

Tabel 7 Total Biaya Kerugian Material *Before*

Skenario	Waste per bulan	Total Kerugian
1	9932,38	Rp42.547.821,73
2	9470,46	Rp40.569.068,65
3	9008,54	Rp38.590.315,57

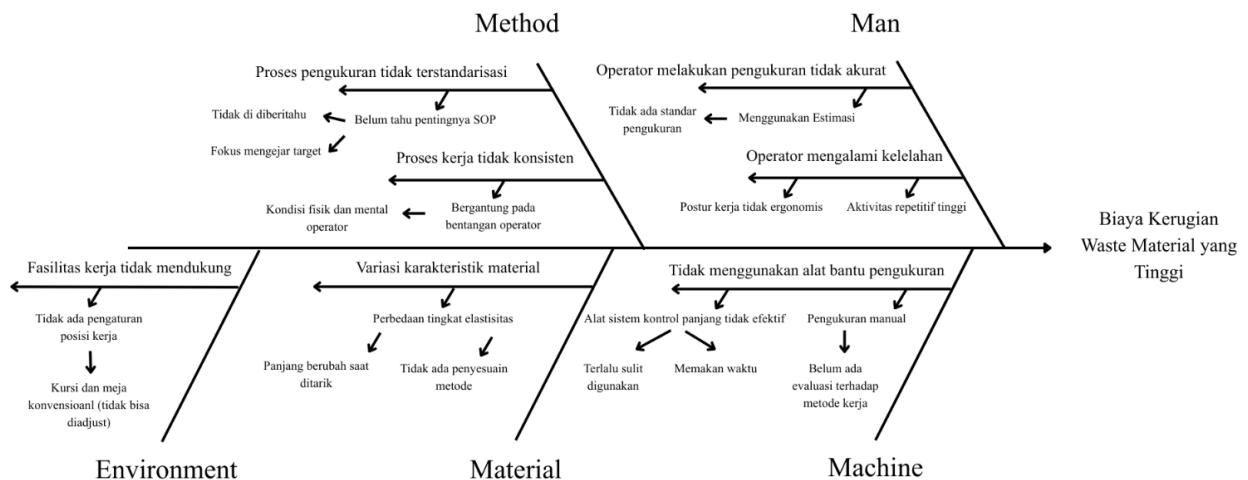
4.2 Analisis Permasalahan (Diagram *Fishbone*)

4.2.1 Identifikasi Masalah Utama

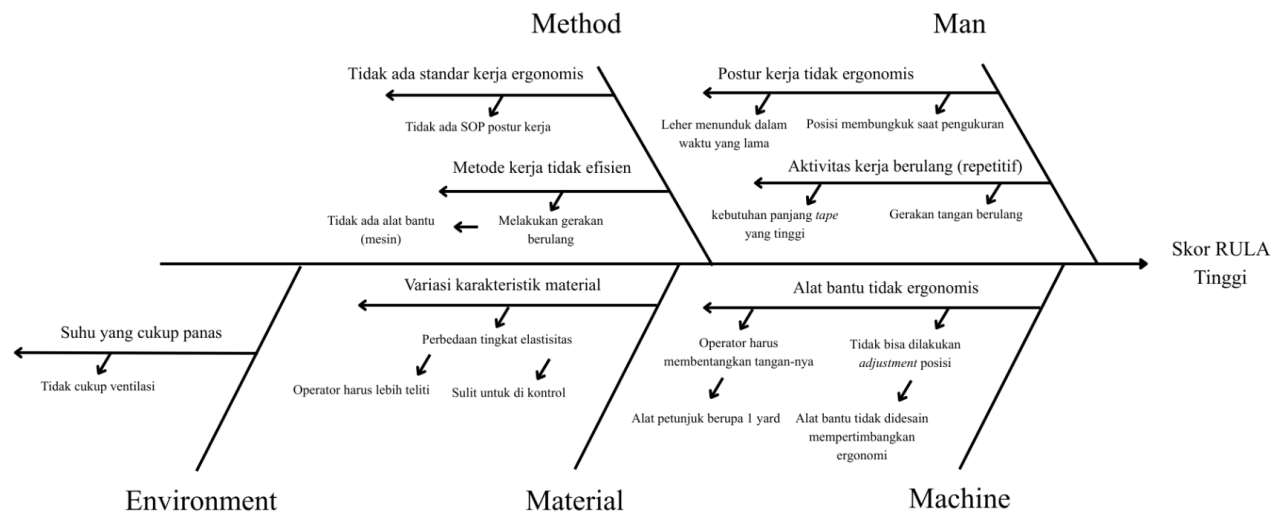
Berdasarkan hasil observasi dan pengolahan data, terdapat dua permasalahan utama pada proses pengukuran *tape accessories*, yaitu tingginya biaya kerugian akibat waste material karena ketidaksesuaian panjang tape dengan standar yang ditetapkan serta tingginya risiko ergonomi akibat postur kerja yang tidak ergonomis dan aktivitas repetitif. Hasil penilaian menggunakan metode RULA menunjukkan skor risiko pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, yang mengindikasikan potensi gangguan muskuloskeletal pada operator, terutama pada bagian leher, bahu, dan punggung.

4.2.2 Analisis *Fishbone*

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, dilakukan analisis akar penyebab menggunakan metode *fishbone* diagram, yang hasilnya disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 *Fishbone* Diagram Biaya Kerugian *Waste* Material Yang Tinggi



Gambar 8 Fishbone Diagram Skor RULA Tinggi

4.3 Usulan Perbaikan

Berikut merupakan usulan kerja terhadap masalah akar penyebab terhadap dua permasalahan utama.

Tabel 8 Usulan Perbaikan

Permasalahan	Usulan Perbaikan
Biaya kerugian waste material yang tinggi	Membuat SOP terkait proses pengukuran untuk meningkatkan produktifitas dan akurasi
Skor RULA tinggi	Membuat alat bantu yang mengurangi proses repetitif dan memperbaiki ergonomi

4.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data After
4.4.1 Mesin Auto Measure Cut & Tape

Mesin *Auto Measure Cut & Tape* dirancang untuk mengatasi tingginya biaya kerugian akibat waste material, ketidakkonsistenan hasil pengukuran, dan risiko ergonomi pada proses pengukuran tape accessories. Mesin ini mampu melakukan pengukuran dan pemotongan tape secara otomatis melalui pengaturan panjang pada *Human Machine Interface* (HMI) serta menggunakan sensor encoder untuk menjaga akurasi panjang secara real-time. Mesin memiliki mode relaxing untuk menstabilkan material elastis dan mode roll-to-roll untuk meningkatkan efisiensi proses. Selain meningkatkan akurasi dan produktivitas, implementasi mesin juga mengurangi aktivitas manual repetitif sehingga dapat menurunkan risiko muskuloskeletal dan skor RULA operator.



Gambar 9 Mesin Auto Measure Cut & Tape

4.4.2 Waktu Siklus

Berikut merupakan rata-rata setiap proses melalui pencatatan waktu dengan metode *stopwatch* pada pengukuran dua material berbeda.

Tabel 9 Waktu Siklus Berdasarkan Material After

Material	Yard/detik
Non elastis	2,54
Elastis	2,67

Berikut merupakan rata-rata waktu proses persiapan material dan memasukkan ke plastik.

Tabel 10 Data Waktu Siklus Persiapan Material dan Memasukkan ke Plastik After

Proses	Cycle Time (detik)
Persiapan Material	76,17
Memasukkan ke Plastik	25,67

Berikut merupakan rekapitulasi *output* pengukuran *tape* proses setelah dilakukan perbaikan

Tabel 11 Rekapitulasi Output Pengukuran Tape After

Material	CT(yd/detik)	Output(yd/jam)
Elastis	2,80	1286
Non elastis	2,67	1348

Jika asumsinya output yang harus dihasilkan hampir setara dengan proses manual maka dibutuhkan mesin sebanyak 3 unit. Oleh karena output yang dihasilkan dengan 3 mesin ditunjukkan pada Tabel 12

Tabel 12 Output Produksi Proses Otomatis 3 Mesin

Material	Output (yard/jam)
Elastis	3859
Non-elastis	4043

4.4.3 Data Waste Material

Tabel 13 merupakan rekapitulasi waste yang dihasilkan dengan dua jenis material yang berbeda dengan menggunakan mesin.

Tabel 13 Rekapitulasi Waste After

Material	Persentase Pemborosan
Non elastis	8,07%
Elastis	5,93%

4.4.5 Dokumentasi Postur Kerja

Berikut merupakan postur kerja operator saat mengoperasikan mesin *Auto Measure Cut & Tape*, yang terdiri dari dua aktivitas utama, yaitu set up mesin melalui layar *Human Machine Interface* (HMI) dan pemasangan material tape. Aktivitas set up cenderung dilakukan dalam posisi tubuh yang lebih tegak, sedangkan pemasangan material melibatkan gerakan menjangkau dan penanganan material. Kedua aktivitas ini memiliki karakteristik postur yang berbeda sehingga perlu dianalisis untuk mengetahui tingkat risiko ergonominya.



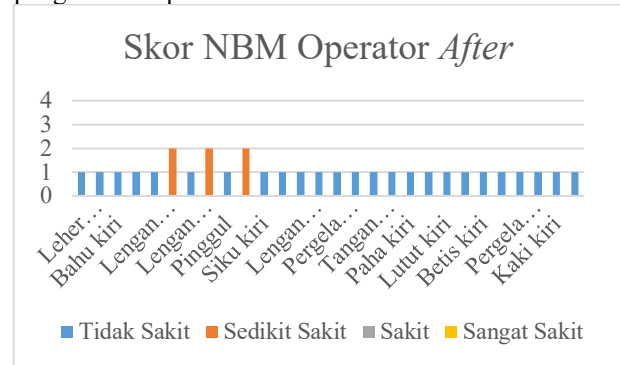
Gambar 10 Postur Kerja 1 Pengukuran Otomatis



Gambar 11 Postur Kerja 2 Pengukuran Otomatis

4.4.6 Nordic Body Map (NBM)

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 12 merupakan hasil skor NBM setelah operator menerapkan pengukuran tape accessories berbasis mesin.



Gambar 12 Skor NBM After

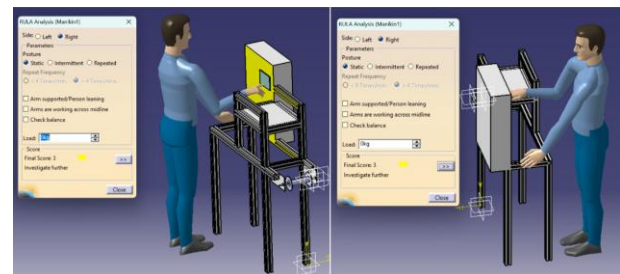
Grafik NBM Operator menunjukkan bahwa sebagian besar bagian tubuh berada pada kategori tidak sakit, tanpa adanya keluhan pada tingkat sakit maupun sangat sakit. Namun, terdapat keluhan sedikit sakit pada bagian punggung, pinggang, dan pantat yang disebabkan oleh posisi duduk dalam durasi yang cukup lama.

4.4.7 Penilaian Menggunakan Metode RULA

Penilaian postur kerja dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) untuk mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi yang dialami oleh operator selama proses pengukuran tape setelah menerapkan sistem otomatis. Berikut merupakan skor RULA terhadap dua postur kerja.

Tabel 14 Skor RULA After

Postur Kerja	Skor RULA
1	3
2	4



Gambar 13 Simulasi Catia Postur Kerja 1 After



Gambar 14 Simulasi Catia Postur Kerja 2 After

4.4.8 Perhitungan Biaya Waste

Berikut merupakan rekapitulasi total biaya kerugian untuk tiga skenario

Tabel 15 Total Biaya Kerugian Material *After*

Skenario	Waste per bulan	Total Kerugian
1	1706,34	Rp7.309.555,28
2	1710,35	Rp7.326.725,84
3	1714,36	Rp7.343.896,41

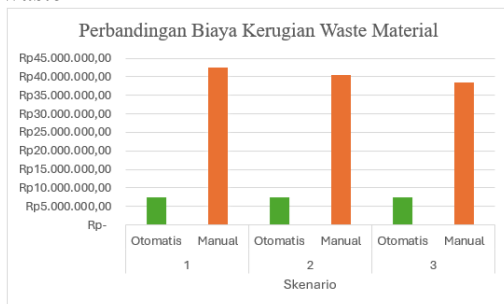
4.5 Rekapitulasi Biaya Waste

Berikut merupakan rekapitulasi biaya waste yang dihasilkan pada proses pengukuran aksesoris *tape* secara manual dan otomatis yang ditunjukkan.

Tabel 16 Rekapitulasi Biaya Waste Manual & Otomatis

Skenario	Metode	Kerugian
1	Otomatis	Rp 7.370.256,64
	Manual	Rp 42.547.821,73
2	Otomatis	Rp 7.387.569,80
	Manual	Rp 40.569.068,65
3	Otomatis	Rp 7.404.882,96
	Manual	Rp 38.590.315,57

Berikut merupakan grafik perbandingan biaya kerugian dari waste material.



Gambar 15 Grafik Biaya Kerugian Waste Material

4.6 Benefit and Cost Analysis

4.6.1 Biaya Investasi

Untuk membuat satu mesin tersebut dibutuhkan biaya senilai Rp36.194.197,00. Dikarenakan diperlukan mesin sebanyak 3 unit maka total investasi yang dibutuhkan senilai Rp108.582.591,00

4.6.2 Penghematan Waste Material

Berikut merupakan contoh perhitungan total biaya yang bisa di hemat jika mengganti seluruh proses manual menjadi proses otomatis pada skenario 1

$$\text{Saving Waste} = |\text{Cost}_{\text{manual}} - \text{Cost}_{\text{otomatis}}|$$

$$\text{Saving Waste} = |\text{Rp}7.370.256,64 - \text{Rp}42.547.821,73|$$

$$\text{Saving Waste} = \text{Rp}35.177.565,08$$

Berikut merupakan rekapitulasi *saving waste* untuk tiga skenario

Tabel 17 Rekapitulasi *Saving Waste*

Skenario	<i>Saving Waste</i>
1	Rp35.177.565,08
2	Rp33.181.498,85
3	Rp31.185.432,61

4.6.3 Analisis Kelayakan

a. Payback Period

Berikut merupakan contoh perhitungan *payback period* skenario 1.

Diketahui:

Awal Investasi: Rp108.582.591,00

Saving Waste Cost: Rp35.177.565,08

$$PP = \frac{\text{Total investasi}}{\text{Benefit per bulan}}$$

$$PP = \frac{\text{Rp}108.582.591,00}{\text{Rp}35.177.565,08}$$

$$PP = 4 \text{ Bulan}$$

Dengan kebutuhan 3 unit mesin Auto Measure Cut & Tape dengan total biaya investasi sebesar Rp108.582.591,00, diperoleh nilai Payback Period selama 4 bulan pada seluruh skenario yang dianalisis.

b. Benefit Cost Ratio

Suatu investasi dinyatakan layak apabila nilai BCR lebih besar dari 1, yang menunjukkan bahwa manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya investasi yang dikeluarkan.

Diketahui:

Awal Investasi: Rp108.582.591,00

Saving Waste Cost: Rp35.177.565,08

$$BCR = \frac{\text{Total Benefit}}{\text{Total Cost}}$$

$$BCR = \frac{\text{Rp}35.177.565,08 \times 12}{\text{Rp}108.582.591,00}$$

$$BCR = 3,9$$

Hasil perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) menunjukkan bahwa skenario 1 memiliki nilai sebesar 3,9, skenario 2 sebesar 3,7, dan skenario 3 sebesar 3,4. Seluruh nilai BCR lebih besar dari 1.

5 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut.

1. Implementasi mesin otomatis mampu menurunkan risiko ergonomi operator dibandingkan metode manual. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan skor NBM dari 39 menjadi 31 serta penurunan skor RULA dari 6 dan 7 menjadi 3 dan 4, sehingga postur kerja operator menjadi lebih ergonomis dan risiko musculoskeletal menurun.
2. Meskipun proses manual memiliki waktu siklus lebih cepat, penggunaan tiga mesin otomatis secara paralel mampu menghasilkan output yang setara bahkan lebih tinggi, dengan proses yang lebih stabil,

konsisten, serta mampu mengurangi waste material dan beban kerja operator.

3. Penerapan sistem otomatis mampu menurunkan persentase waste material dari 8,07% menjadi 1,18% pada material elastis dan dari 5,93% menjadi 1,20% pada material non-elastis. Selain itu, biaya kerugian material juga menurun signifikan sehingga menghasilkan *saving cost* hingga Rp35 juta pada skenario terbaik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Denny Nurkertamanda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan, dukungan, dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak di PT XYZ atas izin, bantuan, serta dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- Aziz, A. I., & Geovania Azwar, A. (2023). Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik (SoBAT) ke-5 Bandung, 28 Oktober 2023 Analisis Postur Kerja Dengan Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) Dan *Nordic Body Map* (NBM) Pada Karyawan PT. Pakar Biomedika Indonesia.
- Chan, J., Janowitz, I., Lashuay, N., Stern, A., Fong, K., & Harrison, R. (2002). Preventing Musculoskeletal Disorders in Garment Workers: Preliminary Results Regarding Ergonomics Risk Factors and Proposed Interventions Among Sewing Machine Operators in the San Francisco Bay Area. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 17(4), 247–253. <https://doi.org/10.1080/10473220252826547>
- Das, S., Krishna Moorthy, M., & Shanmugaraja, K. (2023b). Analysis of Musculoskeletal Disorder Risk in Cotton Garment Industry Workers. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2162182>
- Pabumbun, E. N., Russeng, S. S., & Muis, M. (2022). Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja PT Maruki International Indonesia. *Hasanuddin Journal of Public Health*, 3(1), 90–98. <https://doi.org/10.30597/hjph.v3i1.21595>
- Rizani, N. C., Safitri, D. M., & Wulandari, P. A. (2012). Perbandingan Pengukuran Waktu Baku Dengan Metode *Stopwatch Time Study* Dan Metode *Ready Work Factor* (RWF) Pada Departemen Hand Insert PT. SHARP Indonesia. *JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, 2(2), 127–136. <https://doi.org/10.25105/jti.v2i2.7023>
- Rini, W. N. E., Aswin, B., & Hidayati, F. (2021). *ERGONOMI DAN FISILOGI KERJA DI PABRIK PENGOLAHAN KARET PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA*
- Pulat, B. M. (1996). *FUNDAMENTAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS*. Waveland Press.
- Saha, R., Chakraborty, R., Ghosh, P., Ghosh, J., & Haldar, P. (2023). Journal of Advanced Zoology Work-Related Musculoskeletal Disorder an Increasing Concern in Garment Industry. *Journal of Advanced Zoology*, 44(5–6). <https://jazindia.com>
- Suratna, N. F. (2025). Effectiveness of specific muscle group stretching in reducing regional musculoskeletal disorders among textile workers. *Int. J. Occup. Safety Health*, 15(3), 169–180. <https://doi.org/10.3126/ijosh.v15i3>
- Thoha, N., & Maharani, F. C. (2024). Exploring work environment's impacts on employee motivation and turnover intention in the garment industry in Wonogiri, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012080>