

USULAN ALAT SENSOR ALARM MESIN RAJUT BERBASIS POKA YOKE UNTUK MEMINIMASI DEFECT PADA PROSES RAJUT KAOS KAKI DI PT XYZ

1st Preity Shinta Adriana Sandhika
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
preitysas@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dida Diah Damayanti
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
didadiah@telkomuniversity.ac.id

3rd Ayudita Oktafiani
Fakultas Rekayasa Industri
Telkom University
Bandung, Indonesia
ayuditaoktafiani@telkomuniversity.ac.id

PT XYZ merupakan perusahaan *fashion* yang memproduksi kaos kaki mengalami permasalahan tingginya tingkat *defect* pada produk kaos kaki jempol selama periode Juni hingga November 2023. Meskipun permintaan tinggi, rata-rata *defect rate* mencapai 4.04%, melampaui batas toleransi perusahaan sebesar 3%. Dari enam tahap produksi kaos kaki, yaitu rajut, obras, bolak-balik, oven, sortir, dan pengemasan, terdapat beberapa jenis *defect*, seperti lubang, noda, turun *size*, belang, dan bahan baku. Analisis Pareto menunjukkan bahwa jenis *defect* yang paling dominan adalah lubang, dengan tingkat *defect* sebesar 33% yang berasal dari proses rajut. Berdasarkan masalah tersebut, dilakukan analisis tahap-tahap pada proses rajut menggunakan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah jarum rusak sebesar 392 dan jarum patah sebesar 336. Untuk merancang solusi dari permasalahan yang ada, digunakan metode *poka yoke* yang bertujuan mencegah cacat produk. Usulan perbaikan meliputi penggantian jarum secara serentak sesuai umur pakainya, dibantu oleh alat sensor alarm. Alat ini dirancang untuk mengatasi masalah pada penggunaan jarum yang tidak diganti saat umur pakainya telah habis. Alat ini dirancang untuk mendeteksi dini dan mencegah kegagalan sehingga kualitas produk dapat ditingkatkan dan *defect* yang disebabkan oleh jarum pada mesin rajut dapat dikurangi.

Kata kunci — *Lean Manufacturing, defect, FMEA, poka yoke, sensor*

I. PENDAHULUAN

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di industri *fashion*, khususnya produksi, distribusi, dan perdagangan produk seperti kaos kaki, sarung tangan, dan *inner* seperti manset. Berdiri sejak tahun 2011, PT XYZ dikenal dengan produk utama berupa kaos kaki, termasuk jenis-jenis seperti Original, Wudhu, Blacksole Long, Jempol, Essentials, dan berbagai jenis kaos kaki sekolah. Produksi kaos kaki dilakukan berdasarkan tren dan permintaan pelanggan. Kaos kaki jenis

Jempol merupakan produk yang paling diminati oleh pelanggan di antara sembilan jenis kaos kaki yang diproduksi oleh PT XYZ. Tingginya permintaan terhadap jenis ini mengakibatkan volume produksi yang cukup besar. PT XYZ menggunakan sistem produksi *make to stock*, di mana barang

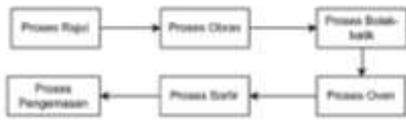
diproduksi berdasarkan perkiraan permintaan pasar. Namun, selama proses produksi, muncul berbagai masalah terkait produk *defect* di beberapa tahap produksi. Proses produksi sangat berpengaruh terhadap kualitas akhir barang yang dihasilkan. Jika proses produksi berjalan sesuai rencana, kualitas produk yang dihasilkan akan sesuai dengan standar yang diharapkan [1].

Defect tersebut muncul dari beberapa tahap yang berbeda dalam proses produksi. Berikut merupakan data produksi kaos kaki setiap bulan dan data produk *defect* setiap tiga bulan yang terjadi selama periode Juni 2023 – November 2023.

Tabel 1. Data Jumlah Produksi dan *Defect* Kaos Kaki Jenis Jempol

Bulan	Produksi (lusin)	Defect (lusin)	Defect Rate (%)
Juni	10.547	1.317	3,55
Juli	12.876		
Agustus	13.709		
September	13.950	1.921	4,53
Oktober	14.025		
November	14.425		
Rata - rata			4,04

Berdasarkan Tabel I.1, tingkat *defect* dalam produksi kaos kaki di PT XYZ cukup signifikan, dengan rata-rata *defect rate* sebesar 4,04% pada periode Juni hingga November. Angka ini melebihi batas toleransi perusahaan yang ditetapkan sebesar 3% setiap tiga bulan. Persentase *defect* yang tinggi ini menunjukkan adanya masalah dalam proses produksi secara keseluruhan.



Gambar 1 Alur Produksi Kaos Kaki Jempol

Gambar I.2 merupakan tahapan proses produksi kaos kaki jenis jempol. Pada tahapan pembuatan kaos kaki terdapat 6 proses produksi yang dimulai dengan proses rajut, proses obras, proses bolak-balik, proses oven, proses sortir, dan proses pengemasan. Pada proses rajut, benang dirajut menjadi bentuk dasar kaos kaki. Selanjutnya proses obras, yang dilakukan untuk merapikan tepi kaos kaki. Pada proses bolak-balik, kaos kaki dibalik sehingga bagian dalam menjadi bagian luar. Proses oven bertujuan untuk penghalusan dan pengenduran kaos kaki. Setelah itu, proses sortir dilakukan untuk memeriksa kualitas setiap kaos kaki yang diproduksi. Pada tahap akhir yaitu proses pengemasan, dilakukan pengemasan pada kaos kaki yang telah lolos sortir dan siap untuk dikirim. Setiap proses produksi memiliki potensi untuk menyebabkan *defect* jika tidak dikelola dengan baik. Berikut ini akan dijelaskan jenis-jenis *defect* yang dapat terjadi selama proses produksi kaos kaki di PT XYZ.

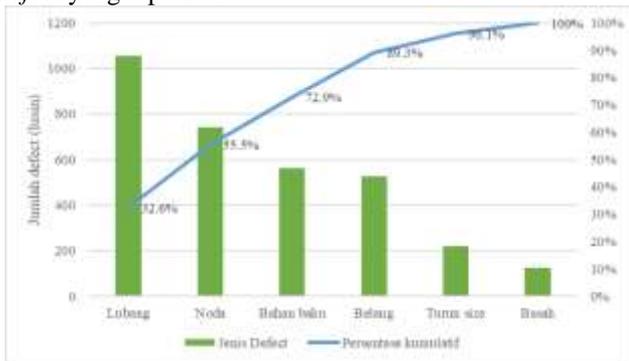
Tabel 2 Data Jenis dan Deskripsi *Defect* Kaos Kaki Jempol

No	Jenis <i>Defect</i>	Area Kerja	Deskripsi <i>Defect</i>	Gambar
1.	Lubang	Proses Rajut	Lubang adalah jenis <i>defect</i> yang sering terjadi di mana terdapat bagian kain yang tidak terhubung atau terputus sehingga membentuk sebuah celah yang terlihat jelas.	
2.	Noda	Proses Rajut	Noda adalah jenis <i>defect</i> yang terjadi ketika terdapat noda oli atau bercak warna yang tidak bisa dihilangkan pada permukaan kain kaos kaki yang tidak bisa dicuci. Noda yang muncul biasanya mulai dari ukuran kecil yang hampir tidak terlihat hingga noda berukuran besar yang terlihat jelas.	
3.	Basah	Proses Oven	Basah adalah jenis <i>defect</i> yang terjadi pada kaos kaki setelah melalui proses oven, di mana tidak semua bagian permukaan kaos kaki mengering dengan sempurna. Pada	-

No	Jenis <i>Defect</i>	Area Kerja	Deskripsi <i>Defect</i>	Gambar
			proses ini menggunakan mesin oven bertekanan tinggi selama 20 menit untuk penghalusan dan pengenduran pada kaos kaki.	
4.	Turun <i>size</i>	Proses Obras	Turun <i>size</i> merupakan <i>defect</i> yang terjadi pada saat pembuatan kaos kaki tidak menghasilkan ukuran yang sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan. Proses obras dilakukan untuk merapikan tepi kaos kaki, jika terjadi kesalahan dalam obras, kaos kaki dapat mengalami penyusutan ukuran atau turun <i>size</i> .	-
5.	Warna benang tercampur	Proses Rajut	Warna benang tercampur merupakan <i>defect</i> yang terjadi ketika benang yang digunakan untuk rajutan kaos kaki bercampur dengan warna yang tidak seharusnya digunakan. Selain itu, sisa-sisa <i>fly waste</i> yang berada di mesin rajut menyebabkan terjadinya belang pada kaos kaki.	
6.	Bahan Baku	<i>Supplier</i>	Bahan baku merupakan jenis <i>defect</i> yang terjadi ketika bahan yang digunakan untuk produksi kaos kaki memiliki kualitas yang tidak sesuai standar perusahaan.	

Pada setiap tahap produksi, tidak ada pemeriksaan langsung terhadap produk yang diproduksi. Akibatnya, *defect* yang terjadi pada tahap-tahap awal produksi tidak terdeteksi secara langsung dan akan diteruskan ke tahap produksi berikutnya yang mengakibatkan *waste defect* yang signifikan. Produk-produk yang mengalami *defect* tidak dapat dijual dan mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan. Sebagai langkah awal dalam penelitian ini, fokus tugas akhir ini akan

diarahkan pada area kerja yang paling signifikan, yang telah diidentifikasi berdasarkan hasil diagram *pareto* dari data *defect* yang diperoleh.



Gambar 2 Diagram Pareto dari Persentase dan Kumulatif *defect rate*

Berdasarkan analisis diagram *pareto* pada gambar I.3, jenis *defect* yang paling dominan dalam proses produksi adalah jenis lubang dan noda. Pada diagram tersebut menunjukkan bahwa lubang memiliki jumlah *defect* tertinggi dengan jumlah *defect* yaitu 1056 lusin yang diikuti oleh jenis noda dengan jumlah *defect* yaitu 742 lusin. Kedua jenis *defect* tersebut menyumbang lebih dari 55% dari total *defect* yang terjadi. Jenis kedua *defect* tersebut berasal dari proses rajut, yang mana jenis *defect* belang juga disebabkan pada saat proses rajut. Oleh karena itu, fokus utama tugas akhir ini yaitu pengurangan atau eliminasi *defect* yang berasal dari proses rajut. Penyebab-penyebab *defect* produk yang terjadi selama proses rajut akan diuraikan menggunakan diagram *fishbone* pada gambar berikut ini.



Gambar 3 *Fishbone Diagram*

Faktor-faktor ini berpotensi menyebabkan PT XYZ menghasilkan sejumlah produk *defect*. Berdasarkan analisis pada *fishbone* diagram, dapat diidentifikasi bahwa ada tiga faktor utama yang menjadi penyebab utama terjadinya *waste defect* dalam proses rajut. Faktor-faktor tersebut melibatkan elemen-elemen dari mesin (*machine*), faktor manusia (*man*), bahan baku (*material*), dan metode (*environment*).

Dalam upaya meminimalkan terjadinya *defect* pada proses rajut di PT XYZ, berbagai alternatif solusi telah dipertimbangkan. Setiap solusi memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kegagalan yang terjadi dalam proses produksi. Kegagalan pada proses perlu dicegah dengan menerapkan metode atau teknik yang sudah teruji penggunaannya dalam meningkatkan efisiensi operasional proses termasuk seluruh komponen yang ada di dalamnya seperti manusia, teknologi, mesin, dan lain sebagainya [2]. Teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada proses produksi adalah dengan melakukan analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Untuk mengatasi masalah

tersebut, tugas akhir ini akan menyusun usulan dari hasil analisis FMEA untuk meminimalkan potensi kegagalan yang menyebabkan *defect* pada proses rajut di PT XYZ.

II. KAJIAN TEORI

A. Konsep *Lean Manufacturing*

Lean manufacturing adalah suatu filosofi manajemen di bidang manufaktur yang mengandalkan keterlibatan tinggi dari para pekerja melalui pengembangan rasa tanggung jawab dalam upaya mencapai tujuan-tujuan seperti pemborosan nol (*zero waste*), produk berkualitas tinggi sebanyak 100% (*100% good product-zero defects*), pengiriman tepat waktu secara konsisten, dan lain-lain [3].

B. Diagram Pareto

Analisis Pareto didasarkan pada pengamatan bahwa hasil operasional dan kekayaan ekonomi tidak terdistribusi secara merata dan bahwa beberapa input berkontribusi lebih besar daripada yang lain [4]. Prinsip pareto juga dikenal sebagai aturan 80-20, menyatakan bahwa untuk banyak kejadian, sekitar 80% daripada efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya.

C. Analisis Analisis mode kegagalan dan dampak (*Failure modes and effects analysis – FMEA*)

Analisis mode kegagalan dan dampak (*Failure modes and effects analysis*) adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai cara di mana komponen, sistem, atau proses dapat mengalami kegagalan dalam mencapai tujuan rancangan yang diinginkan [5].

Setiap modus kegagalan dievaluasi menggunakan tiga parameter, yaitu keparahan (*severity – S*), kemungkinan terjadinya (*occurrence – O*), dan kemungkinan kegagalan deteksi (*detectability – D*). Ketiga parameter ini kemudian digabungkan untuk menentukan tingkat kekritisan setiap mode kegagalan. Secara matematis, hubungan antar-parameter dengan RPN (*Risk Priority Number*) dirumuskan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \quad (II.1)$$

D. 5WIH

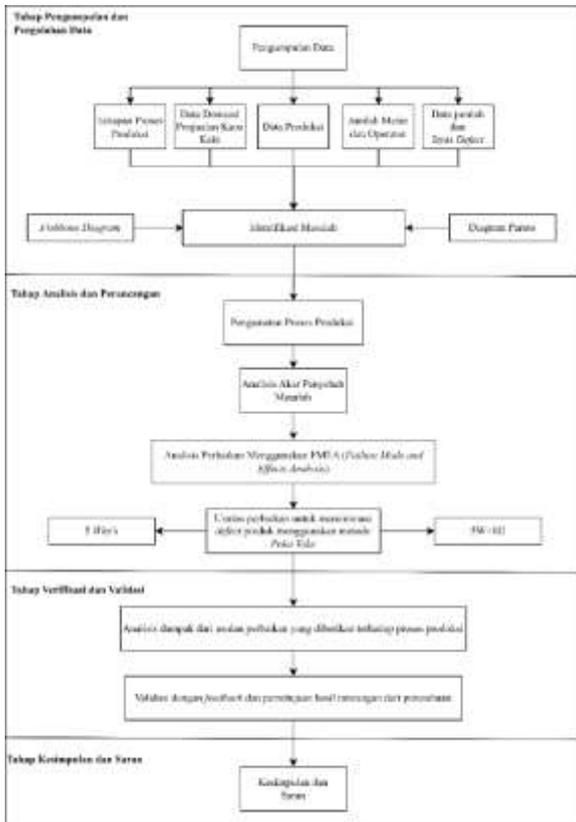
Dalam analisis pengguna “5W1H”, terdapat enam elemen utama: siapa (*who*) merujuk pada orang yang menggunakan produk; kapan (*when*) merujuk pada waktu penggunaan produk; dimana (*where*) merujuk pada lokasi penggunaan produk; mengapa (*why*) merujuk pada tujuan penggunaan produk; apa (*what*) merujuk pada jenis produk; dan bagaimana (*how*) merujuk pada cara penggunaan produk itu sendiri [6].

E. Metode Poka Yoke

Poka yoke adalah suatu pendekatan dalam produksi produk dengan tingkat cacat yang minimal atau mendekati nol. Prinsipnya berfokus pada penghilangan cacat dengan mengatur kinerja sehingga produk yang dihasilkan bebas dari cacat. Pendekatan ini memudahkan dalam menghindari kondisi tidak normal selama proses manufaktur dengan tujuan mencegah terjadinya produk cacat [7]. Cacat dapat muncul dalam dua kondisi, yaitu cacat sudah terjadi yang memerlukan prediksi cacat atau sedang akan terjadi yang memerlukan prediksi cacat. *Poka Yoke* memiliki tiga fungsi

dasar untuk mencegah atau mengurangi cacat, yaitu *shutdown, control, dan warning* [8].

F. METODOLOGI PERANCANGAN



Gambar 4 Sistematika Perancangan

G. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan Data

A. Objek Penelitian

Berdasarkan hasil analisis dengan diagram pareto pada gambar I.3 menunjukkan bahwa *defect* yang paling dominan muncul pada proses rajut sehingga penelitian ini difokuskan untuk menganalisis potensi kegagalan di setiap langkah proses rajut guna meminimalkan produk cacat dari proses rajut.

B. Deskripsi Waktu Kerja

Tabel 3 Waktu Kerja Operator

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Jumat	07.00 – 15.00	12.00 – 13.00
Sabtu	07.00 – 12.00	

Pada hari Senin hingga Jumat, PT XYZ memiliki waktu operasionalnya selama 8 jam dengan waktu istirahatnya selama 1 jam. Sedangkan pada hari Sabtu, jam kerjanya berlangsung selama 5 jam tanpa adanya waktu istirahat.

C. Alur Proses Produksi

1. Proses Rajut



Gambar 5 Proses Rajut

Proses ini dimulai dengan pemasangan benang-benang tersebut pada mesin, kemudian diolah melalui perajutan untuk membentuk struktur awal dari kaos kaki.

2. Proses Obras



Gambar 6 Proses Obras

Proses obras bertujuan untuk menyatukan dan menutup bagian ujung bawah kaos kaki tersebut menggunakan mesin obras.

3. Proses Bolak-balik



Gambar 7 Proses Bolak-balik

Pada proses ini operator membalik kaos kaki tersebut sehingga bagian dalamnya menjadi bagian luar, sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan.

4. Proses Oven



Gambar 8 Proses Oven

Proses ini bertujuan untuk menghaluskan dan mengendurkan serat-serat pada kaos kaki. Proses ini dioperasikan oleh dua operator.

5. Proses Sortir



Gambar 9 Proses Sortir

Pada tahap ini, dilakukan pemilahan kaos kaki berdasarkan ukuran S, M, L, dan XL lalu ditempatkan sesuai dengan ukurannya masing-masing.

6. Proses Pengemasan



Gambar 10 Proses Pengemasan

Pada tahap akhir produksi, kaos kaki yang telah disortir akan ditempatkan dalam kemasan masing-masing sesuai dengan standar yang ditetapkan.

D. Aktivitas pada Proses Rajut

1. **Persiapan bahan baku**
Pada tahap ini, bahan baku utama seperti benang dipilih dan dipersiapkan sesuai spesifikasi produk yang akan dibuat.
2. **Pemasangan jarum**
Setelah bahan baku disiapkan, montir memastikan jarum yang sudah terpasang tidak ada yang bengkok dan berada pada posisi yang tepat.
3. **Pemasangan benang**
Operator memastikan pemasangan benang tidak terlalu kencang atau terlalu longgar selama proses rajut.
4. **Setting mesin**
Pola rajutan diatur pada panel kontrol mesin sesuai dengan desain kaos kaki yang akan diproduksi. Setelah *setting* mesin dilakukan, mesin dijalankan mode *jog* untuk beberapa putaran. Selain itu, saat penggantian produksi, operator membersihkan silinder cam menggunakan *air blow gun* untuk menghindari *fly waste* dan sisa benang yang ada di sekitar mesin rajut.
5. **Perajutan**
Mesin rajut dioperasikan dan benang mulai dirajut sesuai pola yang telah dipilih. Selama proses ini, proses rajut dilakukan secara otomatis. Apabila terdapat kendala pada mesin rajut, seperti jarum patah, mesin akan otomatis berhenti.
6. **Penyimpanan hasil rajut**
Hasil rajutan yang sudah dirajut diambil dari mesin dan diperiksa kualitasnya. Setiap hasil rajutan dicatat jumlahnya untuk memastikan akurasi dan perhitungan jumlah produksi.

2. Pengolahan Data

A. Analisis Mode Kegagalan dan Dampak (*Failure modes and effects analysis* – FMEA)

Tabel 4 Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Aktivitas dalam proses rajut	Mode Kegagalan	Efek kegagalan	S	Potensi penyebab kegagalan	O	Pengendalian	D	RPN
Persiapan bahan baku	Benang tidak sesuai dengan warna atau tekstur yang diinginkan	Benang pada kaos kaki	4	Kualitas bahan baku buruk	5	Pengecekan kualitas bahan baku	6	120
Pemasangan dan pengecekan jarum	Pemasangan jarum yang tidak tepat	Lubang pada kaos kaki	7	Kelalaian operator	6	Pengecekan posisi jarum	5	210
	Jarum rusak	Rajutan kaos kaki tidak rapat dan bolong	7	Penggunaan jarum berulang	8	Belum ada	7	392
Pemasangan benang	Pemasangan benang tidak tepat	Benang kusut	5	Kelalaian operator	3	Pengecekan kelancaran benang sebelum memulai proses produksi	2	30
Setting mesin	Program tidak sesuai dengan jenis kaos kaki	Kaos kaki tidak sesuai dengan spesifikasi desain	4	Tidak dilakukan pengecekan file pemrograman	1	Terdapat catatan mengenai spesifikasi produk pada mesin rajut	2	8
	Sisa benang produksi dan <i>fly waste</i>	Benang pada kaos kaki	7	Area perajutan tidak dibersihkan dari sisa benang produksi dan <i>fly waste</i>	6	Membersihkan area mesin rajut dan silinder rajut menggunakan <i>air blow gun</i>	4	168
Perajutan	Benang putus	Proses rajut terhenti	6	Kualitas benang rendah dan jarum rusak	7	Belum ada	6	252
	Jarum patah	Proses rajut terhenti dan terdapat lubang pada kaos kaki	7	Penggunaan jarum berulang	8	Belum ada	6	336
	Oli bocor	Noda oli pada kaos kaki	6	Tidak dilakukan pembersihan dan pemeliharaan rutin pada mesin	7	Membersihkan area mesin rajut yang terkena oli	5	210
Penyimpanan hasil rajut	Mesin mati	Penundaan produksi	6	Gangguan listrik	4	Belum ada	5	120
	Wadah kotor	Produk terkena noda	4	Wadah kaos kaki tidak dibersihkan	4	Pengecekan kebersihan wadah penyimpanan	2	32
	Wadah rusak	Produk terjatuh dan produk tersangkut yang menyebabkan kerusakan dan noda	5	Kurangnya pengecekan dan perawatan wadah penyimpanan	4	Pengecekan berkala secara berkala	2	40
Total Nilai RPN								1918

Analisis ini berdasarkan mode kegagalan, efek kegagalan, potensi penyebab kegagalan, pengendalian yang ada, dan nilai RPN yang dihitung berdasarkan tingkat keparahan (S), kejadian (O), dan deteksi (D). Nilai RPN tertinggi yang ditemukan pada aktivitas pemasangan jarum yaitu sebesar 392. Tinggi nilai tersebut disebabkan oleh penggunaan jarum berulang sehingga menyebabkan rajutan kaos kaki tidak rapat dan lubang. Selain itu, nilai RPN tertinggi lainnya terdapat pada tahap perajutan dengan nilai RPN sebesar 336. Pada tahap perajutan, terdapat jarum patah yang menyebabkan proses rajut terhenti dan terdapat lubang pada kaos kaki.

3. Spesifikasi Rancangan dan Standar Perancangan

Berdasarkan analisis prioritas pada FMEA dengan tujuan untuk meningkatkan proses produksi kaos kaki dengan menggunakan metode *poka yoke*. Metode ini merencanakan kondisi di mana kesalahan dapat dicegah atau akan segera terdeteksi dan diperbaiki. Fungsi *poka yoke* yang digunakan dalam usulan ini, yaitu *control* dan *warning*. Pengadaan alat bantu seperti sensor alarm otomatis untuk penggantian jarum pada mesin rajut kaos kaki akan sangat membantu dalam menentukan waktu yang tepat untuk penggantian jarum berdasarkan umur penggunaan. Penambahan sensor ini penting karena waktu kerja pada proses produksi dengan mesin rajut sering kali tidak teratur, sementara terdapat 18 mesin rajut yang dioperasikan secara bersamaan. Jika penghitungan waktu ini dilakukan secara manual, operator akan kesulitan dalam mencatat dan memantau semua mesin secara akurat. Dengan adanya sistem sensor alarm otomatis, operator dapat lebih mudah memantau 18 mesin rajut sekaligus, menjaga kualitas produk, mengurangi kesalahan produksi, dan meningkatkan kinerja mesin rajut. Selain itu, pemantauan otomatis dan peringatan tepat waktu memungkinkan operator untuk mengganti jarum sebelum terjadi kerusakan yang dapat mengganggu produksi atau menurunkan kualitas produk.

A. Identifikasi Kebutuhan

Tabel 5 Identifikasi Kebutuhan Rancangan Usulan Alat Bantu

Identifikasi Kebutuhan	Fungsi
Penghitungan waktu operasional mesin	Memastikan penggantian jarum dilakukan setelah umur pakai jarum habis, mengelola keseluruhan sistem <i>timer</i> , membaca <i>input</i> dan mengendalikan <i>output</i> .
Menampilkan waktu dan status mesin	Memberikan informasi waktu tersisa dan status sistem secara visual.
Memberikan suara alarm	Mengeluarkan suara alarm ketika <i>timer</i> mencapai nol.
Reset setelah waktu mencapai nol dan terdapat tanda peringatan	Memulai kembali hitungan dari waktu yang ditentukan setelah waktu mencapai nol dan mengatur ulang tanda peringatan.
Menandakan status alarm dan <i>timer</i>	Memberikan indikasi visual ketika alarm berbunyi atau saat <i>timer</i> mencapai nol.
Mendeteksi getaran dari mesin	Mendeteksi getaran atau aktivitas dari mesin untuk mengaktifkan atau menghentikan <i>timer</i> .

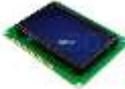
B. Spesifikasi Perancangan

Tabel 6 Spesifikasi Perancangan Usulan Alat Bantu

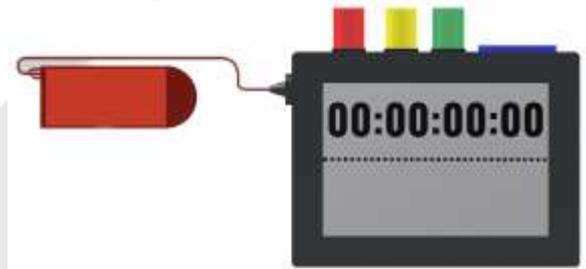
Komponen	Fungsi
<i>Sistem Controller</i>	Mengontrol sistem <i>timer</i> , membaca <i>input</i> dan mengendalikan <i>output</i>
Tampilan layar <i>timer</i>	Menampilkan waktu tersisa dan status <i>timer</i>
Fitur alarm	Memberikan peringatan suara saat <i>timer</i> mencapai nol
Tombol pengendali	Mengatur ulang <i>timer</i> , lampu LED, alarm, dan pemberitahuan peringatan.
Lampu Indikator	Menunjukkan status mesin dan <i>timer</i> .
Sistem sensor	Mendeteksi operasi mesin untuk mengontrol <i>timer</i>

C. Spesifikasi Produk

Tabel 7 Spesifikasi Produk Sensor Alarm

Komponen	Spesifikasi	Nilai	Gambar	Alasan
<i>Sistem Controller</i>	Arduino Uno R3	1 buah	 66x86x90 mm	Arduino Uno R3 memiliki 14 pin digital dan 6 pin analog, yang mana untuk alat ini hanya membutuhkan 7 pin.
Tampilan layar	LCD 128x64 12864 LCD Grafik Module White Blue Lcd Biru	1 buah	 Dimensi layar : 64,5x16 mm Dimensi modul: 80x36x12 mm	Tampilan yang cukup untuk menunjukkan informasi waktu dengan baris pertama DD:HH:MM:SS dan baris kedua berisikan pesan.
Fitur alarm	Alarm Electronic Buzzer Sounder	85 dBA	 Diameter : 34 mm	Level suara cukup untuk memberikan peringatan yang dapat didengar di lingkungan industri. Berdasarkan (Permenaker No. 5 Tahun 2018.), Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan dengan waktu kerja perhari 8 jam yaitu 85 dBA.
Tombol Pengendali	Push Button Switch Tombol Micro SMD 2P 2 PIN	1 buah	 Diameter: 23 mm	Ukuran yang sederhana dan desain yang mudah dipasang.

D. Hasil Rancangan



Gambar 11 Sensor Alarm

Alat sensor alarm ini terdiri dari *microcontroller* Arduino Uno R3 sebagai sistem kontrol utama yang menyambungkan komponen-komponen lainnya, yaitu layar LCD, fitur *alarm*, tombol *reset*, lampu indikator, dan sensor getaran SW420. Penggunaan alat tersebut, *input* dari pembacaan sensor adalah getaran yang dihasilkan mesin rajut yang dideteksi oleh sensor getar. Setelah sensor getar mendeteksi adanya getaran akan diteruskan ke mikrokontroler, sebagai unit pengendali utama untuk sistem tersebut. Setelah dari mikrokontroler, data akan dikeluarkan ke indikator berupa lampu LED, LCD, dan *alarm buzzer*.

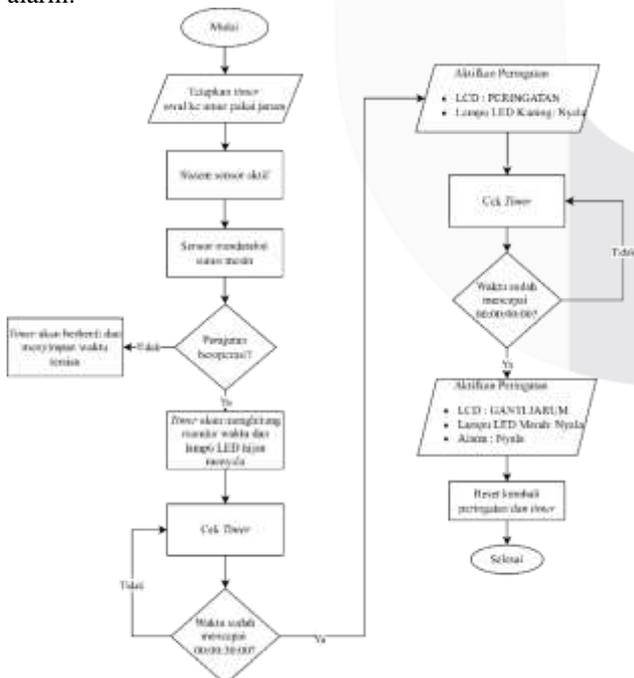
1. LCD Display:

- a. Menampilkan status operasi mesin dalam format waktu "DD:HH:MM:SS" sebagai

akumulasi *timer* utama. Pada saat mesin tidak melakukan perajutan, *timer* akan berhenti. Kemudian, ketika mesin dijalankan kembali akan meneruskan hitungan jam tersisa.

- b. Menampilkan pesan setiap kondisi:
 - Saat getaran terdeteksi dan waktu belum mencapai 30 menit: “MESIN BEROPERASI”
 - Saat getaran terdeteksi dan waktu tersisa kurang atau sama dengan 30 menit: “PERINGATAN”
 - Saat waktu habis: “PENGANTIAN JARUM”
2. LED:
 - a. LED merah akan menyala sebagai indikator visual setiap kali waktu sudah mencapai “00:00:00:00”.
 - b. LED kuning akan menyala sebagai indikator visual setiap kali waktu sudah mencapai “00:00:30:00”.
 - c. LED hijau akan menyala sebagai indikator visual *timer* masih berjalan
3. Buzzer alarm:
 - a. Buzzer akan menyala sebagai indikator visual setiap kali waktu sudah mencapai “00:00:00:00”.
4. Push button
 - a. Push button digunakan untuk reset status peringatan, mematikan LED, dan mematikan buzzer.

Setelah melakukan perancangan alat bantu sensor alarm, selanjutnya dijelaskan mengenai mekanisme kerja dari alat tersebut yang digambarkan melalui sebuah *flowchart*. Berikut merupakan *flowchart* dari penggunaan alat bantu sensor alarm.



Gambar 12 Flowchart Sensor Alarm

E. Analisis Hasil Rancangan

1. Kelebihan dan Kekurangan Hasil Rancangan

Tabel 8 Kelebihan dan Kekurangan Hasil Rancangan

Kelebihan Hasil Rancangan	Kekurangan Hasil Rancangan
Alat bantu usulan dapat menghitung waktu penggunaan jarum secara otomatis	Sensor mungkin tidak dapat mendeteksi jika getaran atau perubahan kondisi tidak cukup signifikan
Alat bantu dapat memberikan peringatan tepat waktu mengenai kebutuhan penggantian jarum, yang membantu menghindari kerusakan lebih lanjut	
Penggunaan lampu LED dan alarm memberikan informasi yang jelas dan peringatan kepada operator	
Sensor yang digunakan dapat diatur sensitivitasnya	

2. FMEA Setelah Menggunakan Alat Sensor Alarm
Untuk melakukan pembuktian penurunan terjadinya *defect* maka dilakukan pembuatan analisis FMEA baru untuk mengetahui perbedaan kapabilitas proses produksi rajut sebelum dan sesudah penggunaan alat bantu sensor alarm. Analisis ini akan dilakukan dengan asumsi bahwa alat bantu ini digunakan sebagai tindakan pencegahan pada beberapa mode kegagalan. Setelah memberikan usulan perancangan alat bantu, dilakukan analisis FMEA baru dengan asumsi bahwa usulan tersebut diimplementasikan pada proses perajutan.

Tabel 9 Analisis FMEA Sebelum dan Sesudah Usulan Perbaikan

Mode Kegagalan	Potensi penyebab kegagalan	Pencegahan	Sebelum penggunaan alat bantu sensor timer				Sesudah penggunaan alat bantu sensor timer				
			S	O	D	RPN	S	O	D	RPN	
Jarum rusak	Penggunaan jarum berulang	Belum ada	7	8	7	392	Melakukan penggantian jarum secara serentak dan menggunakan jarum sesuai umur pakainya dengan bantuan sensor timer.	7	4	4	112
Benang putus	Kualitas benang rendah dan jarum rusak	Belum ada	6	7	6	252	Melakukan penggantian jarum secara serentak dan menggunakan jarum sesuai umur pakainya dengan bantuan sensor timer.	6	5	4	120
Jarum patah	Penggunaan jarum berulang	Belum ada	7	8	6	336	Melakukan penggantian jarum secara serentak dan menggunakan jarum sesuai umur pakainya dengan bantuan sensor timer.	7	4	4	112
Total Nilai RPN			Total Nilai RPN				1918	1282			

Setelah dilakukan analisis perbandingan FMEA lama dan baru, diketahui adanya penurunan signifikan dalam total nilai RPN sebesar 33% yang terdapat pada Lampiran C setelah implementasi usulan perbaikan alat bantu berupa sensor alarm. Pada proses pemasangan dan pengecekan jarum, nilai RPN awal sebesar 392 berhasil turun menjadi 112 setelah pengendalian baru diterapkan. Pada proses perajutan, nilai RPN awal sebesar 336 turun menjadi 112. Selain itu, pada mode kegagalan benang putus adanya penurunan RPN menjadi 120. Penurunan ini menunjukkan bahwa risiko kegagalan yang menyebabkan *defect* dalam proses rajut telah berkurang secara signifikan. Penurunan nilai RPN ini berhubungan langsung dengan potensi pengurangan jumlah *defect*. Dengan penggunaan sensor alarm, waktu penggantian jarum dapat diatur dan dilakukan secara lebih tepat sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan yang disebabkan oleh jarum yang sudah aus atau rusak.

H. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di PT XYZ dan hasil analisis *Failure mode Mode and Effects Analysis* (FMEA), ditemukan bahwa Nilai RPN tertinggi terdapat pada tahapan pemasangan dan pengecekan jarum serta tahap perajutan dengan mode kegagalan jarum rusak dan jarum patah. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa usulan rancangan perbaikan berupa penggantian jarum secara serentak berdasarkan umur pakainya dengan menggunakan alat bantu sensor alarm. Alat ini dirancang untuk secara otomatis menentukan waktu penggantian jarum pada mesin rajut kaos kaki. Alat ini dilengkapi dengan sensor getaran yang mendeteksi getaran saat mesin rajut beroperasi. Selain itu, *timer* pada sistem ini dapat diatur dengan durasi waktu yang bervariasi, menyesuaikan dengan estimasi umur pakai jarum yang nantinya akan ditentukan. Saat mesin mulai beroperasi, *timer* pada sistem ini akan secara otomatis menghitung mundur berdasarkan durasi operasi mesin. Sistem sensor alarm ini kemudian akan memberikan peringatan terkait kebutuhan penggantian jarum sebelum kerusakan terjadi, yang dapat menyebabkan gangguan produksi atau penurunan kualitas produk. Implementasi usulan ini diharapkan dapat meminimalkan *defect* dengan penurunan total nilai RPN sebesar 33%. Penurunan ini menunjukkan bahwa risiko kegagalan yang menyebabkan *defect* dalam proses rajut berkurang sehingga dapat meningkatkan kinerja mesin dan kualitas produksi.

REFERENSI

- [1] D. A. Walujo, T. Koesdijati, and Y. Utomo, *Pengendalian Mutu*. 2020.
- [2] A. Alijoyo, Q. B. Wijaya, and I. Jacob, "Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk." [Online]. Available: www.lspmks.co.id
- [3] V. Gaspersz, *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. 2007.
- [4] T. Powell and T. Sammut-Bonnici, "Pareto analysis," in *Wiley Encyclopedia of Management*, Wiley, 2015, pp. 1–2. doi: 10.1002/9781118785317.weom120202.
- [5] B. S. Nasional, "Standar Nasional Indonesia Manajemen risiko-Teknik penilaian risiko Risk management-Risk assessment techniques."
- [6] Yunhe. Pan, 2010 *IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design : industrial clusters, creative design, crossover integration : CAID & CD' 2010 : November 17-19, 2010, Yiwu, China*. IEEE, 2011.
- [7] S. Vinodh, "Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, and Industry 4.0 Integration," 2021.
- [8] M. Dudek-Burlikowska and D. Szewieczek, "The Poka Yoke Method As An Improving Quality Tool Of Operations In The Process," 2009.