

LAPORAN AKHIR

HIBAH INTERNAL

Peningkatan efisiensi dan Kualitas pada Sistem Aliran Proses Menggunakan Integrasi Lean Six Sigma dan TRIZ



DISUSUN OLEH:

Ketua Tim : M. Hanifuddin Hakim, S.T., M.T. (UM Surabaya)

Anggota : Poniman S.T., M.T. (UM Surabaya))

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HIBAH INTERNAL**

Judul Penelitian : Peningkatan Efisiensi dan Kualitas pada Sistem Aliran Proses Menggunakan Integrasi Lean Six Sigma dan TRIZ
Nama lengkap : M. Hanifuddin Hakim, S.T., M.T.
NIDN : 0731079202
Jabatan Fungsional : -
Program Studi : Teknik Industri
Nomor HP : 085730631721
Alamat email : hanifuddinhakim@ft.um-surabaya.ac.id
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Surabaya

Anggota 1
Nama Lengkap : Poniman, S.T., M.T.
NIDN : 0718038204
Jabatan Fungsional : -
Program Studi : Teknik Industri

Mahasiswa 1
Nama : Achmad Albarru Rohman
NIM : 20191336008
Jurusan : Teknik Industri

Jumlah Dana Penelitian : Rp. 11.000.000,-

Surabaya, Desember 2019

Mengetahui,
Ketua LPPM



Dr. Dra. Sujinah, M. Pd.

Ketua,

M. Hanifuddin Hakim, S.T., M.T.

PENINGKATAN EFISIENSI DAN KUALITAS PADA SISTEM ALIRAN PROSES MENGGUNAKAN INTEGRASI LEAN SIX SIGMA DAN TRIZ

M. Hanifuddin Hakim, Poniman, dan Achmad Albarru Rohman

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Email: hanifuddinhakim@ft.um-surabaya.ac.id, poniman@ft.um-surabaya.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi pada PT X adalah masih banyak ditemukan pemborosan dan produk *defect*. Untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas serta mengurangi jumlah *defect* adalah melakukan perbaikan pada aliran proses dengan menggunakan tahapan *Define-Measure-Analyze-Improve-Control*. Pada tahap *Define* berisi penentuan non value added yang paling dominan yaitu transportasi WIP antar departemen, menunggu WIP, Penumpukan WIP, setting mesin assembly, Inspeksi. *defect* kritis yang terpilih yaitu patahan jarum, sol sepatu tidak rapat, jahitan kendor, Upper tidak simetri, dan Upper berkerut. Pada tahap *Measure* dilakukan pengukuran *Process Cycle Efficiency* senilai 12.3% dan besar DPMO yaitu 4028 unit dan level sigma senilai 4.1.

Pada tahap *Analyze*, menentukan penyebab utama *Non Value Added* dan kecacatan produk dengan menggunakan metode *Potential Failure Mode and Effect Analysis*. *Potential Failure Mode* (s) dengan skor RPN tertinggi akan menjadi prioritas dan menjadi *input* awal prosedur metode TRIZ. Dari perhitungan FMEA, terpilih transportasi WIP disebabkan masih menggunakan metode manual, menunggu WIP disebabkan perencanaan saat pergantian tipe produk yang belum bagus, dan penumpukan WIP disebabkan kebijakan buffer stok yang terlalu banyak. sedangkan *defect* sol sepatu tidak rapat disebabkan suhu panas yang tidak optimal, *defect* jahitan kendor disebabkan *setting tension* benang berubah-ubah, dan *defect* patahan jarum disebabkan jarum bengkok.

Pada tahap *improve* menggunakan 40 Prinsip untuk menyelesaikan kontradiksi yang dihubungkan melalui Contradiction Matrix and Separation Principles (Matriks Kontradiksi dan Prinsip Pemisahan). Dari 40 *inventive principle* terpilih solusi perbaikan Untuk *defect* sol sepatu tidak rapat menggunakan prinsip 10 *Preliminary Action* yaitu melakukan training karyawan dan pemetaan skill karyawan. Untuk *defect* jahitan kendor menggunakan Prinsip 21 *Skipping* yaitu memberikan stiker tanda pada ring tension. Untuk *defect* patahan jarum menggunakan prinsip 24 *Intermediary* yaitu membuat alat bantu cek jarum bengkok. Sedangkan untuk peningkatan efisiensi; permasalahan transportasi WIP menggunakan prinsip 24 *Intermediary* yaitu pembuatan robot transportasi, permasalahan menunggu WIP menggunakan prinsip 10 *Preliminary Action* yaitu pembuatan jadwal harian tiap mesin, permasalahan penumpukan WIP menggunakan prinsip 10 *Preliminary Action* yaitu perhitungan cycle time tiap proses untuk menentukan buffer WIP yang ideal.

Dari hasil penerapan rekomendasi perbaikan estimasi peningkatan *Process Cycle Efficiency* senilai 14.3% serta pengurangan *defect* sebesar 710 pasang sepatu dengan level sigma 4.3. Harapan peneliti dengan mengintegrasikan TRIZ dan FMEA bertujuan untuk mendapatkan rekomendasi solusi yang tangguh terhadap kemungkinan terjadinya kegagalan.

Kata Kunci: Efisiensi, FMEA, Kualitas, Lean Six Sigma, dan TRIZ.

PENDAHULUAN

Industri alas kaki di Indonesia semakin tahun mengalami peningkatan yang cukup menjanjikan. Indonesia merupakan enam negara eksportir terbesar produk alas kaki di dunia. PT Sepatu merupakan perusahaan yang berfokus pada industri pembuatan alas kaki. Mayoritas produk yang dihasilkan adalah sepatu *sport*. Pemasaran produk tersebut sudah menembus pasar luar negeri, diantaranya Korea, China, dan Jepang. Tipe pemenuhan permintaan produksi PT Sepatu menggunakan sistem *Make to Order* dengan produksi *mass customization*. Pemasaran produk tersebut sudah menembus pasar luar negeri, diantaranya Korea, China, dan Jepang. Sedangkan pemasaran dalam negeri sebagian besar konsumennya dari Instansi POLRI. Setiap tahun PT Sepatu mampu memproduksi sebanyak $\pm 2.500.000$ pasang sepatu. Untuk memenuhi permintaan yang besar tersebut, PT Sepatu mempekerjakan 2.200 karyawan dengan sebagian besar adalah karyawan perempuan.

Proses pembuatan sepatu dimulai dari tahapan *cutting*. Tahapan *cutting* merupakan proses pemotongan material sepatu berasal dari kulit atau kain sesuai dengan pola yang ditentukan. Tahapan selanjutnya adalah proses penyablonan. Proses ini digunakan untuk mencetak tinta pada permukaan material yang sudah melalui *cutting*. Tahapan berikutnya yaitu *welding shop (emboss)*. *Emboss* merupakan proses penimbunan pada permukaan material yang telah disablon. Tahapan selanjutnya adalah jahit. Proses ini merupakan penggabungan bagian-bagian sepatu menggunakan mesin jahit. Departemen ini didesain menggunakan *line system*. Setiap lini terdiri dari ± 25 orang, tergantung tipe sepatu apa yang diproduksi. Setiap karyawan mendapat *job* yang berbeda sesuai dengan pembagian kerjanya. Setiap lini mempunyai target mampu menghasilkan 40-45 pasang sepatu dalam satu jam atau 1 pasang sepatu dalam 80-90 detik. Tahapan selanjutnya adalah *Assembling*. Proses ini merupakan perakitan bagian *upper* (bagian atas sepatu) dan *bottom* (bagian bawah sepatu/sol) hingga menjadi sepatu yang utuh.

Rata-rata produk defect yang harus dibuang mencapai 2% dari total produksi. Padahal standar *defect* yang ditetapkan perusahaan tidak boleh melebihi 1% dari total produksi. Sedangkan rata-rata produk *rework* mencapai 15% dari total produksi semua departemen. Aktivitas *rework* paling banyak di departemen jahit dengan presentase 30% dari total produksi. Dari proses *brainstorming* peneliti dan pihak *quality control* perusahaan, produk *defect* banyak dikarenakan kualitas pengerjaan proses jahit yang tidak sesuai standar. Maka dari itu, dalam penelitian ini, peneliti akan berfokus pada pengurangan *defect* dengan berfokus pada departemen jahit.

kualitas adalah *conformance to requirement*, yaitu sesuai dengan yang diisyaratkan atau distandarkan [1]. Perusahaan harus memahami benar-benar yang dibutuhkan konsumen atas suatu produk yang akan diproduksi [2]. Suatu produk dapat dikatakan berkualitas apabila produk tersebut memenuhi kepuasan pelanggan [3]. Konsumen memiliki selera atau harapan pada suatu produk selalu berubah sehingga kualitas produk juga harus disesuaikan terhadap perubahan tersebut [4]. Kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) harus diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan [5]. Kualitas merupakan salah satu jaminan yang diberikan dan harus dipenuhi oleh perusahaan kepada pelanggan, karena kualitas suatu produk merupakan salah satu kriteria penting yang menjadi pertimbangan pelanggan dalam memilih produk [6]. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah tingginya tingkat variasi dan *defect*, salah satu yang sering dipakai adalah *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses (*process variances*) sekaligus mengurangi cacat [7].

Pada tahap *improve* dalam penelitian-penelitian *Six Sigma* sebelumnya, pengambilan faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap kualitas proses dan produk banyak diantaranya didapatkan dari analisa dengan diagram Fishbone, FMEA, Brainstorming maupun tools sejenisnya. Tools tersebut mampu mendeteksi masalah secara spesifik, akan tetapi tools tersebut tidak mampu untuk menemukan solusi yang tepat secara langsung. Metode *TRIZ* menurut banyak profesional merupakan satu-satunya alat inovasi sistematis yang tersedia [8]. Altshuller menganalisis sekitar 400.000 deskripsi penemuan dari berbagai bidang teknik untuk mengungkapkan hukum obyektif (tren) evolusi sistem rekayasa. [9]. *TRIZ* menerjemahkan masalah spesifik ke dalam masalah abstrak atau model masalah dan kemudian ke

solusi abstrak atau model solusi [10]. Salah satu keunggulan lain dari TRIZ, Metode ini menawarkan tool untuk menangani kontradiksi [11].

Penggabungkan konsep DFMA dan TRIZ. *Design for manufacture* (DFMA) memberikan pedoman desain untuk mempertimbangkan masalah kemampuan manufaktur di luar kinerja produk [12]. Sedangkan peneliti lain [13] dengan ruang lingkup yang sama yaitu desain dan pengurangan biaya, melakukan penelitian integrasi DFD dan TRIZ. *Design for Disassembly* (DFD) merupakan pedoman desain dengan mempertimbangkan kemudahan pembongkaran part produk dengan lebih mudah pada akhir masa pakai. Sebuah integrasi sistematis antara QFD dan TRIZ pertama kali dilakukan [14] dengan tujuan QFD untuk mengubah persyaratan pelanggan menjadi parameter rekayasa kualitas. Kemudian QFD mengungkapkan korelasi negatif pada pasangan parameter kualitas, yang dapat dilihat sebagai kontradiksi TRIZ. Selanjutnya menggunakan TRIZ untuk menyelesaikan kontradiksi ini. Penelitian dengan pendekatan serupa juga. Mereka [15] mengeksplorasi QFD untuk mengklarifikasi tugas desain dan TRIZ untuk menemukan solusi yang tepat dalam pengembangan desain katup baru. Selain itu, dia juga menyarankan untuk menggunakan *tools* ini bersama dengan *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menyelaraskan *Voice of the Customer*, isu-isu lingkungan dan yang terkait dengan produk. Tidak berbeda, [16] menggunakan model *House of Quality* QFD untuk menunjukkan masalah yang bertentangan, yang diselesaikan dengan cara TRIZ. Peneliti lain [17] [18] mengusulkan metodologi berbasis TRIZ terintegrasi ke dalam QFD. Integrasi QFD, AHP, FMEA dan TRIZ diusulkan untuk mengoptimalkan parameter desain yang dapat memuaskan konsumen [19]).

Integrasi FMEA dan TRIZ bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk kemasan plastik. FMEA digunakan untuk menentukan faktor mana yang memiliki potensi penyebab kegagalan terbesar berdasar Nilai RPN FMEA tersebut. TRIZ digunakan untuk memberikan pedoman pemecahan masalah dari faktor penyebab kegagalan tertinggi [20]. Sedangkan [21] membandingkan *TRIZ* klasik dengan *OTSM-TRIZ*, yang diterapkan pada studi kasus desain balon udara. Masalah yang ada sangat kompleks, jika analisis dilakukan dengan *TRIZ* Klasik, tidak ada satu pun masalah yang ada dalam daftar awal dapat didefinisikan sebagai masalah kecil, dan oleh karena itu mengekstraksi langsung suatu kontradiksi tidak akan mungkin terjadi. *OTSM-TRIZ* sebagai gantinya, dengan pendekatan jaringan yang khas, memungkinkan pengguna untuk memasukkan solusi yang dihasilkan pada setiap langkah dari proses pemecahan masalah dalam NoP.

Pendekatan menggunakan *OTSM-TRIZ* dilakukan dengan tujuan untuk menjamin dan memperoleh manfaat dalam penyelesaian permasalahan yang kompleks dan saling berhubungan. Metode *OTSM-TRIZ* ini muncul untuk mengisi kekurangan dari *TRIZ* klasik. Pada *TRIZ* klasik tidak mengakomodir permasalahan yang kompleks dan saling berhubungan. Maka dari itu penggunaan metode *OTSM-TRIZ* digunakan untuk mengatasi masalah yang kompleks dengan *Network of Problem* (NoP). NoP digunakan untuk mengurai permasalahan utama yaitu *defect* menjadi *sub problem* dan *partial solution*. Semakin kompleks permasalahan, *sub problem* dan *partial solution* yang muncul akan semakin banyak. Besar kemungkinan *sub problem* satu terhubung dengan *sub problem* yang lain dan *partial solution* satu terhubung dengan *partial solution* yang lain [21].

Akan tetapi dalam *OTSM-TRIZ*, dari sekian banyak *sub problem* yang muncul, belum ada penentuan spesifik *sub problem* mana yang harus dipilih. Jika kita harus menyelesaikan semua *sub problem* yang muncul, tentu hal tersebut akan membutuhkan biaya dan usaha yang banyak. Perlu *tools* yang digunakan untuk memprioritaskan *sub problem* mana yang harus dipilih. *Tool* FMEA dipilih untuk menentukan problem mana yang dihasilkan dari NoP berdasarkan *sub problem* yang memiliki potensi resiko kegagalan yang paling besar. Sehingga solusi umum yang dihasilkan dari metode *OTSM-TRIZ* dapat lebih handal menghadapi kegagalan

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini disusun berdasarkan sebuah metodologi penyelesaian masalah yang sederhana – DMAI, yang merupakan singkatan dari *Define* (merumuskan), *Measure* (mengukur), *Analyze* (menganalisis), *Improve* (meningkatkan/memperbaiki). Pengembangan alur model penyelesaian masalah masuk pada tahap *define* dengan menentukan tujuan dan pengumpulan data perusahaan yang dibutuhkan, pembuatan *operation process chart* (OPC) untuk mengetahui detail alur produksi,

mendapatkan *customer requirement* yang diterjemahkan ke dalam *critical to quality* (CTQ) untuk menjadi data awal yang akan diolah sesuai dengan prosedur *quality assurance* di perusahaan, dilanjutkan dengan menentukan *priority* proses, identifikasi *critical defect* berdasarkan CTQ yang terjadi pada *critical process*, serta menganalisis berdasarkan NoP untuk mengurai permasalahan kompleks sehingga menemukan *sub-problem* (sp) dan *partial solution* (ps) dalam *critical process*, kemudian melakukan integrasi dengan metode FMEA untuk menemukan *sub-problem* mana yang memiliki potensi penyebab kegagalan terbesar. Pada tahap *improve* dilakukan integrasi dengan metode OTSM-TRIZ untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan yang cocok sehingga dapat meningkatkan kualitas produk sepatu. Lalu dilakukan analisa dan pembahasan terhadap penerapan metode yang telah dibuat. Tahap akhir alur penelitian ditutup dengan memberikan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Define

Proses utama di PT SEPATU adalah cutting, sablon, emboss, outsole, insole, jahit, perakitan, dan packing. Fokus penelitian ini dilakukan di departemen jahit. Proses jahit merupakan bagian produksi yang melakukan penggabungan pola-pola bahan baku yang sudah telah dipotong menjadi bagian *upper* (bagian atas) sepatu. Untuk mengetahui karakteristik keinginan konsumen digunakan *critical to quality* (CTQ). Identifikasi CTQ ditampilkan dalam tabel 1.

Tabel 1 CTQ Departemen Jahit

Produk	Jenis Proses	CTQ	Spesifikasi
Produk Sepatu	Jahit	Patahan jarum	Tidak ada patahan jarum yang masuk di Upper
		Langkah jahitan	- Langkah jahit setiap 1 inci = 8-9 langkah jahitan yang sama - Jarak jahitan dengan tepi Upper 1,5-2 mm
		Simetri Upper	- Jahit Toe Cap harus simetri dan tidak boleh miring - Jahit Back Counter harus simetri dan tidak boleh miring
		Kerutan jahitan	Permukaan Upper tidak berkerut
		Loncat	Jahitan sesuai pola, tidak meloncat.

Proses pembuatan produk sepatu khususnya di departemen jahit masih terdapat *defect*. Dengan adanya *defect* ini secara otomatis akan menurunkan tingkat kualitas produk sekaligus akan mempengaruhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Hubungannya dengan CTQ adalah *defect* terjadi akibat karakteristik kualitas kunci suatu produk tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan pada CTQ itu sendiri.

Identifikasi terhadap jenis-jenis *defect* apa saja yang berpengaruh terhadap kualitas sepatu di proses jahit. Setelah melakukan wawancara dan brainstorming dengan orang yang ahli dibidang kualitas perusahaan, terdapat keterkaitan antara proses produksi yang sudah digambarkan di OPC dengan terjadinya *defect* produk. Jenis *defect* produk pada sepatu di departemen jahit terdiri dari 5 jenis yaitu patahan jarum, jahitan loncat, jahitan kendor, upper tidak simetri, upper berkerut. Detail jumlah defect ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2 Jumlah Defect

No	Jenis Defect	Jumlah	%	Kum
1	Tidak Simetri	563	28%	28%
2	Jahitan Kendor	502	25%	53%
3	Jahitan Loncat	362	18%	71%
4	Patahan Jarum	301	15%	86%
5	Upper Berkerut	281	14%	100%
Total		2009		

B. Measure

Proses produksi saat ini masih rendah karena nilai DPMO masih tinggi yaitu sebesar 4.028 yang berarti dari satu juta kesempatan yang ada masih terdapat 4.028 kemungkinan bahwa proses produksi akan menghasilkan *defect*. Nilai DPMO kemudian dikonversi ke dalam level sigma dan diperoleh nilai 4,1 sigma. Nilai tersebut masih dapat dikategorikan baik untuk industri di Indonesia karena rata-rata industri di Indonesia masih berkisar di level 3 sigma. Akan tetapi level sigma perusahaan tersebut masih belum mampu untuk bersaing di kelas dunia yang memiliki pengendalian kualitas pada level 6 sigma. Kalau dilihat dari sudut pandang proyek Six Sigma, nilai tersebut masih dikategorikan rendah karena tujuan dari proyek Six Sigma adalah mendapat kapabilitas proses pada tingkat pengendalian 6 sigma sehingga mampu menghasilkan kemungkinan kegagalan 3,4 per satu juta kesempatan. Sedangkan dari perhitungan kapabilitas proses dapat diketahui bahwa nilai $C_p = 0,89$ yang menunjukkan kapabilitas proses secara keseluruhan saat ini masih rendah karena nilai berada di $C_p < 1,00$.

C. Analyze

Network Of Problem (NoP)

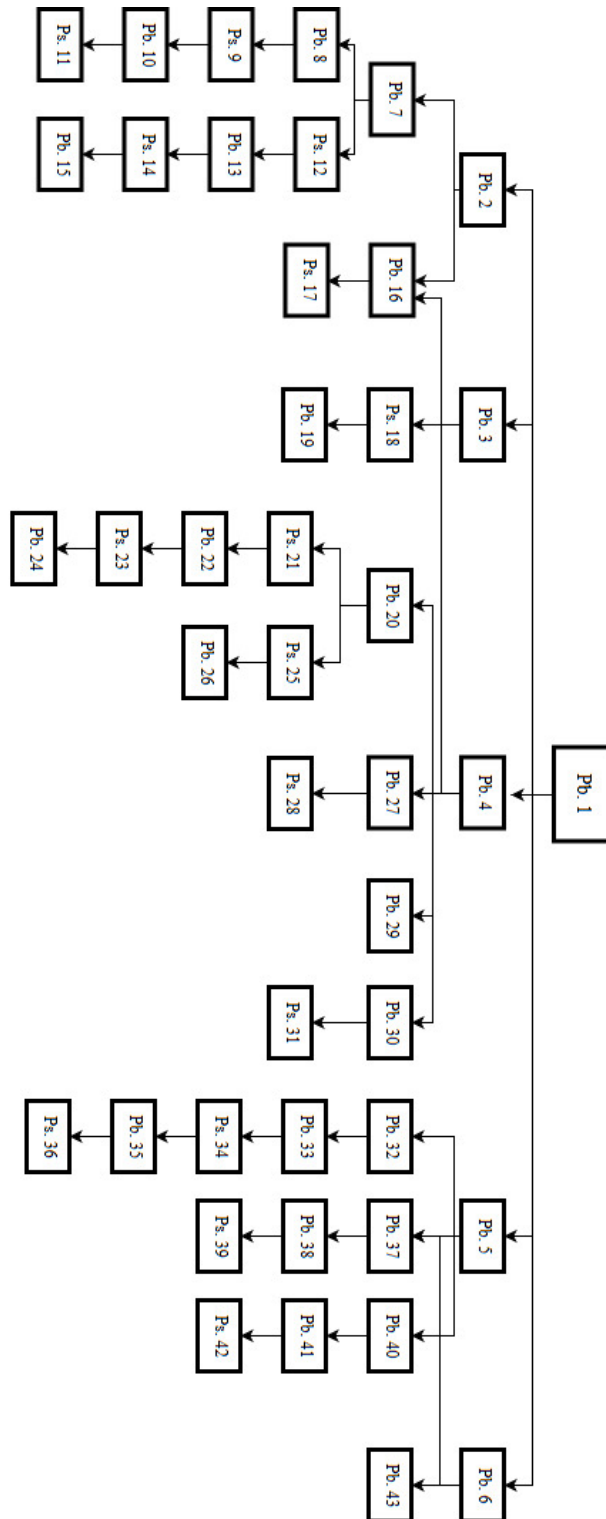
Pembuatan NoP dilakukan dengan tujuan untuk mengurai permasalahan kompleks yang terjadi di departemen jahit. Permasalahan ini difokuskan pada upaya peningkatan kualitas dengan mengurangi jumlah *defect*. NoP merupakan bagian dari OTSM-TRIZ yang digunakan untuk menguraikan kontradiksi bertingkat. Proses pembuatan NoP melalui proses pengisian kuesioner dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan yang memiliki pengalaman dan memahami proses dengan baik. Hasil pembuatan NoP ditunjukkan dalam gambar 1 dan penjelasan dalam tabel 3.

Tabel 3 Keterangan NoP

Pb atau Ps	Keterangan	Pb atau Ps	Keterangan
Pb 1	Defect	Ps 23	Baut alat
Pb 2	Patahan Jarum	Pb 24	Biaya alat
Pb 3	Jahitan Kendor	Ps 25	Sudah terpakai-ganti jarum
Pb 4	Jahitan Loncat	Pb 26	Waktu setup
Pb 5	Upper Tidak Simetri	Pb 27	Lem tebal
Pb 6	Upper Berkerut	Ps 28	Pengawas lebih ketat
Pb 7	Jarum Bengkok	Pb 29	Setting gigi atas bawah berubah
Pb 8	Bahan tebal	Pb 30	Rorati Aus
Ps 9	Penurunan kecepatan	Ps 31	Rotasi diasah
Pb 10	Line tidak balance	Pb 32	Pemenuhan target
Ps 11	Membagi beban kerja	Pb 33	Terburu-buru
Ps 12	Jarum baru: cek income	Ps 34	Buffer storage
Pb 13	Kesulitan cek	Pb 35	Biaya WIP
Ps 14	Buat alat	Ps 36	Buffer hanya di titik tertentu
Pb 15	Biaya alat	Pb 37	Skill karyawan
Pb 16	Benang kusut	Pb 38	Turn over
Ps 17	Bersihkan sisa oli	Ps 39	Training awal
Ps 18	Setting tension benang	Pb 40	Kurang teliti

Pb 19	Sering berubah-ubah	Pb 41	Tidak mengikuti training
Pb 20	Jarum tumpul	Ps 42	Warna kontras
Ps 21	Jarum baru cek income	Pb 43	Kurang tarikan
Pb 22	Kesulitan cek		

Pembuatan NoP dimulai dari permasalahan utama yang akan diteliti yaitu *defect*, disimbolkan dengan *problem* 1 (Pb 1). Selanjutnya dari CTQ yang sudah dibuat sebelumnya, didapatkan 5 jenis *defect* yaitu patahan jarum, jahitan kendor, jahitan loncat, upper tidak simetri, dan upper berkerut yang secara berturut-turut disimbolkan dengan Pb 2, Pb 3, Pb 4, Pb 5, dan Pb 6.



Gambar 1 Bagan NoP

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah mengurai permasalahan kompleks dengan menggunakan *network of problem*, tahapan selanjutnya adalah membuat FMEA yang bertujuan untuk menganalisa kegagalan proses yang potensial dan mengevaluasi kegagalan tersebut. FMEA digunakan untuk mengetahui kegagalan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap masing-masing *defect* kritis sehingga menjadi prioritas untuk diberikan rekomendasi perbaikan. Tabel FMEA dibuat dan diisi melalui proses pengisian kuesioner dan

brainstorming dengan pihak perusahaan yang berpengalaman, dalam hal ini dilakukan berdasarkan penilaian dari para ahli *maintanace*, ahli produksi, dan ahli *quality control* (QC) di departemen jahit. Hasil pembuatan FMEA ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 FMEA Defect Departemen Jahit

Potential Failure Effect		S	Potential Causes	O	Current Control	D	S x O x D = RPN
Patahan Jarum	Bahan tebal	8	Jarum tersangkut pada bahan	6	Penurunan kecepatan	2	96
	Benang kusut	9	Sisa oli mesin	4	Bersihkan oli secara berkala	6	216
	Jarum bengkok	9	Tumpuan tekanan di lengkungan jarum yang bengkok	7	Pengecekan material income dengan alat bantu	5	315
Jahitan Kendor	Setting tension benang	6	Setting sering berubah-ubah	7	Melakukan setting berkala	8	336
Jahitan Loncat	Jarum tumpul dari supplier	7	Kesulitan cek	2	Pengecekan material income dengan alat bantu	5	70
	Jarum tumpul sudah terpakai	7	Gesekan terus menerus dengan permukaan bahan	6	Penggantian jarum	6	252
	Lem tebal	6	Pemberian lem yang terlalu berlebihan	4	Pengawasan yang lebih ketat kepada karyawan	4	96
	Setting gigi atas bawah	7	Setting sering berubah-ubah	3	Melakukan setting berkala	8	168
	Rotari aus	8	Gesekan terus menerus dengan permukaan benang	7	Menggosok ujung Rotari dengan amplas	8	448
Upper tidak simetri	Tuntutan target	8	Produktivitas	4	Penurunan kecepatan	2	64
	Skill karyawan	8	Turn over karyawan yang tinggi	6	Training karyawan baru	6	288
	Kurang teliti	8	Tidak mengikuti marking pola	5	Perubahan pemilihan warna marking	5	200
Upper berkerut	Kurang tarikan	7	Tuntutan target	4	Buffer storage	5	140
	Skill karyawan	7	Turn over karyawan yang tinggi	6	Training karyawan baru	6	252

Dari hasil perhitungan nilai RPN FMEA dapat diketahui *Defect* jahitan loncat memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 448. Jenis *defect* ini disebabkan faktor penyebab mode kegagalan ujung rotari aus. *Defect* Jahitan kendor dengan nilai RPN 336. Jenis *defect* ini disebabkan faktor penyebab mode kegagalan *setting tension* benang yang sering berubah-ubah. *Defect* patahan jarum dengan nilai RPN 315. Jenis *defect* ini disebabkan faktor penyebab mode kegagalan jarum jahit yang bengkok. *Defect* Upper tidak simetri dengan nilai RPN 288. Jenis *defect* ini disebabkan faktor penyebab mode kegagalan *skill* karyawan yang tidak sesuai standar. *Defect* Upper berkerut dengan nilai RPN 252. Seperti halnya *defect* Upper tidak simetri, jenis *defect* ini disebabkan faktor penyebab mode kegagalan *skill* karyawan yang tidak sesuai standar.

D. Improve

Tool TRIZ digunakan sebagai metode untuk memberikan panduan ide-ide perbaikan pengembangan terhadap perbaikan proses dan NoP-FMEA digunakan untuk mengurai permasalahan kompleks serta menentukan prioritas masalah berdasarkan mode kegagalannya. Pada tahap *improve*, setelah mengidentifikasi kontradiksi matriks yang ada terkait parameter-parameter yang terlibat dalam masing-masing *technical response* penyebab *defect*. Tabel 5.5 berikut merupakan *improve* yang direkomendasikan untuk setiap permasalahan *defect* di departemen jahit.

Tabel 5 Rekomendasi Masing-Masing Jenis Cacat

Jenis Defect	Principle Inventive	Deskripsi	Rekomendasi
Jahitan Loncat	10	<i>Preliminary Action</i>	Pembersihan dan pengecekan posisi ujung rotari-benang setiap awal shift
	10	<i>Preliminary Action</i>	Pengecekan ujung jarum apakah masih lancip atau sudah tumpul setiap 2 shift

Jahitan Kendor	21	<i>Skipping</i>	Pemberian stiker arah panah dekat pengatur <i>tension</i>
Patahan Jarum	24	<i>Intermediary</i>	Alat bantu pengecekan jarum bengkok
Upper tidak Simetri	24	<i>Intermediary</i>	Alat bantu pengecekan Upper tidak simetri
	10	<i>Preliminary Action</i>	Training awal karyawan baru
	1	<i>Segmentasi</i>	Pembuatan <i>skill mapping</i> karyawan
	32	<i>Color change</i>	Pemakaian warna mencolok untuk pola <i>marking</i>
Upper Berkerut	10	<i>Preliminary Action</i>	Training awal karyawan baru
	1	<i>Segmentasi</i>	Pembuatan <i>skill mapping</i> karyawan

Estimasi pengurangan defect setelah perbaikan

Dari rekomendasi yang diberikan berdasarkan 40 *principle inventive*, berikut Tabel 6 menunjukkan estimasi pengurangan *defect*:

Tabel 6 Estimasi Pengurangan Defect

Jenis Defect	Defect Awal	Perbaikan	% Pengurangan	Estimasi Defect Akhir
Jahitan Loncat	563	Pembersihan dan pengecekan posisi ujung rotari-benang setiap awal shift	20%	338
		Pengecekan ujung jarum apakah masih lancip atau sudah tumpul setiap 2 shift	20%	
Jahitan Kendor	502	Pemberian stiker arah panah dekat pengatur <i>tension</i>	10%	452
Patahan Jarum	362	Alat bantu pengecekan jarum bengkok	30%	253
Upper tidak Simetri	301	Alat bantu pengecekan Upper tidak simetri	5%	120
		Training awal karyawan baru	20%	
		Pembuatan <i>skill mapping</i> karyawan	15%	
		Pemakaian warna mencolok untuk pola <i>marking</i>	20%	
Upper Berkerut	281	Training awal karyawan baru	25%	141
		Pembuatan <i>skill mapping</i> karyawan	25%	
Total	2009			1304

Tabel 7 Level Sigma dan Kapabilitas

Karakteristik Target	Jumlah Defect	% Defect	Level Sigma	Cp
Kondisi Eksisting	2009	2%	4.1	0.89
Target	1000	1%	4.4	1
Setelah Perbaikan	1304	1.3%	4.3	0.93

Dari Tabel 7 menunjukkan setelah menerapkan rekomendasi perbaikan, estimasi pengurangan *defect* sebesar 705 pasang sepatu. Estimasi pengurangan persentase *defect* sebesar 0,7%. Level sigma naik 0,2 dibandingkan sebelumnya. Kapabilitas proses naik 0,04 dibandingkan kondisi eksisting. Meskipun masih belum memenuhi target dari perusahaan yaitu *defect* 1% dari total produksi, akan tetapi

pengurangan *defect* setelah perbaikan cukup mengalami pengurangan yang signifikan. Untuk bisa mencapai target perusahaan tersebut, upaya yang harus dilakukan adalah terus menjaga konsistensi terhadap apa yang sudah diperbaiki dan terus menerus melakukan *improvement* baik dilantai produksi maupun desain produk.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, kami dapat menyimpulkan sebagai berikut:

- a. Dengan mengintegrasikan OTSM-TRIZ dan FMEA terbukti dapat mengurangi jumlah cacat pada bagian penjahitan sebanyak 705 pasang sepatu.
- b. Integrasi OTSM-TRIZ dan FMEA dapat diterapkan pada masalah interkoneksi yang kompleks. Solusi yang dihasilkan diharapkan lebih tahan terhadap potensi kegagalan
- c. Penelitian lebih lanjut sangat terbuka untuk memodelkan pembobotan sub-problem (Pb) ketika mengintegrasikan dengan FMEA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crosby, P. , *Quality Is Free*, New York: McGraw Hill, 1979.
- [2] Deming, W. E., *Out of the Crisis-Quality, Productivity, and competitive Position*, Cambridge University Press, 1982.
- [3] Feigenbaum, A. V., *Total Quality Service*, Singapore: Mc Graw Hill Book Co, 1986.
- [4] A, G. D., *Managing Quality*, The New York Press, 1988.
- [5] Juran, J. M., *Quality Planning and Analysis* (3rd ed.), New York.: Graw Hill Book, 1993.
- [6] Singgih, M. L., & Renanda, "Peningkatan Kualitas Produk Kertas dengan Menggunakan Pendekatan Six Sigma di Pabrik Kertas Y", *Jurnal Tekno Sim: Yogyakarta*, 2008.
- [7] Hahn, G., Hill, W., Hoerl, R., & Zinkgraf, S., The impact of Six Sigma improvement – a glimpse into the future of statistics. *The American Statistician*, 1999, Vol. 53 No. 3, Pp. 208-215.
- [8] Czinki, A., & Hentschel, C., Solving complex problems and TRIZ, 2016, 39, 27–32.
- [9] Altshuller, G., *Innovation Algorithm_TRIZ, systematic innovation and technical creativity*, 1999.
- [10] Yu, H., Fan, D., & Zhang, Y., The Research of Improving the Particleboard Glue Dosing Process Based on TRIZ Analysis, 2009, 97–107.
- [11] Gadd, K., *TRIZ For Engineers : Enabling Inventive TRIZ For Engineers : Enabling Inventive Problem Solving*, 2011.
- [12] P.F. Bariani, G.A. Berti, G. L., A combined DFMA and TRIZ approach to the simplification of product structure, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B: J. Eng. Manuf*, 2004, 1023–1027.
- [13] J.L. Chen, W.-C. C., TRIZ based eco-innovation in design for active disassembly, *Paper Presented at the 14th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*, 2007.
- [14] H. Yamashina, T. Ito, H. K., Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. *Int. J. Prod. Res*, 2002, 40 (5) 1031–1050.
- [15] Sakao, T., A QFD-centred design methodology for environmentally conscious product design, *Int. J. Prod. Res*, 2007, 45 (18–19) 4143–4162.
- [16] Wang, C., Yu, C., & Chang, T. (n.d.), Integrated QFD , TRIZ and FMEA for Product Development Process, 1085–1095. H. Wang, G. Chen, Z. Lin, H. W., Algorithm of integrating QFD and TRIZ for the innovative design process, *Int. J. Comput. Appl. Technol*, 2005, 23 (1) 41-52.
- [17] Kobayashi, H., A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning, *Adv. Eng. Inf.*, 2006, 20 (2) 113–125.
- [18] L. Frizziero, F. R. C., Innovative methodologies in mechanical design: QFD vs TRIZ to develop an innovative pressure control system ARPN, *J. Eng. Appl. Sci*, 2014, 9 (6) 966–970.
- [19] Rafsanjani, S., *Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Printing Kemasan Produk Menggunakan Integrasi FMEA-TRIZ*, Institut Teknologi Sepuluh November, 2018.
- [20] Fiorineschi, L., Frillici, F. S., & Rissone, P., A comparison of Classical TRIZ and OTSM-TRIZ in dealing with complex problems, 2015, 131, 86–94.