

ANALISIS KEGAGALAN PROSES INSULASI PADA PRODUKSI AUTOMOTIVE WIRES (AW) DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA PT JLC

Hasbullah Hasbullah Muhammad Kholil Dwi Aji Santoso

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

E-mail: hasbullah@mercubuana.ac.id m.kholil@mercubuana.ac.id dwi.aji@mercubuana.ac.id

Abstrak -- FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) adalah metode yang digunakan dalam mengidentifikasi kemungkinan kegagalan pada proses, fungsi dan design produk sehingga diketahui penyebab dan akibatnya untuk meningkatkan mutu dan reliabilitas produk. Kegagalan proses insulasi pada proses produksi AW (*Automotive Wire*) mengganggu kinerja produksi PT JLC. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan proses insulasi pada produksi produk AW (*Automotive Wire*) di PT JLC. FMEA diulas oleh banyak riset sebagai metode efektif dan dijadikan format standar yang digunakan oleh industri otomotif dalam membuat daftar potensi kegagalan sehingga dapat mengetahui penyebab, dampak dan tindakan pencegahan dalam mengatasinya. FMEA menyediakan metode dalam membuat daftar potensi kegagalan produk AW (*Automotive Ware*) melalui penilaian kuantitatif dengan kriteria tiga aspek yaitu Tingkat kemungkinan frekwensi terjadi kegagalan ($O=Occurrence$), Tingkat resiko akibat kegagalan ($S=Severity$) dan Tingkat kemungkinan bisa dideteksi ($D=Detection$). Dari hasil perhitungan dan analisis FMEA maka dihasilkan daftar urutan prioritas potensi kegagalan proses insulasi melalui perhitungan pada tiga aspek *Occurrence* (O), *Severity* (S) dan *Detection* (D) disertai kemungkinan penyebab, dampak dan solusinya. Dua potensi kegagalan terbesar adalah Ketidaksesuaian warna (terlalu tua atau muda), marking tidak tercetak jelas dan permukaan insulasi yang kasar. FMEA mampu mengidentifikasi penyebab, dampak dan pencegahan untuk mengantisipasi kegagalan tersebut.

Kata Kunci: *Automotive Wires (AW), Insulasi, FMEA, Occurrence, Severity, Detection*

Abstract -- FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) is a method to identify failure modes on process, design and function of product based on common physics of failure logic, including cause and effect, consequently able to improve product quality and reliability. JLC prevents problem in production, in particularly Insulation Process of AW (*Automotive Ware*) Production. FMEA is able provide the potential list of failure mode, including cause, effect and preventive action. FMEA is often reviewed as highly structured and systematic techniques by many research and used as standard method for failure mode analysis of process, function and design in automotive industry. FMEA make a list of failure mode analysis by scoring three aspects of failure mode such as $O=Occurrence$ (looking at the cause of a failure mode and the likelihood of occurrence), $S=Severity$ (Determining the Severity for the worst-case scenario adverse end effect) and $D=Detection$ (the means or method by which a failure is detected, isolated by operator and or maintainer and the time it may take). FMEA found out list of Risk Priority Number (RPN) that ranked based on sum of score O,S,D with the three biggest failure mode such as colour nonconformity, Mark Blurs, and Rough Surface, as well as providing cause, effect and preventive actions.

Keywords: *Automotive Wires (AW), Insulation, FMEA, Occurrence, Severity, Detection*

PENDAHULUAN

Di era kontemporer yang sangat dinamis ini, persaingan di bidang industri berjalan seiring dengan semakin majunya teknologi. Setiap perusahaan berlomba-lomba melakukan perbaikan kualitas yang terbaik bagi pelanggannya. Perusahaan yang konsisten mempertahankan kualitas yang baik tentunya akan berdampak terhadap loyalitas pelanggan pula (Syukron dan Kholil, 2013). Salah satu

model perbaikan kualitas yang efektif adalah dengan mengidentifikasi kemungkinan kegagalan-kegagalan produk yang berpotensi mengecewakan pelanggan dengan mengantisipasi seluruh tahapan dari design, proses dan fungsi produk (Hidayat dan Pratiwi, 2013).

Proses produksi memberikan peranan penting dalam usaha untuk merealisasikan permintaan pelanggan. Tahapan-tahapan

proses produksi sedemikian rupa diupayakan dengan pemantauan kualitas agar tidak menimbulkan ketidaksesuaian atau kegagalan produk, namun pada praktiknya PT.JLC masih mengalami permasalahan khususnya di bagian proses produksi yang terkadang menghasilkan beberapa produk yang tidak sesuai standar kualitas.

Permasalahan yang dihadapi saat ini menjadi perhatian manajemen PT JLC adalah persoalan insulasi pada pelindung produk AW (Automotive Ware). Secara faktual tingkat cacat produk AW masih dalam batas-batas target *Defect Rate* produksi. Tetapi potensi kemungkinan kegagalan pada produk akan berakibat serius pada fungsi *connection ware* di produk otomotif yang dapat menimbulkan kegalan produk otomotif secara keseluruhan. Hal inilah yang menjadi alasan perlu digunakan metode yang mampu menyediakan daftar potensi kegagalan proses, fungsi dan design pada produk AW.

Adapun salah satu tool yang akan digunakan untuk membantu pengendalian kualitas pada proses *Insulation Automotive Wires* di PT JJ-Lapp Cable SMI adalah dengan menerapkan *Process Failure Modes and Effects Analysis (PFMEA)* (Bertsche, 2008) (Pickard, Muller, and Bersche, 2005). *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)* merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing mode kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) (Stamatis, 1995.)

FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

Sejarah FMEA dimulai pada tahun 1940-an oleh militer AS. FMEA dikembangkan lebih lanjut oleh industri kedirgantaraan dan automotive. Beberapa industri mempertahankan standar formal FMEA. Kemudian sekitar tahun 1960-an FMEA dipergunakan sebagai metodologi formal pada industri aerospace dan pertahanan. Sejak saat itu kemudian digunakan dan distandarisasikan oleh berbagai industri di seluruh dunia.

Beberapa definisi FMEA adalah sebagai berikut. FMEA adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengurangi permasalahan dari sistem, desain, atau proses sebelum permasalahan tersebut terjadi (Kmenta dan Ishii, 2000). Selain itu, FMEA adalah metodologi yang dirancang untuk

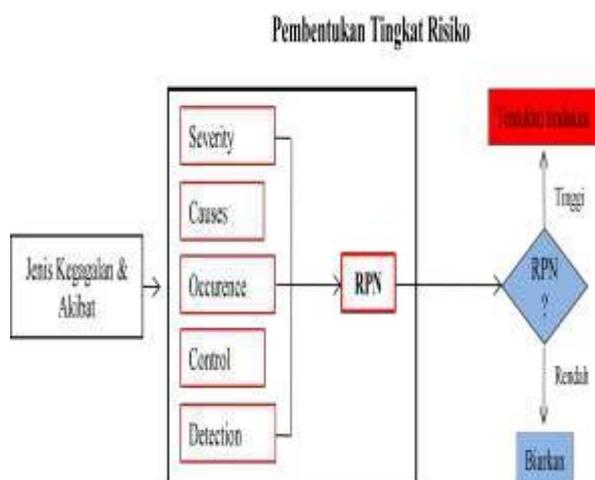
mengidentifikasi moda kegagalan potensial pada suatu produk atau proses sebelum terjadi, mempertimbangkan risiko yang berkaitan dengan moda kegagalan tersebut, mengidentifikasi serta melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang palinh penting (Reliability, 2002).

FMEA (Ford Motor Company, 2004) dapat digambarkan sebagai sebuah grup aktivitas tersistem yang bermaksud untuk: mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan dari sebuah produk/proses dan akibatnya, mengidentifikasi tindakan yang dapat mengeliminasi atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan dan, mendokumentasikan suatu proses. Ini melengkapi proses penentuan sebuah desain atau proses seperti apa yang harus dilakukan untuk memuaskan pelanggan.

Tujuan dari FMEA adalah untuk menentukan tingkat risiko dari setiap jenis kegagalan sehingga dapat diambil keputusan apakah perlu diambil suatu tindakan atau tidak. FMEA ini juga digunakan untuk menekan kerugian yang timbul karena kegagalan proses produksi maupun kegagalan produk sewaktu digunakan oleh pengguna, caranya adalah sebagai berikut: mengidentifikasi kegagalan yang mungkin terjadi, memberi skala prioritas dari setiap jenis kegagalan dan melakukan tindakan perbaikan.

Gambar 1 memperlihatkan proses bagaimana FMEA membuat daftar tingkat resiko untuk mengidentifikasi jenis kegagalan dan resiko (Puspitasari dan Martanto, 2014). Setiap design, fungsi dan proses produk ditelaah secara menyeluruh bagaimana resiko dan dampaknya ($S=Severity$), kemungkinan munculnya kegagalan ($O=Occurence$), seberapa jauh dapat dideteksi ($D=Detection$). Dari penilaian ini ditelaah pula sebab (*cause*) dan bentuk pengendaliannya (*control*). Hasil akhirnya adalah nilai total berupa RPN (*Risk Priority Number*) yang menunjukkan total jumlah penilaian dari aspek S, O, D.

Terdapat beberapa jenis FMEA yaitu: *Design FMEA*, *Process FMEA*, *System FMEA*, *Service FMEA*, *Product FMEA* dan *Software FMEA*. *Design FMEA* dipergunakan untuk menganalisa produk sebelum dimasukkan ke dalam proses produksi. *DesiGn FMEA* berfokus pada modus kegagalan yang disebabkan oleh desain (Stamatis, 2003). *Process FMEA* dipergunakan untuk menganalisa proses produksi dan perakitan. *Process FMEA* ini berfokus pada modus kegagalan yang disebabkan oleh proses produksi atau perakitan. *System FMEA* dipergunakan untuk menganalisa sistem dan sub sistem dalam proses desain dan konsep.



Gambar 1. Diagram Alir Pembentukan Tingkat Resiko

System FMEA ini berfokus pada modus kegagalan antar fungsi dari sistem yang disebabkan oleh defisiensi sistem. *Service FMEA* dipergunakan untuk menganalisa service sebelum mencapai ke konsumen. *Service FMEA* berfokus pada kegagalan yang disebabkan oleh sistem atau proses (Stamatis, 2003). *Product FMEA* berfokus pada modus kegagalan yang terjadi pada produk atau proyek. Terakhir, *Product FMEA* berfokus pada modus kegagalan yang terjadi pada sebuah software (Gygi, DeCarlo and Williams, 2005).

Manfaat dari melakukan *Process FMEA* (Ford Motor Company, 2004) meliputi: mengidentifikasi fungsi proses dan persyaratan, mengidentifikasi produk dan proses potensial terkait Mode Kegagalan, menilai dampak dari potensi kegagalan pada pelanggan dan mengidentifikasi penyebab potensial manufaktur atau proses perakitan dan mengidentifikasi variabel proses sebagai fokus kontrol untuk terjadinya pengurangan atau deteksi kondisi kegagalan.

Selain itu, manfaat dari melakukan *Process FMEA* adalah mengidentifikasi variabel proses di mana untuk fokus kontrol proses, mengembangkan daftar peringkat Mode Kegagalan potensial, sehingga membentuk sebuah sistem prioritas untuk pertimbangan pencegahan/koreksi, dan dokumen hasil dari manufaktur atau proses perakitan, mengidentifikasi kekurangan proses yang memungkinkan para insinyur untuk fokus pada kontrol untuk mengurangi atau pada metode untuk meningkatkan deteksi terjadinya hasil produksi yang tidak dapat diterima, mengidentifikasi Karakteristik Kritis dan / atau Karakteristik Signifikan, membantu dalam pengembangan manufaktur menyeluruh atau

rencana pengendalian perakitan, dan mengidentifikasi masalah keamanan operator.

Termasuk juga sebagai input informasi pada perubahan desain yang diperlukan dan kelayakan manufaktur kembali ke komunitas desain, berfokus pada Mode Kegagalan produk potensial yang disebabkan oleh kekurangan manufaktur atau proses perakitan dan mengkonfirmasi kebutuhan untuk Kontrol Spesial di bidang manufaktur, dan mengkonfirmasi pada desain yang "Karakteristik khusus" potensial dari *Desain FMEA (DFMEA)*.

Output dari *Process FMEA* (Ford Motor Company, 2004) meliputi: daftar Mode Kegagalan proses potensial, daftar konfirmasi Karakteristik Kritis dan / atau Karakteristik Signifikan, daftar Keselamatan Operator dan Karakteristik High Impact, daftar Kontrol Spesial yang direkomendasikan untuk produk yang ditunjuk memiliki Karakteristik Khusus untuk dimasukkan pada rencana pengendalian dan sebuah daftar proses atau tindakan proses untuk mengurangi keparahan, menghilangkan Penyebab Mode Kegagalan produk atau mengurangi tingkat Kejadian nya, dan untuk meningkatkan Deteksi produk cacat jika kemampuan proses tidak dapat diperbaiki.

Untuk menerapkan ISO/TS dengan efektif, selain dibutuhkan pemahaman terhadap struktur ISO/TS 16949 juga dibutuhkan beberapa dokumen yang berfungsi sebagai tools yang merupakan penunjang untuk menjamin kesesuaian produk dari desain hingga sampai pada pengiriman, tools ini sama dengan yang digunakan di QS 9000, (Wijanarko, xxxx) yaitu: APQP, *Advanced Product Quality Planning*, adalah suatu tools untuk perencanaan produk, PPAP, *Production Parts Approval Process*, adalah tools untuk mengevaluasi part-part yang dibutuhkan dalam suatu produk, FMEA, *Failure Mode and Effect Analysis*, adalah suatu tools yang mengidentifikasi dan menghilangkan kemungkinan kegagalan produk/proses, MSA, *Measurement System Analysis*, adalah tools untuk menganalisis apakah suatu sistem pengukuran berfungsi sesuai ketentuan dan SPC, *Statistical Process Control*, merupakan tools untuk mengontrol proses dengan menggunakan data dan analisis statistik.

Bagian utama PFMEA berisikan analisis risiko terkait dengan kegagalan potensial dan tindakan peningkatan yang diambil untuk meminimalisir kegagalan yang akan terjadi pada saat proses (Kholil dan Rimawan, 2004). Terdapat beberapa identifikasi elemen-elemen FMEA. Masing-masing elemen dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fungsi Proses/Persyaratan (*Process Function / Requirement*), dimana dalam Proses FMEA, fungsi memiliki dua komponen berikut, yaitu: karakteristik proses atau persyaratan proses. Ini termasuk kondisi operasi dan parameter proses seperti tingkat pekerjaan dan kebutuhan perawatan produksi, dan persyaratan spesifikasi produk untuk operasi termasuk dimensi barang dan semua desain rekayasa terkait persyaratan (yaitu, spesifikasi teknik dan kinerja spesifikasi).

Mode Kegagalan Potensial (*Potensial Failure Mode*), dimana Mode Kegagalan Potensial didefinisikan sebagai cara di mana proses bisaberpotensi gagal untuk memenuhi persyaratan proses dan atau maksud desain sebagai dijelaskan dalam kolom Fungsi Proses/Persyaratan. Ini adalah deskripsi dari ketidaksesuaian pada saat operasi tertentu. Hal ini dapat terkait dengan Mode Kegagalan Potensial operasi atau efek berikutnya (*downstream*) terkait dengan potensi kegagalan dalam operasi sebelumnya (*upstream*).

Akibat Potensial Kegagalan (*Potensial Effect(s) of Failure*), yaitu berupa empat jenis Mode Kegagalan terjadi. Jenis pertama dan kedua berlakusering dan paling sering terlihat, dan jenis ketiga dan keempat biasanya terjawab saat melakukan FMEA, yaitu: Tidak ada Fungsi: Sistem atau desain benar-benar non-fungsional atau tidak berlaku, Parsial/Terdegradasi Waktu: mendegradasi kinerja. Memenuhi beberapa spesifikasi atau kombinasi spesifikasi tetapi tidak sepenuhnya mematuhi semua atribut atau karakteristik. Kategori ini mencakup lebih dari fungsi. Fungsi terdegradasi dari waktu ke waktu umumnya bukanlah sebuah jenis Mode Kegagalan di PFMEA, Fungsi Intermittent: Memenuhi tetapi kehilangan beberapa fungsi atau menjadi tidak berfungsi sering karena dampak eksternal seperti suhu, kelembaban dan lingkungan. Mode Kegagalan ini menyediakan kondisi: on, tiba-tiba off, pulih untuk berfungsi atau mulai lagi / berhenti / mulai lagi rangkaian kejadian dan Unintended Fungsi: Ini berarti bahwa interaksi beberapa elemen yang kinerjanya independen adalah benar, dampak buruk pada produk atau proses. Hal ini akan mengakibatkan hasil atau konsekuensi pada produk yang tidak diinginkan, dan karenanya sebagai ekspresi "fungsi yang tidak diinginkan". Jenis modus kegagalan ini adalah tidak umum di PFMEA.

Setiap Mode Kegagalan harus memiliki fungsi terkait. Sebuah pengecekan yang baik untuk menemukan fungsi "tersembunyi" adalah untuk mencocokkan semua kemungkinan kegagalan dengan fungsi yang tepat. Secara

umum, Mode Kegagalan proses dapat dikategorikan sebagai berikut: Manufacturing: Dimensi (keluar dari toleransi), surface finish, Assembly: Relational, bagian yang hilang, missoriented, Receiving/Inspection: Menerima bagian pembelian yang buruk, menolak part yang baik saat diterima dan Testing/Inspeksi: Terima bagian yang buruk, menolak bagian yang baik.

Kerugian/Bahaya (*Severity*) adalah peringkat yang berhubungan dengan efek paling serius dari kolom sebelumnya. Severity adalah peringkat relatif, dalam lingkup individu FMEA. Penurunan indeks keparahan peringkat dapat dilakukan melalui perubahan desain sistem, sub-sistem atau komponen, atau desain ulang proses. Penilaian berat ringannya kerugian karena "Failure effect Severity" terbesar dari: Failure effect pelanggan akhir dan Failure effect proses berikutnya. Severity hanya diaplikasikan terhadap efek saja (Tsai et al., 2017).

Penurunan indeks ranking hanya efektif melalui perubahan desain. Perkiraan severity berada pada skala 1 sampai 10. Penyebab/Mekanisme Kegagalan Potensial (*Potential Cause(s)/Mechanism(s) of Failure*) Dalam pembuatan FMEA, penentuan semua penyebab potensial dari kegagalan merupakan kunci untuk analisis berikutnya. Meskipun beragam teknik (seperti pengumpulan pendapat) dapat digunakan untuk menentukan penyebab potensial dari kegagalan (Hetharia, 2009). Penyebab Kegagalan Potensial didefinisikan sebagai bagaimana kegagalan bisa terjadi, dijelaskan dalam hal sesuatu yang dapat diperbaiki atau dapat dikendalikan.

Penyebab kegagalan khas mungkin termasuk, namun tidak terbatas pada torsi yang tidak baik - lebih, di bawah, tidak cukup talang/ventilasi, las-an tidak baik, saat ini, waktu, tekanan / gasing akurat, perlakuan panas yang tidak baik, tidak memadai atau tidak ada pelumasan, setup mesin yang tidak benar, program yang tidak tepat dan hal lainnya. Contoh kegagalan mekanisme tipikal sebagai berikut: meleleh, kaku, material tidak stabil, berkarat.

Tingkat Kejadian (*Occurance*) adalah kemungkinan bahwa Penyebab/Mekanisme spesifik (tercantum dalam Kolom sebelumnya) akan terjadi. Kemungkinan terjadinya nomor peringkat memiliki arti relatif daripada nilai absolut. Mencegah atau mengendalikan Penyebab / Mekanisme dari Mode Kegagalan melalui perubahan desain atau proses adalah satu-satunya cara pengurangan peringkat Kejadian (*Occurance*) yang dapat dilakukan. Jumlah peringkat Kejadian (*Occurance*) adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA dan

mungkin tidak mencerminkan kemungkinan sebenarnya Kejadian (*Occurance*).

Proses Pengendalian (*Process Controls*) adalah deskripsi dari kontrol yang sedapat mungkin baik mencegah Mode Kegagalan / Penyebab dari terjadinya atau mendeteksi Mode Kegagalan atau Penyebab itu harus terjadi. Kontrol ini bisa proses kontrol seperti kesalahan/kesalahan pemeriksaan atau proses Statistik Control (*SPC*), atau bisa juga evaluasi pasca-proses. Evaluasi itu dapat terjadi pada subjek operasi atau operasi berikutnya.

Ada dua jenis kontrol proses/fitur yang perlu dipertimbangkan, yaitu: Pencegahan (*Prevention*): dan Deteksi (*Detection*). Pencegahan (*Prevention*) adalah mencegah Penyebab/Mekanisme atau Mode Kegagalan / Efek dari terjadi atau mengurangi tingkat Kejadian (*Occurrence*). Sedangkan Deteksi (*Detection*) adalah mendeteksi Penyebab / Mekanisme dan mengarahkan pada tindakan korektif. Deteksi (*Detection*) adalah angka yang diasosiasikan sebagai kendali deteksi terbaik yang tertera pada kolom kontrol proses. Deteksi adalah sebuah peringkat relatif, dalam lingkup FMEA individu. Dalam tujuan untuk mencapai peringkat terendah, biasanya kontrol proses terencana harus dikembangkan.

Angka Prioritas Risiko (*Risk Priority Number*) resiko merupakan hasil dari perkalian dari nilai *severity*, *occurance* dan nilai tingkat deteksi ($RPN = S \times O \times D$). Makin tinggi nilai RPN, makin tinggi kebutuhan untuk mengambil suatu tindakan. Perhitungan ini untuk mencapai tujuan dari FMEA adalah untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan yang diketahui dan berpotensi untuk itu asumsi dibuat bahwa setiap kegagalan mempunyai prioritas yang berbeda. FMEA juga mempertimbangkan kemungkinan gagal yang terjadi di awal seperti instalasi yang tidak sesuai, pemanasan awal yang kurang, setting awal yang tidak sesuai, human error dll. Juga kemungkinan terjadinya kegagalan di akhir seperti: Korosi, keausan pahat/tooling dan umur desain yang pendek.

Pada prinsipnya tidak ada standar yang baku kapan *recommended action* dilakukan, tetapi sebagai petunjuk umum *recommended action* dilakukan berdasarkan: Prioritas, berdasarkan nilai RPN yang tertinggi, apabila ada 2 RPN yang sama, prioritas utama diberikan kepada item yang mempunyai nilai *severity* yang lebih tinggi, perhatian lebih dilakukan apabila keseriusan dari efek kegagalan tinggi (*severity*). Selain itu, apabila nilai frekuensi kegagalan (*occurrence*) tinggi. Maka biaya produksi meningkat dikarenakan banyak terjadi defect, ketidakmampuan dalam mendeteksi kegagalan

(*detection*) dapat berakibat pada ketidakpuasan customer. Customer kemungkinan bisa menerima barang defect akibat lolos dari pengecekan.

Terdapat petunjuk dalam menentukan batasan nilai RPN untuk *recommended action*. Untuk item kritikal, apabila 99% dari semua kegagalan harus dianalisa. Skala rating 1-10, maksimum RPN = 1000 ($10 \times 10 \times 10$ dari nilai *occurance*, *detection* dan *severity*). 99% dari 1000 adalah 990, maka batasan RPN = 1000-990 = 10. Jadi untuk 99% confidence level batasan RPN adalah 10. Nilai diatas 10 harus dilakukan *corrective action*. Tindakan yang disarankan adalah untuk mengurangi peringkat, dalam urutan preferensi berikut:

Dalam praktek umum saat *Severity* adalah 9 atau 10, perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa risiko diturunkan melalui desain yang adatindekan / kontrol atau proses pencegahan / tindakan korektif (s), terlepas dari RPN. Dalam semua kasus di mana pengaruh potensi Failure Mode diidentifikasi bisa menjadi bahaya untuk personel manufaktur / perakitan, pencegahan / tindakan korektif harus diambil untuk menghindari Mode Kegagalan menghilangkan atau mengendalikan Penyebab (s), atau perlindungan Operator yang tepat harus ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data dilakukan berdasarkan *brainstorming*, grup diskusi, catatan laporan kegagalan produk dan rekomendasi dari Departmen Research and Design (R&D) record yang melibatkan hampir seluruh Engineer dan pimpinan Departemen dalam PT JLC dalam menetapkan enam fungsi utama dalam proses insulasi produk AW sebagaimana tercantum pada Tabel 1. Kolom 1 yaitu; 1) Diameter dan ketebalan insulasi, 2) Kuat tarikan dan pemulusan insulasi, 3) Warna, 4) Marking, 5) Tampilan Permukaan, 6) Kemasan gulungan

Berdasarkan Tabel 1, tampak bahwa ada 6 fungsi utama (*Process Function Requirement*) pada proses insulation produk AW (*Automotive Wire*) yang menjadi target pemenuhan kualitas disertai kolom dua yang merupakan 10 potensi kemungkinan jenis kegagalan (*Potensial Failure Mode*) serta dikolom tiga dicantumkan 10 potensi akibat yang akan ditimbulkan (*Potensial Effect(s) of Failure*). FMEA akan memberikan skor (1-10) dengan bobot yang sama pada 6 fungsi utama dalam Proses Insulasi di Tabel 1 yang memiliki 10 potensi kegagalan proses dan 10 potensi akibat seriusnya melalui tiga aspek $S=Severity$, $O=Occurrence$, $D=Deetection$.

Tabel 1. Potential Failure Mode

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure
Insulation:	Diameter > atau < standar	Kabel tidak dapat di-crimping
- Diameter sesuai standar	Ketebalan insulation (rata-rata / sembarang titik) < standar	Tahanan insulation; TS & EL rendah
- Ketebalan insulation (nom./sembarang titik) sesuai standar	Kuat tarik / Tensile Strength & Pemuluran / Elongation < standar	Penurunan life cycle kabel
- Kuat tarik & pemuluran insulation sesuai standar	Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	Membingungkan pada saat aplikasi / instalasi
- Warna insulation sesuai standar	Marking tercetak tidak jelas	Kesulitan pada saat identifikasi; kesalahan aplikasi / instalasi
- Penandaan / marking kabel sesuai standar	Salah cetak marking	Kesalahan aplikasi / instalasi & miss function
- Surface halus dan bebas dari defect lainnya	Insulation mengkerut	Konduktor kabel terbuka
- Gulungan / kemasan kable baik; rapi sesuai standar	Permukaan insulation kasar	Ditolak Customer pada saat incoming product
	Lump pada surface insulation	Bermasalah pada proses crimping
	Gulungan / kemasan kabel tidak rapi	Ditolak Customer pada saat incoming product

Tabel 2. Potential Failure Mode dengan Severity

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev.
Insulation:	Diameter > atau < standar	Kabel tidak dapat di-crimping	8
- Diameter sesuai standar	Ketebalan insulation (nom./sembarang titik) sesuai standar	Tahanan insulation; TS & EL rendah	8
- Ketebalan insulation (nom./sembarang titik) sesuai standar	Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/Elongation< standar	Penurunan life cycle kabel	6
- Kuat tarik & pemuluran insulation sesuai standar	Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	Membingungkan pada saat aplikasi/ instalasi	8
- Warna insulation sesuai standar	Marking tercetak tidak jelas	Kesulitan pada saat identifikasi; kesalahan aplikasi/ instalasi	8
- Penandaan/marking kabel sesuai standar	Salah cetak marking	Kesalahan aplikasi/ instalasi & miss function	8
- Surface halus dan bebas dari defect lainnya	Insulation mengkerut	Konduktor kabel terbuka	6
- Gulungan/kemasan kabel baik; rapi sesuai standar	Permukaan insulation kasar	Ditolak Customer pada saat incoming produk	5
	Lump pada surface insulation	Bermasalah pada proses crimping	6
	Gulungan/keemasan kabel tidak rapi	Ditolak Customer pada saat incoming produk	4

Tabel 2 menunjukkan hasil pemberian skor dalam aspek S= Severity untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya dari enam fungsi utama insulasi berdasarkan kesepakatan lintas departemen, rekomendasi R & D pusat, masukan pelanggan dan standar kualitas produk lain yang similiar.

Pada Tabel 2 dalam range skor 1-10 didapatkan Nilai severity tertinggi (nilai 8) pada fungsi ketebalan, kuat tarikan dan warna. Sedangkan nilai terkecil (nilai 4) jatuh pada fungsi kemasan gulungan. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.

Langkah selanjutnya adalah penilaian dalam aspek O=Occurence. Pada Tabel 3. menunjukkan hasil pemberian skor dalam aspek O= Occurence untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya dari enam fungsi utama insulasi berdasarkan pertimbangan yang sama dengan pemberian nilai Severity .

Pada Tabel 3, dalam range skor 1-10 didapatkan Nilai Occurence tertinggi (nilai 5) pada fungsi warna, marking dan permukaan. Sedangkan nilai terkecil (nilai 2) jatuh pada fungsi permukaan dengan potensi kegagalan berupa pngerutan dan kemasan gulungan. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.

Tabel 3. Potential Failure Mode dengan Occurrence

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Occ
Insulation: - Diameter sesuai standar - Ketebalan insulation (nom./sembarang titik) sesuai standar - Kuat tarik & pemulusan insulation sesuai standar - Warna insulation sesuai standar - Penandaan/marki ng kabel sesuai standar - Surface halus dan bebas dari defect lainnya - Gulungan/kemasan kabel baik; rapi sesuai standar	Diameter > atau < standar	Kabel tidak dapat di-crimping	3
	Ketebalan insulation (rata-rata/sembarang titik) < standar	Tahanan insulation; TS & EL rendah	3
	Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/ Elongation < standar	Penurunan life cycle kabel	4
	Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	Membingungkan pada saat aplikasi/ instalasi	5
	Marking tercetak tidak jelas	Kesulitan pada saat identifikasi; kesalahan aplikasi/ instalasi	5
	Salah cetak marking	Kesalahan aplikasi/ instalasi & miss function	3
	Insulation mengkerut	Konduktor kabel terbuka	2
	Permukaan insulation kasar	Ditolak Customer pada saat incoming produk	5
	Lump pada Surface insulation	Bermasalah pada proses crimping	4
	Gulungan/kemasan kabel tidak rapi	Ditolak Customer pada saat incoming produk	2

Tabel 4 adalah penilaian dalam aspek D=Detection yang menunjukkan pemberian skor untuk masing-masing potensi kegagalan proses dan potensi akibatnya. Pada Tabel 4, di atas dalam range skor 1-10 didapatkan Nilai Detection tertinggi (nilai 6) pada fungsi permukaan isolasi dengan potensi kegagalan berupa pengerutan.

Tabel 4. Potential Failure Mode dengan Detection

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Det.
Insulation: - Diameter sesuai standar - Ketebalan insulation (nom./sembarang titik) sesuai standar - Kuat tarik & pemulusan insulation sesuai standar - Warna insulation sesuai standar - Penandaan/marki ng kabel sesuai standar - Surface halus dan bebas dari defect lainnya - Gulungan/kemasan kabel baik; rapi sesuai standar	Diameter > atau < standar	Kabel tidak dapat di-crimping	4
	Ketebalan insulation (rata-rata/sembarang titik) < standar	Tahanan insulation; TS & EL rendah	3
	Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/ Elongation < standar	Penurunan life cycle kabel	4
	Warna terlalu muda / terlalu tua Daripada standar	Membingungkan pada saat aplikasi/ instalasi	5
	Marking tercetak tidak jelas	Kesulitan pada saat identifikasi; kesalahan aplikasi/ instalasi	4
	Salah cetak marking	Kesalahan aplikasi/ instalasi & miss function	3
	Insulation mengkerut	Konduktor kabel terbuka	6
	Permukaan insulation kasar	Ditolak Customer pada saat incoming produk	5
	Lump pada surface insulation	Bermasalah pada proses crimping	6
	Gulungan/kemasan kabel tidak rapi	Ditolak Customer pada saat incoming produk	3

Sedangkan nilai terkecil (nilai 3) jatuh pada fungsi ketebalan, salah cetak dan kemasan gulungan. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.

Tabel 5 merupakan hasil penggabungan penilaian *Severity*, *Occurence* dan *Detection* ditempatkan secara bersama sama. pada Tabel 6 hasil penilaian S, O dan D dikalikan (SxOxD).

Tabel 5. Potential Failure Mode dengan Severity, Occurrence dan Detection

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Occurrence	Detection
Insulation:					
- Diameter sesuai standar	Diameter > atau < standar	Kabel tidak Dapat di-crimping	8	3	4
- Ketebalan insulation (nom./sem barang titik) sesuai standar	Ketebalan insulation (rata-rata./sembarang titik) < standar	Tahanan insulation; TS & EL rendah	8	3	3
- Kuat tarik & pemulusan insulation sesuai standar	Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/ Elongation< standar	Penurunan life cycle kabel	6	4	4
- Warna insulation sesuai standar	Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	Membingungkan pada saat aplikasi/ instalasi	8	5	5
- Penandaan /marking kabel sesuai standar	Marking tercetak tidak jelas	Kesulitan Pada saat identifikasi; kesalahan aplikasi/ instalasi	8	5	4
- Surface halus dan bebas dari defect lainnya	Salah cetak marking	Kesalahan aplikasi/ instalasi & miss function	8	3	3
- Gulungan/kemasan kabel baik; rapi sesuai standar	Insulation mengerut	Konduktor kabel terbuka	6	2	6
	Permukaan insulation kasar	Ditolak Customer pada saat incoming produk	5	5	5
	Lump pada surface insulation	Bermasalah pada proses crimping	6	3	6
	Gulungan/kemasan kabel tidak rapi	Ditolak Customer pada saat incoming produk	4	2	3

Pada Tabel 6, hasil perkalian SxOxD diurut berdasarkan rangking dari urutan terbesar sampai yang terkecil sehingga didapatkan tiga daftar potensi kegagalan terbesar yaitu Warna tidak sesuai (200), Marking salah cetak (160) dan permukaan insulasi kasar (125). Sedangkan tiga daftar potensi kegagalan dengan nilai terkecil yaitu gulungan tidak rapih (24), insulasi mengerut, ketebalan dan salah cetak (72)

Tabel 6. List RPN

Potential Failure Mode	Sev.	Occ.	Det.	RPN
Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	8	5	5	200
Marking tercetak tidak jelas	8	5	4	160
Permukaan insulation kasar	5	5	5	125
Lump pada surface insulation	6	3	6	108
Diameter < / > standar	8	3	4	96
Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/Elongation < standar	6	4	4	96
Salah cetak marking	8	3	3	72
Ketebalan insulation (rata-rata)/(sembarang titik) < standar	8	3	3	72
Insulation mengerut	6	2	6	72
Gulungan/kemasan kabel tidak rapi	4	2	3	24

Tabel 7. List RPN Kumulatif

No.	Potential Failure Mode	RPN	RPN Kum.	RPN Total (%)	RPN Kum (%)
1	Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar	200	200	20	20
2	Marking tercetak tidak jelas	160	360	16	35
3	Permukaan insulation kasar	125	485	12	47
4	Lump pada surface insulation	108	593	11	58
5	Diameter < / > standar	96	689	9	67
6	Kuat tarik/Tensile Strength & Pemuluran/Elongation < standar	96	785	9	77
7	Salah cetak marking	72	857	7	84
8	Ketebalan insulation (rata-rata)/(sembarang titik) < standar	72	929	7	91
9	Insulation mengerut	72	1001	7	98
10	Gulungan/kemasan kabel tidak rapi	24	1025	2	100
	Total	1025	100		

Tabel 7, menampilkan pengolahan data yang mengolah peringkat rangking tingkat resiko kegagalan dengan memberikan kolom penilaian proporsi persentasi masing-masing nilai potensi kegagalan terhadap jumlah total skor secara

keseluruhan kemudian diakumulasikan baik dari jumlah nilainya maupun persentasinya.

Hasil pengolahan data pada Tabel 7 maka dibuatlah Grafik Pareto sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 2. yang menunjukkan secara visual urutan potensi kegagalan proses insulasi dari nilai terbesar sampai dengan nilai yang terkecil. Informasi ini dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam memutuskan prioritas resiko yang harus diatasi secara efektif.

Salah satu tools yang dapat membantu dalam proses analisis penyebab potensi kegagalan di FMEA adalah dengan diagram Ishikawa atau "Fishbone" (Ishikawa, 1998). Proses investigasi terhadap penyebab potensial kegagalan dilakukan berdasarkan urutan ranking atau daftar prioritas (Nurkertamanda dan Wulandari, 2009). Urutan prioritas resiko seperti ditampilkan diagram pareto Gambar 2.

Penentuan kemungkinan penyebab potensi kegagalan produk diangkat dari kesepakatan diskusi mendalam dengan lintas departemen seperti (QA, Marketing, Engineering, R&D dan lain-lain). Selain Fishbone digunakan juga alat-alat problem solving seperti Brainstorming, why why analysis, QC Seventool dan lain-lain.

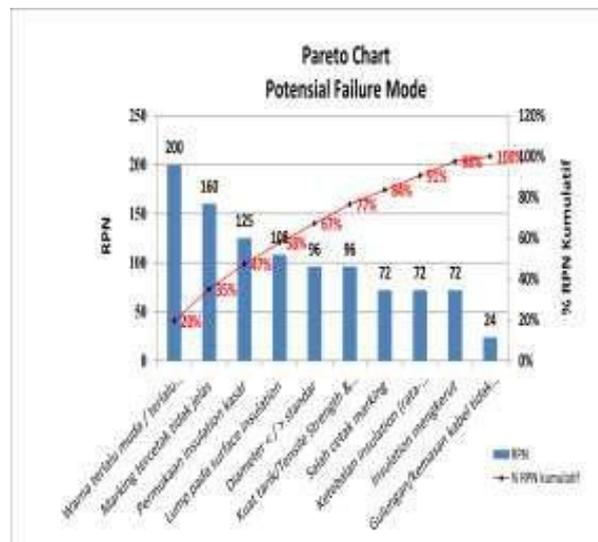
Prioritas utama dalam menentukan masalah potensi kegagalan pada proses insulasi produk AW yang dipilih berdasarkan Data Grafik Pareto. Dua masalah terbesar yang jadi prioritas adalah Warna yang tidak sesuai (skor 200) dan Marking yang tercetak tidak jelas (skor 160). Inilah dua masalah utama yang berpotensi menjadi kegalan proses insulasi produk AW sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 3. diperlihatkan berbagai kemungkinan penyebab potensi kegagalan proses insulasi pada masalah ketidaksesuaian warna. Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar, pada Fishbone Diagram di Gambar 3. ditunjukkan bahwa dari berbagai penyebab ditetapkan penyebab dominan berupa kualitas material dalam proses insulasi, yaitu material plastik jenis PVC. Compound yang buruk menyebabkan ketidakstabilan komposisi warna, sehingga pada saat proses ekstrusi kabel, warna cenderung berubah-ubah (kadang terlalu muda atau tua dari standar yang telah ditetapkan), walaupun parameter setting telah sesuai dengan standar yang ada.

Recommended Action: Dilakukan penggantian PVC Compound baru yang

memiliki tingkat kestabilan tinggi atau mencari sumber alternative supplier lain yang kualitas PVC Compoundnya jauh lebih tinggi lagi.

Potensial Cause/ Mechanism of Failure: Kualitas PVC Compound yang tidak stabil.



Gambar 2. Pareto Chart Potential Failure Mode

Marking tercetak tidak jelas

RPN: 160

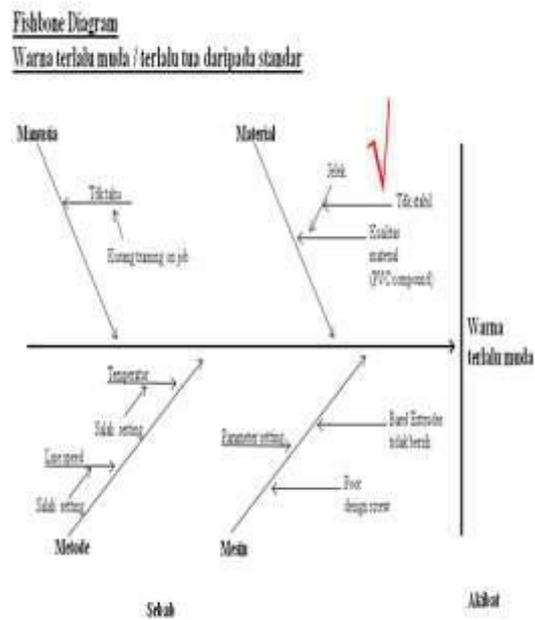
Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar

RPN: 200

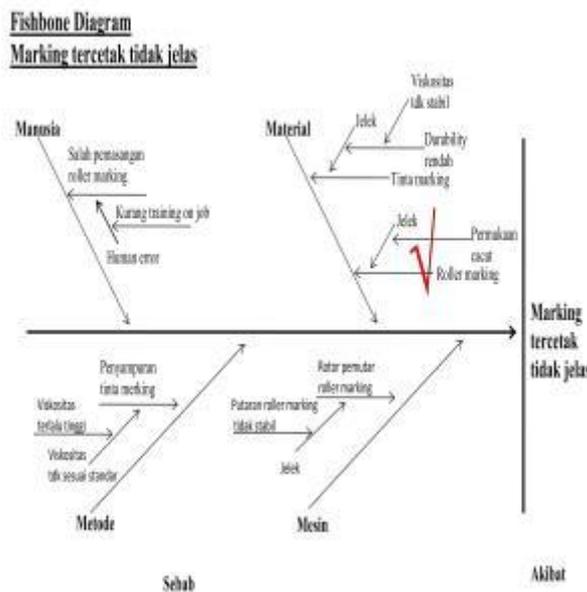
Pada Gambar 4. Di atas diperlihatkan berbagai kemungkinan penyebab potensi kegagalan proses insulasi pada masalah ketidakjelasan Marking. Pada Fishbone Diagram di Gambar 4. ditunjukkan bahwa dari berbagai penyebab ditetapkan penyebab dominan berupa kondisi roller marking yang jelek, yaitu permukaannya telah cacat yang mengakibatkan marking tercetak pada insulation kabel menjadi tidak jelas.

Recommended Action: Dilakukan penggantian roller marking baru yang lebih bagus kualitas bahannya.

Potensial Cause/ Mechanism of Failure: Roller marking jelek/permukaannya telah mengalami kecacatan/aus.



Gambar 3. Fishbone Diagram Warna Terlalu Muda / Terlalu Tua daripada Standar



Gambar 4. Fishbone Diagram Marking Tercetak tidak Jelas

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan. Pertama, terdapat beberapa jenis kegagalan potensial pada *Automotive Wires* adalah sebagai berikut: warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar, marking tercetak tidak jelas, permukaan insulation kasar, lump pada *surface insulation*, kuat Tarik / *Tensile Strength* & Pemuluran / *Elongation* < standar, diameter < / > standar, salah cetak marking, insulation mengkerut,

ketebalan insulation (rata-rata)/(sembarang titik) < standar standar, gulungan/kemasan kabel tidak rapi. Selain itu, berdasarkan data yang ada disimpulkan bahwa pada potential Failure Mode “Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar”, memiliki nilai RPN tertinggi pertama dibandingkan lainnya, yaitu 200. Kemudian pada “Marking tercetak tidak jelas” memiliki nilai RPN tertinggi kedua, yaitu 150. Hal itu artinya perlu mendapat perhatian serius untuk prioritas utama perbaikan. RPN terendah diduduki oleh kegagalan “Gulungan/kemasan kabel tidak rapi”

dengan nilai RPN 24. Namun, meskipun nilai RPN-nya terendah, perbaikan system tetap perlu dilakukan, walaupun pelaksanaannya tentunya mengikuti urutan sesuai Pareto Chart Potential Failure Mode di atas. Terakhir, proses kontrol yang mampu mencegah terjadinya kegagalan telah dilakukan oleh bagian Engineering dan Produksi, namun masih perlu dilakukan monitoring keefektivannya.

REFERENSI

- Bertsche B. *FMEA – Failure Mode and Effects Analysis*. In: *Reliability in Automotive and Mechanical Engineering*. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg. 2008. https://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-34282-3_4
- Ford Motor Company, *FMEA Handbook Version 4.1*. Ford Design Institute. 2004.
- Gygi, C., DeCarlo, N. dan Williams, B. *Six Sigma for Dummies*. Canada: Wiley Publishing, Inc. 2005.
- Hetharia, D. Penerapan Fuzzy Analytic Hierachy Process dalam Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis untuk Mengidentifikasi Penyebab Kegagalan Potensial pada Proses Produksi. *J@TI Undip Jurnal Teknik Industri*. 2009; 4 (2): 91-98. <http://dx.doi.org/10.12777/jati.4.2.91-98>
- Hidayat, I. dan Pratiwi, S. E. Analisa Faktor Penyebab Kegagalan Mesin Grinder Pada Proses Produksi Plastic Film Di PT. Mutiara Hexagon. *SINERGI*. 2013; 17 (3): 255-261.
- Ishikawa, K. *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*. Penerbit Mediyatama Sarana Perkasa. 1998.
- Kholil, M. dan Rimawan, E. Analisis Kegagalan Desain Komponen Element Cover (ELCO) Oil Filter dengan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) di PT. Selamat Sempurna Tbk. 2004: 35-46
- Kmenta. S. dan Ishii, K. ScenarioBased FMEA: A Life Cycle Cost Perspective. *ASME Design Engineering Technical Conferences*, RSAFP-14478. 2000.
- Nurkertamanda, D., dan Wulandari, F.T. (2009). *Jurnal. Analisa Moda dan Efek Kegagalan (Failure Mode and Effects Analysis / FMEA) pada Produk Kursi Lipat Chitose Yamato Haa*. Vol IV, No.1, 49-64
- Pickard, K., Muller, P. and Bersche, B. Multiple failure mode and effects analysis - an approach to risk assessment of multiple failures with FMEA, *Annual Reliability and Maintainability Symposium*. 2005: 457-462. <http://dx.doi.org/10.1109/RAMS.2005.1408405>
- Puspita Sari, D., Fanani Rosada, Z., Zaenal, Rahmadhani, N. Analisa Penyebab Kegagalan Produk Woven Bag dengan Menggunakan Metode Failue Mode and Effects Analysis (Studi Kasus di PT Indomaju Textindo Kudus). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Ke-2*. 2011: C6-C11
- Puspitasari, N.B. dan Martanto, A. Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) Studi Kasus PT. Asuputex Jaya Tegal. *J@TI Undip Jurnal Teknik Industri* 2014; 9 (2): 93-98. <http://dx.doi.org/10.12777/jati.9.2.93-98>
- Stamatis, D.H. *Six Sigma and Beyond: Foundations of Excellent Performance*. Vol 1. 1st Edition. St Lucie Press. Florida. 2003.
- Stamatis, D.H., *Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution*. Wisconsin: ASQC Quality Press. 1995.
- Syukron, A., dan Kholil M. *Six Sigma: Quality for Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2013
- Wijanarko, Y., Productvity Quality Management, Newsletter 02/04, hal 4, www.PQM.com.