

PENERAPAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *EXPERT SYSTEM (SISTEM PAKAR)*

Nurlailah Badariah^{1*}, Dedy Sugiarto², Chani Anugerah³

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta 11440, Indonesia

*E-mail : nurlailahms@gmail.com,

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis kegagalan yang sering terjadi pada produk *Link PC 400 Strong R*, penyebab terjadinya kegagalan proses tersebut, jenis efek yang ditimbulkan akibat kegagalan proses, dan kontrol yang dilakukan perusahaan dalam menangani kegagalan proses yang terjadi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Expert System*. Dari hasil penelitian menggunakan metode FMEA diketahui yang memiliki nilai RPN tertinggi terdapat pada proses IQT dengan jenis kegagalan berupa *case depth* dan nilai RPN sebesar 448. Berdasarkan hal tersebut peneliti membuat *Fishbone* diagram untuk menentukan akar penyebab dari jenis kegagalan berupa *case depth*. Hasil dari tabel FMEA ini digunakan untuk merancang *Expert System*. Perancangan *Expert System* dalam penelitian ini menggunakan *software* PHP dan MySQL. Pada sistem pakar ini akan diajukan beberapa pertanyaan. Setelah semua pertanyaan terjawab, maka akan muncul upaya penanggulangan agar kegagalan pada proses tidak terjadi lagi.

Kata kunci : *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*, RPN, *Fishbone Diagram*, *Expert System*, *Forward Chaining*, PHP dan MySQL

ABSTRACT

This study was conducted to identify the types of failures that often occur in products Link PC 400 Strong R, the cause of the failure of the process, the types of effects caused by the failure of the process, and control of the company in dealing with the failure of the process. The method used in this study is a Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Expert System. From the results of research using FMEA method known which have the highest RPN value contained in the IQT process with this type of failure in the form of case depth and RPN value is 448. Based on that, researchers made a fishbone diagram to determine the root cause of this type of failure in the form of case depth. Results of FMEA table is used to design expert systems. The design of expert systems in this study using PHP and MySQL software. This expert system will be submitted several questions. After all the questions are answered, it would appear that the response to the failure of the process does not happen again.

Keywords: *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*, RPN, *Fishbone Diagram*, *Expert System*, *Forward Chaining*, PHP dan MySQL

PENDAHULUAN

Dalam upaya mempertahankan eksistensi dan mengembangkan usaha di tengah persaingan yang semakin ketat, setiap perusahaan harus memperhatikan kualitas produk yang dihasilkannya. Kualitas produk ditentukan oleh keinginan pelanggan. Kualitas didefinisikan sebagai keseluruhan ciri serta

sifat barang dan jasa yang berpengaruh pada kemampuan memenuhi kebutuhan yang dinyatakan maupun yang tersirat (Kotler, 2009).

Seperti perusahaan manufaktur pada umumnya, PT. KUI masih dihadapkan dengan permasalahan kualitas dari produk *Link PC 400 Strong R* yang dihasilkan berupa

komponen pembentuk *Undercarriage* alat berat yaitu *Bulldozer* dan *Excavator*. Sebelum produk diserahkan kepada konsumen, bagian *Quality Control* akan memeriksa kualitas produknya disetiap proses. Mulai dari *Incoming inspection* sampai *final inspection*. Dari hasil pemeriksaan kualitas oleh bagian *Quality Control* diketahui bahwa terjadi kecacatan pada proses *Induction Quenching Tempering (IQT)* seperti *Kizu*, *Coil Touch*, *HRC Low*, *ML Scratch* dan *Case Depth*. Jenis kecacatan *case depth* adalah jenis kecacatan tertinggi diantara jenis kecacatan lainnya. Produk cacat ini akan di-*repair*. Kondisi ini sangat merugikan perusahaan karena biaya produksi akan meningkat. Jika biaya produksi meningkat maka harga jual juga meningkat, sehingga daya saing produk berkurang.

Upaya untuk memperbaiki kualitas produk *Link PC 400 Strong R* dapat dilakukan dengan menggunakan metode FMEA, yang diharapkan dapat mengidentifikasi kegagalan proses produksi yang sering terjadi. Langkah-langkah dalam menerapkan metode FMEA adalah mengidentifikasi jenis kegagalan proses yang terjadi, jenis penyebab kegagalan, jenis efek yang ditimbulkan, kontrol yang dilakukan. Selanjutnya memberikan usulan penanggulangannya sehingga tidak terjadi lagi kegagalan proses pada proses produksi produk *Link PC 400 Strong R*.

Permasalahan lain yang terjadi adalah keterlambatan pengambilan keputusan dalam menanggulangi kegagalan proses yang terjadi. Hal ini disebabkan para operator seringkali menunggu kehadiran para manajer dalam mengidentifikasi kegagalan proses yang terjadi sehingga banyak waktu yang terbuang. Oleh karena itu, penggunaan *Expert System* atau sistem pakar diharapkan dapat memberikan penanggulangan masalah secara tepat dan cepat tanpa harus berkonsultasi secara langsung dengan para manajer atau para pakar.

METODE

Kualitas

Dalam (Chen, 1993), Ishikawa menjelaskan bahwa sejak tahun 1980 kualitas telah menjadi salah satu dimensi persaingan yang sangat penting sampai saat ini. Pada pertengahan tahun 1990 kualitas telah menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi untuk dapat bertahan dalam persaingan. Perusahaan yang

tidak mampu bertahan dalam situasi ini, maka harus berhenti dalam persaingan. Hal ini didukung dengan penerapan kualitas produk atau jasa secara berkesinambungan. Kualitas dapat diartikan sebagai karakteristik sebuah produk atau jasa yang didesain untuk kebutuhan tertentu pada kondisi tertentu.

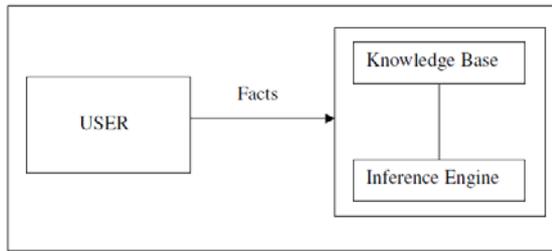
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (Casadai, 2007). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain, kondisi di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan atau perubahan pada produk yang menyebabkan terganggunya fungsi fungsi dari produk tersebut. Melalui menghilangnya mode kegagalan, diman FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk dan pelayanan sehingga meningkatkan kepuasan konsumen akan produk atau pelayanan tersebut. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, efek yang ditimbulkan pada operasi dari produk dan mengidentifikasi aksi untuk mengatasi masalah tersebut.

Expert System (Sistem Pakar)

Sistem pakar adalah salah satu cabang dari *Artificial Intelligence (AI)* yang membuat penggunaan secara luas *knowledge* yang khusus untuk penyelesaian masalah tingkat manusia yang pakar. Seorang pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu, yaitu pakar yang mempunyai *knowledge* atau kemampuan khusus yang orang lain tidak mengetahui atau mampu dalam bidang yang dimilikinya.

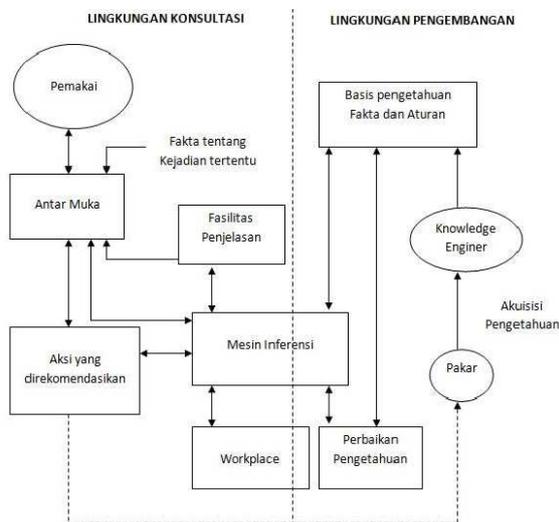
Gambar 1. menggambarkan konsep dasar suatu *knowledge base* dari sebuah sistem pakar. Pengguna menyampaikan fakta atau informasi untuk sistem pakar dan kemudian menerima saran dari pakar atau jawaban ahlinya. Bagian dalam sistem pakar terdiri dari 2 komponen utama, yaitu *knowledge base* dan mesin inferensi yang menggambarkan kesimpulan. Kesimpulan tersebut merupakan respons dari sistem pakar atas permintaan pengguna.



Gambar 1. Konsep Dasar Fungsi Sistem Pakar

Arsitektur Sistem Pakar

Sistem pakar disusun oleh dua bagian utama, yaitu lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Komponen-komponen sistem pakar dalam dua bagian tersebut ada pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



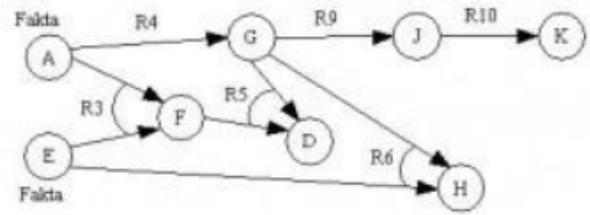
Gambar 2. Arsitektur Sistem Pakar

Inferensi Berbasis Aturan

Aturan diekspresikan dalam bentuk kondisi IF-THEN. IF adalah kondisi yang telah ada, THEN adalah aksi atau tanggapan lain yang akan timbul. Aturan IF-THEN lebih dekat dengan cara manusia memecahkan masalahnya sehari-hari, daripada program yang menyatakan pengetahuannya dalam kode komputer tingkat rendah (*low level*). Terdapat dua pendekatan dalam menyusun mekanisme inferensi berbasis aturan, yaitu :

1. Forward Chaining

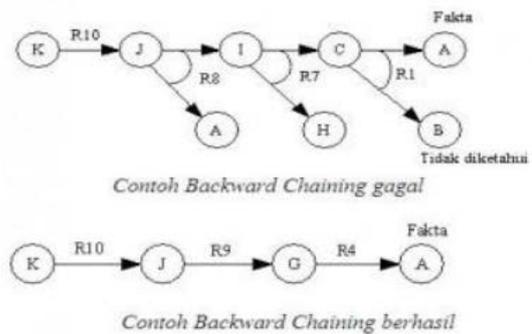
Forward chaining merupakan metode inferensi yang melakukan penalaran dari suatu masalah kepada solusinya. Jika *klausula premis* sesuai dengan situasi (bernilai *TRUE*), maka proses akan menyatakan *konklusi*.



Gambar 3. Forward Chaining

2. Backward Chaining

Proses ini dimulai dari pencarian solusi dari kesimpulan kemudian menelusuri fakta-fakta yang ada hingga menemukan solusi yang sesuai dengan fakta-fakta yang diberikan oleh *user*. *Backward chaining* merupakan proses penalaran dengan pendekatan *goal_driven*. Pendekatan *goal_driven* memulai titik pendekatannya dari *goal* yang akan dicari nilainya kemudian bergerak untuk mencari informasi yang mendukung *goal* tersebut.



Gambar 4. Backward Chaining

MySQL

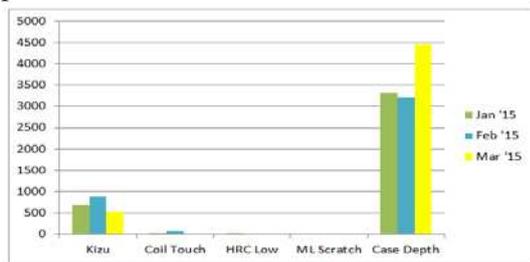
MySQL dipublikasikan sejak tahun 1996, tetapi sebenarnya dikembangkan sejak tahun 1979. MySQL telah memenangkan penghargaan *Linux Journal Reader's Choice Award* selama tiga tahun. MySQL dilepaskan dengan suatu lisensi *open-source* dan tersedia secara cuma-cuma. MySQL adalah *software* yang termasuk dalam sistem manajemen basis data SQL (*Database Management System*) atau dikenal juga dengan DBMS yang *multithread* dan *multi-user*. MySQL merupakan turunan dari salah satu konsep utama dalam *database* yang ada sejak lama, yaitu SQL (*Structured Query Language*).

SQL adalah sebuah konsep pengoperasian *database* terutama untuk pemilihan, seleksi dan pemasukan data. Dan

dengan itu memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis. Keandalan suatu sistem *database* (DBMS) dapat diketahui dari cara kerja optimizer-nya dalam menjalankan proses perintah-perintah SQL yang dibuat oleh *user* maupun program-program aplikasinya. Sebagai *database server*, MySQL dapat dikatakan lebih unggul dibandingkan *database server* lainnya dalam *query* data. Hal ini terbukti untuk *query* yang dilakukan oleh *single user*, kecepatan *query* MySQL bisa sepuluh kali lebih cepat dari PostgreSQL dan lima kali lebih cepat dibandingkan Interbase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, data historis yang digunakan adalah data jenis kecacatan yang terjadi pada proses *Induction Quenching Tempering* (IQT) dimulai dari bulan Januari 2015 sampai dengan bulan Maret 2015. Kemudian data jenis kecacatan tersebut terangkum dalam diagram yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Data Jenis Kecacatan pada Proses *Induction Quenching Tempering* (IQT)

Standarisasi yang ditetapkan perusahaan untuk *Hardness (HRC)* pada proses IQT adalah 14,5 mm (batas bawah) dan 16 mm (batas atas).

Pembuatan Tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Pembuatan tabel FMEA dimulai dari penentuan jenis kegagalan, efek dari kegagalan tersebut, penyebab dari kegagalan yang terjadi, kontrol yang akan dilakukan, dan upaya penanggulangannya. Nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* diperoleh dari hasil *brainstorming* dengan *Production Manager* dan *Inspection Manager*. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RPN yang diperoleh dari hasil perkalian nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. Tabel FMEA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. FMEA dengan Kelas Prioritas Penanganan Masalah

No	Jenis	Jenis Kegagalan pada Proses	Efek yang ditimbulkan dari Kegagalan pada Proses	S	Penyebab dari Kegagalan Proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	Upaya penanggulangan	RPN	Kelas
1	<i>Incoming Raw Material</i>	<i>Raw Material</i> tidak sesuai spesifikasi dan rusak	Terdapat bagian yang somplak, retak dan tergores	7	Inspeksi yang dilakukan pada <i>Raw Material</i> tidak ketat	3	Melakukan pengawasan pada <i>Raw Material</i>	4	Memperketat inspeksi pada <i>Raw Material</i>	84	E
2	<i>Cutting: Pemotongan Raw Material</i>	Hasil <i>Cutting</i> tidak rata dan panjang tidak sesuai standard	Produk tidak dapat masuk kedalam cetakan (<i>dies</i>)	4	Pisau potong yang digunakan tidak tajam	6	Segera mengganti pisau potong saat mendekati <i>life time</i>	4	Melakukan <i>preventive maintenance</i> secara berkala	96	E
3	<i>Heating: Perlakuan pemanasan Material</i>	Terjadi <i>overheat</i> (terlalu panas)	Produk mudah retak	8	<i>Setting</i> mesin tidak sesuai dengan standar yang ditentukan	4	Memperketat pengawasan operator dan <i>Setting</i> awal pada mesin tidak sesuai dengan standar	2	Meningkatkan interval pengecekan mesin <i>Heating</i>	64	E
4	<i>Hammer: Percetakan material</i>	<i>Ketsuniku</i> (kontur produk tidak sesuai standar)	Tidak dapat dilanjutkan pada proses berikutnya	7	Operator kurang melakukan pemukulan Material dari hasil <i>Heating</i> kurang panas	4 3	Melakukan pengawasan terhadap operator Dilakukan <i>re-heating</i>	2 2	Menentukan jumlah minimal pemukulan yang harus dilakukan Melakukan <i>setting</i> awal pada mesin <i>heating</i> sesuai	56 42	E E

Tabel 1. FMEA dengan Kelas Prioritas Penanganan Masalah (Lanjutan)

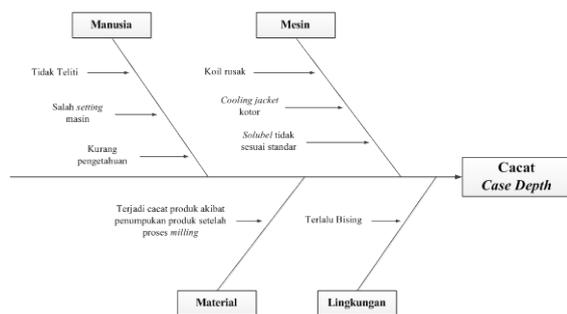
No	Jenis	Jenis Kegagalan pada Proses	Efek yang ditimbulkan dari Kegagalan pada Proses	S	Penyebab dari Kegagalan Proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	Upaya penanggulangan	RPN	Kelas
					Posisi penempatan material pada <i>dies</i> tidak tepat	4	Melakukan pengawasan terhadap operator	2	dengan standar Melakukan pengecekan pada posisi penempatan pada <i>dies</i>	56	E
5	<i>Trimming:</i> Pres produk dari hasil <i>Hammer</i>	<i>Nokizure</i> (Hasil produk <i>Trimming</i> tidak <i>center</i>)	Pemangkasan body tidak sempurna	8	<i>Setting dies trimming</i> mesin tidak sesuai dengan standar yang ditentukan	5	Menggati <i>dies trimming</i> saat mendekati <i>life time</i>	2	Melakukan <i>preventive maintenance</i> secara berkala	80	E
6	<i>Heat Treatment</i> perlakuan pemanasan produk	Kekerasan produk pada hasil HT terlalu rendah Produk hasil HT terlalu keras	Produk mudah berkarat Produk mudah retak	7 7	Kesalahan operator dalam <i>setting</i> mesin <i>Heat Treatment</i>	7	Memperketat pengawasan terhadap operator	6	Melakukan pengecekan sebelum mesin <i>on</i>	252	C
7	<i>Short Blazt:</i> proses menghilangkan kerak dari hasil proses HT	Produk hasil <i>Short Blazt</i> tidak bersih dan masih terdapat kerak	Produk cepat berkarat dan memerlukan waktu tambahan untuk SB ulang	2	Kelalaian operator dalam melakukan <i>Short Blazt</i>	4	Memperketat pengawasan terhadap operator	1	Melakukan pengecekan <i>inpoler, fan</i> dan <i>steel short blast</i> secara berkala	8	E
8	<i>Magna:</i> pengecekan <i>crack</i> pada produk	Terdapat <i>Crack</i> pada produk	Produk mudah patah pada saat proses <i>Milling</i>	7	Operator tidak teliti dalam melakukan pengecekan <i>crack</i>	3	Memperketat pengawasan terhadap operator	4	Memberikan <i>training</i> pada perator	84	E
9	<i>Milling:</i> proses pemangkasan body besar dan body kecil	Terdapat <i>Scratch</i> Hasil <i>milling</i> tidak <i>center</i>	Terdapat penggumpalan cat setelah dilakukan pencelupan ke dalam cat Produk mudah lepas pada saat <i>assembly</i>	5 8	<i>Insert milling</i> gompal Terjadi perubahan dalam <i>setting jig</i>	5 3	Memastikan <i>Insert milling</i> tidak gompal Segera menggantikan <i>jig</i> yang rusak	2 3	Melakukan pengawasan terhadap <i>life time tools</i> Melakukan pengecekan <i>jig</i> secara berkala	50 72	E E
10	<i>Induction Quenching Tempering (IQT):</i> perlakuan pemanasan pada bagian tertentu	<i>Case Dept</i> tidak stabil	Memerlukan waktu tambahan untuk me repair produk dan menghentikan proses selanjutnya	8	Kesalahan operator dalam <i>setting</i> parameter mesin dan terdapat <i>coil</i> yang rusak	7	Memastikan <i>coil</i> tidak rusak, <i>cooling jacket</i> tidak kotor, dan <i>solubel</i> sesuai standar	8	Melakukan pengecekan mesin secara berkala (<i>cooling jacket, selubel</i>), dan memperpendek <i>life time coil</i>	448	A
		Jarak antar <i>hole</i> tidak sesuai standar	Tidak dapat dilanjutkan pada proses berikutnya	7	<i>Best Plate</i> tidak rata dan produk terganjal	5	Pengecekan dilakukan lebih ketat dan <i>Best Plate</i> dibersihkan setiap memulai proses	3	Menentukan jumlah minimal pemukulan yang harus dilakukan	105	D
11	<i>Horizontal Boring:</i> Pembolongan an produk	Terdapat <i>hole scratch</i>	Tidak bisa dipasang <i>shoe plate</i>	4	<i>Insert boring</i> terdapat gompal	5	Melakukan pengecekan lebih ketat pada hasil <i>boring</i>	2	Melakukan <i>setting</i> awal pada mesin <i>heating</i> sesuai dengan standar	40	E
		Diameter <i>hole</i> terlalu besar	Setelah dilakukan perakitan produk, pin bisa dilepas	8	<i>Setting</i> diameter <i>hole</i> terlalu besar	5	Melakukan pengecekan lebih ketat pada hasil <i>boring</i>	3	Melakukan pengecekan pada posisi penempatan pada <i>dies</i>	120	D
12	<i>Drilling:</i> Pembolongan an Produk	Diameter <i>hole</i> terlalu besar	Pemasangan baut menjadi kendur	8	Terdapat gompal pada <i>drill</i>	6	Melakukan pengecekan lebih ketat pada hasil diameter <i>drilling</i>	3	Mengganti <i>drill</i> jika mudah gompal	144	D
		Jarak antar <i>hole</i> tidak sesuai standar	Tidak bisa dipasang <i>shoe plate</i>	7	<i>Holder</i> menjadi kendur	5	Melakukan pengecekan baut secara berkala	3	Melakukan total <i>jig</i> (Melakukan pengecekan apakah antara	105	D

							diameter <i>drilling</i> sesuai standar)				
13	<i>Boaching</i> : Proses pembuatan dudukan mur	Kesenteran hasil <i>broaching</i> tidak sesuai standar	Mur tidak dapat terpasang dengan sempurna	5	<i>Jig</i> bergeser dari letak seharusnya	3	Melakukan pengecekan <i>jig</i> secara berkala	2	Melakukan pengecekan kesenteran dengan menggunakan mal	30	E

Nilai RPN yang diperoleh untuk proses IQT adalah 448. Nilai RPN ini merupakan nilai RPN tertinggi dan berada dalam interval kelas A sehingga menjadi prioritas utama untuk dilakukan penanganan.

Fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan konsep analisis sebab akibat yang dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa untuk mendeskripsikan suatu permasalahan dan penyebabnya dalam sebuah kerangka tulang ikan. Dari hasil perhitungan RPN diketahui nilai RPN tertinggi terdapat pada proses IQT dengan jenis kegagalan *case depth*. Nilai RPN pada jenis kegagalan proses tersebut sebesar 448 dengan interval kelas A. Berikut merupakan *fishbone diagram* untuk jenis kegagalan proses *case depth* :



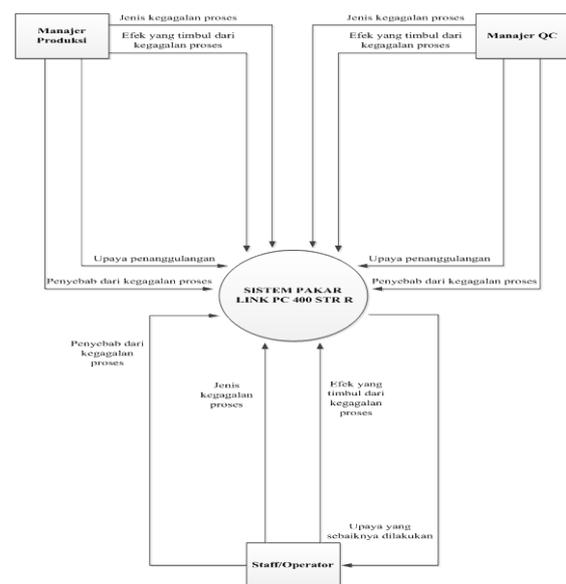
Gambar 6. *Fishbone Diagram* dengan Jenis Kegagalan *Case Depth*

Berdasarkan Gambar 6. terlihat bahwa faktor-faktor yang menyebabkan cacat *case depth* adalah faktor manusia yang menyebabkan cacat *case depth* adalah operator tidak teliti, operator salah setting mesin dan operator kurang dalam pengetahuan. Faktor mesin yang menyebabkan cacat *case depth* adalah terjadi kerusakan pada coil, *cooling jacket* kotor dan *solubel* tidak sesuai standar. Faktor material yang menyebabkan cacat *case depth* adalah terjadi cacat produk akibat penumpukan produk

setelah proses *milling*. Faktor lingkungan yang menyebabkan cacat *case depth* adalah lantai produksi terlalu bising.

Perancangan Modeling Expert System

Perancangan *Modeling Expert System* dibutuhkan untuk menentukan lingkup *expert system* (sistem pakar). Salah satu alat bantu yang digunakan dalam perancangan *modeling* sistem adalah diagram konteks, yaitu sebuah diagram sederhana yang menggambarkan hubungan antara entity luar, masukan dan keluaran dari sistem. Diagram konteks ini hanya menunjukkan antar muka utama sistem dengan lingkungannya. Pada diagram konteks digambarkan penjelasan mengenai sistem secara general, entitas-entitas yang merupakan bagian dari sistem dan proses atau aliran data yang mengalir dalam sistem dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Diagram Konteks Sistem Pakar Link PC 400 STR R

Expert System (Sistem Pakar)

Sistem pakar adalah salah satu cabang dari *Artificial Intelligence* (AI) yang membuat penggunaan secara luas *knowledge* yang khusus

untuk penyelesaian masalah tingkat manusia yang pakar. Seorang pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu, yaitu pakar yang mempunyai *knowledge* atau kemampuan khusus yang orang lain tidak mengetahui atau mampu dalam bidang yang dimilikinya.

Suatu sistem dikatakan sistem pakar apabila memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Kusumadewi, 2003):

- a. Terbatas pada domain keahlian tertentu.
- b. Dapat memberikan penalaran untuk data-data yang tidak pasti.
- c. Dapat mengemukakan rangkaian alasan-alasan yang diberikannya dengan cara yang dapat dipahami.
- d. Berdasarkan pada kaidah atau rule tertentu
- e. Dirancang untuk dikembangkan secara bertahap.
- f. Keluarannya atau output bersifat anjuran.

Adapun banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan mengembangkan sistem pakar, antara lain (Kusumadewi, 2003):

- a. Masyarakat awam non-pakar dapat memanfaatkan keahlian di dalam bidang tertentu tanpa kesadaran langsung seorang pakar.
- b. Meningkatkan produktivitas kerja, yaitu bertambahnya efisiensi pekerjaan tertentu serta hasil solusi kerja.
- c. Penghematan waktu dalam menyelesaikan masalah yang kompleks.
- d. Memberikan penyederhanaan solusi untuk kasus-kasus yang kompleks dan berulang-ulang.
- e. Pengetahuan dari seorang pakar dapat dikombinasikan tanpa ada batas waktu.
- f. Memungkinkan penggabungan berbagai bidang pengetahuan dari berbagai pakar untuk dikombinasikan.

1. Identifikasi Masalah dan Pemilihan Pakar

Permasalahan pada proses pembuatan *Link PC 400 Strong R* adalah pada proses *Induction Quenching Tempering (IQT)*. Pakar yang dipilih pada penelitian ini adalah *Production Manager* dan *Inspection Manager*. Sistem pakar ini ditujukan untuk admin *quality control* atau operator yang bertanggung jawab atas setiap inpeksi dan proses produksi di lantai produksi.

2. Akuisisi Pengetahuan

Tahap akuisisi pengetahuan ini dilakukan proses *brainstorming* dengan pakar yang telah ditentukan. Pengetahuan-pengetahuan yang telah diperoleh, kemudian akan disimpan ke dalam basis pengetahuan, yang meliputi data pada Tabel 1. Untuk memudahkan dalam melakukan representasi pengetahuan, maka dilakukan pengkodean pada Tabel 1 terhadap kegagalan proses, efek yang ditimbulkan, penyebab kegagalan proses dan usulan penanggulangan. Pengkodean Tabel FMEA dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. X1-X18 merupakan kode untuk jenis kegagalan pada proses.
- b. E1-E18 merupakan kode untuk efek yang ditimbulkan dari kegagalan pada proses.
- c. Y1-Y19 merupakan kode untuk penyebab dari kegagalan pada proses.
- d. Z1-Z19 merupakan kode untuk upaya penanggulangan yang dapat dilakukan untuk mengatasi kegagalan proses.

3. Representasi Pengetahuan

Pengetahuan yang diperoleh dari proses akuisisi sebelumnya harus direpresentasikan dalam suatu format tertentu. Kaidah yang digunakan dalam merepresentasikan pengetahuan dalam penelitian ini adalah “*IF*” (premis) dan “*THEN*” (konklusi). Pada bagian *IF* dalam sistem pakar untuk mengidentifikasi kegagalan proses produksi *Link PC 400 Strong R* dikatakan sebagai efek, kegagalan, dan penyebab, sedangkan *THEN* merupakan solusi upaya penanggulangan permasalahan pada proses kegagalan.

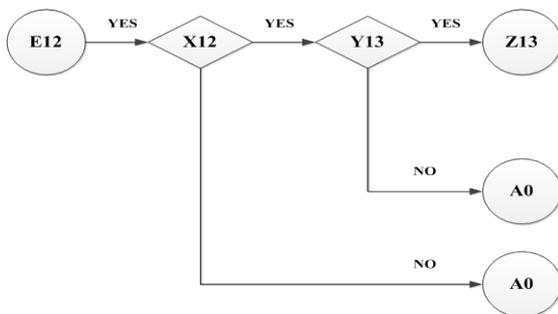
4. Mekanisme Inferensi

Mekanisme inferensi dilakukan untuk mengarahkan kaidah, model dan fakta yang disimpan dalam basis pengetahuan sehingga diperoleh suatu kesimpulan. Metode dalam mekanisme inferensi yang digunakan adalah *Forward Chaining*, yang merupakan metode *inferensi* yang melakukan penalaran dari suatu masalah kepada solusinya. Jika *klausula premis* sesuai dengan situasi (bernilai *TRUE*), maka proses akan menyatakan konklusi. *Forward Chaining* mencari bagian *IF* terlebih dahulu. Setelah semua kondisi *IF* terpenuhi, aturan dipilih untuk mendapatkan kesimpulan. Penelusuran pertama dilakukan pada efek yang ditimbulkan dari kegagalan proses. Kemudian jenis kegagalan yang terjadi dan mencari

penyebab dari kegagalan yang terjadi sehingga didapat kesimpulan yang dicapai yaitu upaya penanggulangan untuk mengatasi permasalahan agar tidak terjadi lagi.

Teknik pelacakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Depth-first search* yaitu melakukan penelusuran kaidah secara mendalam dari simpul akar bergerak ke tingkat dalam yang berurutan. Teknik pelacakan ini dapat dijelaskan pada *Decision Tree*. Pelacakan dimulai dari node awal sampai dengan pilihan pertanyaan berupa *Yes* dan *No*. Jika memilih *Yes*, maka akan ditelusuri ke semua cabang turunan sampai didapat kesimpulan yang merupakan upaya penanggulangan. Sedangkan jika memilih *No*, maka akan beralih ke cabang berikutnya yang juga akan ditelusuri semua cabang turunan sampai didapatkan kesimpulan upaya penanggulangan. Berikut dijelaskan *Decision Tree* untuk efek kegagalan pada proses *Induction Quenching Tempering*.

IF (E12) AND (X12) AND (Y13) THEN (Z13)
IF produk memerlukan waktu tambahan untuk *me-repair* produk dan menghentikan proses *Horizontal Boling*, *AND case depth* tidak stabil *AND* operator melakukan kesalahan dalam *setting* parameter mesin dan terdapat koil yang rusak *THEN* upaya penanggulangan yang dilakukan adalah melakukan pengecekan mesin secara berkala dan memperpendek *life time coil*. Jika terdapat jawaban *NO* maka akan muncul belum ditemukan upaya penanggulangan untuk jenis kegagalan proses yang dialami.

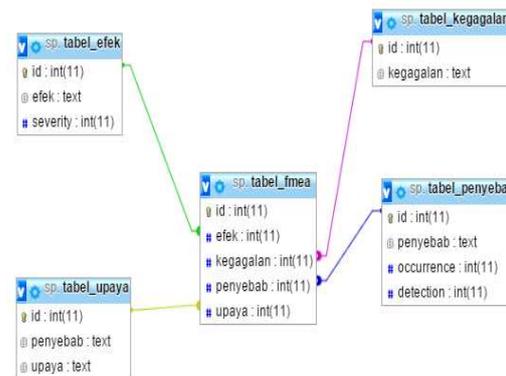


Gambar 8. *Decision Tree* untuk Efek Kegagalan pada proses IQT

Pengolahan data yang terakhir dilakukan yaitu implementasi rancangan

Expert System dengan menggunakan *software PHP dan MySQL*. Pada tahapan pembuatan sistem pakar menggunakan *software* tersebut pertama-tama dilakukan pembuatan *database* pada *MySQL*, kemudian membuat logika pemrograman untuk membuat sistem pada *software PHP dan MySQL* tersebut bekerja. *Database* yang diperlukan adalah *database* efek yang ditimbulkan dari kegagalan pada proses yang terjadi, *database* jenis kegagalan yang terjadi pada proses, *database* penyebab dari kegagalan proses yang terjadi, dan *database* upaya penanggulangan terhadap kegagalan yang terjadi. Logika pemrograman yang dibuat pada *software PHP dan MySQL* tersebut bertujuan untuk menyambungkan perintah pemrograman sehingga *software PHP dan MySQL* dapat dijalankan.

Dari keempat *database* yang telah dibuat akan terbentuk keterkaitan antara *database* satu dengan *database* lainnya, sehingga nantinya *coding* program akan bekerja berdasarkan keterkaitan *database-database* tersebut. Keterkaitan antar *database* dapat dilihat pada Gambar 9.



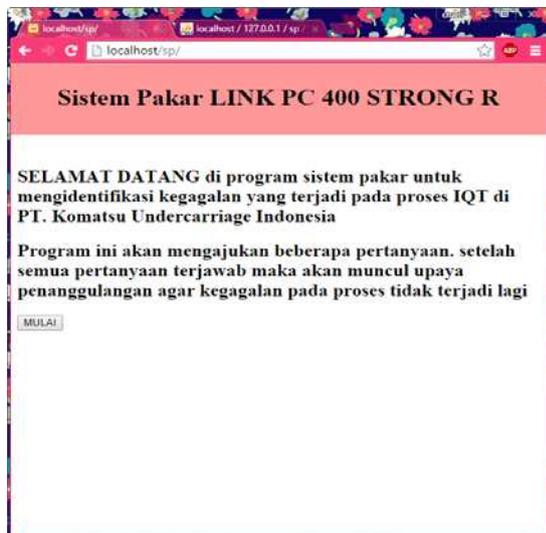
Gambar 9. Keterkaitan Antar *Database* Pada Sistem Pakar *Link PC 400 Strong R*

Setelah *database* dibuat, dibutuhkan pembuatan *coding* program untuk menjalankan sistem pakar. *Coding* program dibuat dengan menghubungkan data dari *database* ke koneksi *MySQL* menggunakan *software Notepad++*. *Coding* program yang pertama kali dibuat adalah koneksi.php, kode tersebut berguna untuk menghubungkan *database* dengan server. Selanjutnya dilakukan pembuatan *coding* program index, yaitu *coding* program yang digunakan untuk halaman utama dari sistem pakar yang dirancang. Saat *coding* program

index dan koneksi telah selesai, maka selanjutnya membuat *coding* program untuk tabel *database*.

Dalam proses pencarian dibutuhkan *Rule* yang berguna sebagai representasi pengetahuan. Aturan *rule* yang digunakan adalah *IF-THEN*. *Rule IF* pada sistem pakar *Link PC 400 Strong R* adalah tabel efek kegagalan, tabel kegagalan jenis proses, dan tabel penyebab, *rule* ini diubah menjadi bentuk pertanyaan. Pada saat memasukan jenis kegagalan dan penyebab, apabila seluruh jawaban *YES*, maka upaya penanggulangan akan keluar dan dapat memberikan solusi kepada permasalahan yang ada. Apabila jenis kegagalan maupun penyebab memiliki jawaban *NO*, maka belum terdapat upaya penanggulangannya, dikarenakan kegagalan tersebut belum teridentifikasi.

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan upaya penanggulangan dari permasalahan yang terjadi. Tahap awal yang dilakukan sama seperti pembuatan *coding* program efek, kegagalan, dan penyebab, yaitu menentukan tabel yang dipilih untuk dimasukan kedalam program upaya penanggulangan. *Input* yang dibutuhkan untuk menentukan solusi upaya penanggulangan berasal dari tabel efek, tabel kegagalan, dan tabel penyebab. *Output* dari program ini adalah solusi upaya penanggulangan terhadap kegagalan yang terjadi.



Gambar 10. Tampilan Awal Program



Gambar 11. Tampilan Pilihan Efek



Gambar 12. Tampilan Kegagalan Proses



Gambar 13. Tampilan Penyebab Kegagalan

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah :

Berdasarkan hasil tabel FMEA jenis kegagalan pada proses yang memiliki nilai tertinggi adalah proses IQT dengan nilai RPN sebesar 448. Jenis kegagalan pada proses ini

diakibatkan oleh *case depth* yang tidak stabil dan penyebab dari kegagalan pada proses ini adalah kesalahan operator dalam *setting* parameter mesin dan terdapat koil yang rusak. Metode dalam mekanisme inferensi *Expert System* yang digunakan adalah *Forward Chaining*. Teknik pelacakan yang digunakan adalah *Depth-first search* yaitu melakukan penelusuran kaidah secara mendalam dari simpul akar bergerak ke tingkat dalam yang berurutan. Teknik pelacakan ini dijelaskan pada *Decision Tree*. Pembuatan *Expert System* menggunakan bantuan *software* PHP dan MySQL. *Expert system* yang dibuat belum diterapkan oleh perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. Soenandi, Iwan. Dwiantoro, Yudo. 2014. *Perbaikan Kualitas Fuel Tank pada Divisi Welding dengan Metode Six Sigma pada PT. XYZ*. Jakarta, Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 2 No. 3 174-183, Program Studi Teknik Industri Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta.
- D. Casadei, G. Serra, K. Tani. 2007. *Implementation of a direct control algorithm for induction motors based on discrete space vector modulation. IEEE Transactions on Power Electronics*, 15(4), hlm. 769-777,.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence* (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugroho, Bunafit. 2014. *Aplikasi Sistem Pakar dengan PHP dan Editor Dreamweaver*. Yogyakarta : Gava Media
- Polomarto, Derry Satrio. Setyawan, Budhiman. Widjaja, Stefanus Budy. 2013. *Implementasi Pengendalian Kualitas pada Proses Produksi Karton Kotak Makan Duplex 22X22X8 cm UD Wing On Surabaya*. Surabaya, Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol. 2 No.1.
- .Rusmiati, Emi. 2011. *Penerapan Fuzzy FMEA dalam Mengidentifikasi Kegagalan pada Proses Produksi di PT. Daesol Indonesia*. Jakarta, Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Sekolah Tinggi Manajemen Industri.
- Santoso, Leo Wilyanto. Noertjahyana, Agustinus. Leonard, Ivan. 2012. *Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Web untuk Mendiagnosa Awal Penyakit Jantung*. Surabaya, Laporan penelitian No. 132/Pen/Informatika/II/2012 Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- Widodo, Arsani. Al'amin, Adil. Artina, Nyimas. Mardiani. 2013. *Penerapan Metode Forward Chaining pada Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Web untuk Diagnosa Gangguan Ketidakseimbangan Asam/Basa pada Manusia*. Jakarta, Teknik Informatika, STMIK GI MDP.
- W.K. Chen. 1993. *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, , hlm. 123-135
- Yudhanto, Yudha. Purbayu, Agus. 2014. *Toko Online dengan PHP dan MySQL*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo