

PERANCANGAN *EXPERT SYSTEM* UNTUK *TROUBLESHOOTING* MESIN
DENGAN *DECISION TABLE* (Studi Kasus di PT. Adi Putro Wirasejati)

DESIGN *EXPERT SYSTEM* FOR *TROUBLESHOOTING* MACHINE WITH
DECISION TABLE (Case Study: PT. Adi Putro Wirasejati)

Deka Bagus Setyo Saputro¹⁾, Purnomo Budi Santoso²⁾, Ratih Ardia Sari³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: megabandai2@gmail.com¹⁾, budiakademika@yahoo.com²⁾, rath.ardia@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PT. Adi Putro Wirasejati merupakan salah satu karoseri yang bergerak dalam bidang pembentukan *body* kendaraan bus dan minibus. Perusahaan memiliki kendala yaitu terhambatnya proses produksi karena beberapa kali mesin produksi tidak dapat berfungsi dan harus dilakukan kegiatan perawatan. Departemen *maintenance* yang memiliki 11 karyawan menangani semua mesin dalam lini produksi yang berjumlah cukup besar. Hal ini menyebabkan terjadinya beberapa kesalahan diagnosa kerusakan yang menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan, sehingga menyebabkan adanya perhentian lini produksi akibat dari *bottleneck* mesin yang rusak. Dalam perawatan mesin, diperlukan tenaga ahli di bidang mesin yang harus siap sedia bila terjadi masalah atau kerusakan. Akan tetapi, pakar atau orang ahli di bidang mesin tidak selalu siap sedia 24 jam sehari. Oleh karena itu dibutuhkan *prototype* yang dapat menyimpan pengetahuan pakar dan melakukan konsultasi perbaikan mesin. Penelitian ini menggunakan metode *Expert System* sebagai penalaran untuk mencari rekomendasi perbaikan, dan *Decision Table* sebagai tools untuk menyimpan pengetahuan kerusakan mesin yang digunakan oleh *expert system* dalam mencari rekomendasi perbaikan. Tahap pertama yang dilakukan adalah melihat sistem *troubleshooting* yang bekerja pada departemen *maintenance*. Dilanjutkan identifikasi permasalahan lambatnya penanganan kerusakan mesin, selanjutnya merancang desain sistem baru yaitu *expert system* untuk membantu mencari rekomendasi perbaikan kerusakan mesin. Setelah merancang sistem maka dibuat program *expert system* sesuai yang dirancang. Setelah pembuatan program maka dapat disimpulkan konsultasi pada sistem *expert system*, kerusakan mesin mampu mempercepat performansi kinerja departemen *maintenance* dalam melaksanakan perbaikan kerusakan mesin. Bila sistem lama dalam mencari rekomendasi kerusakan mesin membutuhkan waktu antara 15-45 menit bahkan lebih, pada sistem baru akan memberikan rekomendasi dalam waktu kurang lebih 5 menit dengan rekomendasi kerusakan yang tepat sehingga tidak terjadi salah pendugaan. Pengetahuan pakar sudah tersimpan dalam sistem sehingga mempermudah kapan saja berkonsultasi, sistem dapat beroperasi selama 7 hari dalam seminggu dan 365 hari dalam setahun. Selain itu, *prototype expert system* kerusakan mesin mampu memberikan informasi basis pengetahuan tentang kerusakan mesin juga dapat digunakan sebagai pelatihan untuk menangani kerusakan mesin.

Kata kunci: *Expert System, Troubleshooting Mesin, Perawatan Mesin, Decision Tabel, Perancangan Sistem.*

1. Pendahuluan

Perawatan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaiki sampai suatu kondisi yang bisa diterima (A.S. Corder, 1988). Terjadinya kerusakan pada sebuah mesin produksi merupakan salah satu akibat dari kelalaian dalam melakukan perawatan pada mesin tersebut. Perusahaan baru menyadari adanya kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut setelah mesin produksi tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada sebuah mesin, maka diperlukan adanya usaha untuk perawatan secara berkala terhadap mesin tersebut, dengan cara

mendeteksi kerusakan apa yang terjadi pada mesin produksi. Sebagai contoh adanya suara yang cukup nyaring dari sebuah mesin yang sedang bekerja, namun kita tidak dapat mengindikasikan tentang gangguan yang terjadi pada mesin tersebut, hal inilah yang mendorong perancangan sistem pakar (*Expert System*) untuk mengidentifikasi kerusakan mesin produksi.

PT. Adi Putro Wirasejati merupakan salah satu karoseri yang bergerak dalam bidang pembentukan *body* kendaraan bus dan minibus. Saat ini PT. Adi Putro Wirasejati telah memiliki pelanggan dari berbagai daerah untuk merakit ulang produknya bus dan minibus). Dengan banyaknya chasis bus dan minibus yang terus

berdatangan, maka kelancaran produksi PT. Adi Putro Wirasejati sangatlah penting untuk diperhatikan agar tidak terjadi *bottleneck* pada lantai produksi. Dikatakan dapat terjadi *bottleneck* karena terdapat beberapa proses yang tidak bisa menampung hasil pekerjaan dari proses sebelumnya. Hal ini dapat terjadi bila salah satu mesin yang terdapat dalam lantai produksi rusak, sehingga proses produksi pada department tersebut berhenti berproduksi karena mesin yang rusak akibat tidak mendapatkan perawatan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu perawatan mesin sangat penting, demi kelancaran proses produksi dan menghemat biaya operasional.

Permasalahan yang dihadapi oleh PT. Adi Putro Wirasejati adalah departemen *maintenance* yang memiliki 11 karyawan yang menangani semua mesin dalam lini produksi yang berjumlah cukup besar. Hal ini menyebabkan terjadinya beberapa kesalahan diagnosa kerusakan yang menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan, sehingga menyebabkan adanya perhentian lini produksi akibat dari *bottleneck* mesin yang rusak. Dalam perawatan mesin, diperlukan tenaga ahli di bidang mesin yang harus siap sedia bila terjadi masalah atau kerusakan. Akan tetapi, pakar atau orang ahli di bidang mesin tidak selalu siap sedia 24 jam sehari, dikarenakan kondisi seperti: sakit, batasan jam kerja dan sebagainya.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa terjadi keterlambatan waktu perbaikan kerusakan mesin. Keterlambatan waktu perbaikan untuk kerusakan mesin ini dikarenakan penanganan yang kurang tepat, sehingga berdampak pada menurunnya kapasitas produksi.

Tabel 1 Kerusakan Mesin Tahun 2012-2014

MESIN	DESKRIPSI	TANGGAL KERUSAKAN	TANGGAL SELESAI
Press MD	Overhaul	16 Februari 2014	3 Maret 2014
Minchang Hydraulic Press	Slider Meja Patah	15 Maret 2013	11 Mei 2013
Minchang Hydraulic Press	Rod Meja Patah	15 Maret 2013	11 Mei 2013

Saat ini pengelolaan perawatan atau penanganan mesin di PT. Adi Putro Wirasejati masih menggunakan cara manual, salah satunya memberikan beberapa pengetahuan dan cara penanganan dari *maintenance* kepada setiap

operator mesin tentang bagaimana cara menangani kerusakan mesin yang mereka hadapi, akan tetapi cara tersebut dianggap kurang efektif dan efisien mengingat jumlah mesin produksi cukup besar dan memiliki kompleksitas penanganan pada setiap mesinnya.

Berdasarkan analisis semua penanganan kerusakan mesin dilakukan secara manual dimana dalam hal ini dapat menyebabkan kesalahan informasi yang didapatkan dari pendataan secara manual dan pencarian laporan secara mendadak, hal tersebut sulit dilakukan karena banyak data yang dicari dan disajikan secara manual. Pemeriksaan mesin dan *history* mesin juga sulit dilakukan mengingat pencatatan manual memungkinkan terjadinya kelalaian dalam pelaksanaan pencatatan.

Seorang pakar biasanya jumlahnya sedikit, karena ilmu yang dimiliki termasuk rumit dan tidak semua orang bisa mempelajarinya. Konsistensi keputusan yang dibuat oleh seorang pakar juga tergantung kondisi psikologi dan lingkungan saat menghadapi tekanan atau pada lingkungan berbahaya, seorang pakar bisa saja tidak konsisten dalam keputusannya, dan ini juga menyebabkan terjadinya kesalahan. Sistem pakar mensimulasikan penilaian dan perilaku yang manusia memiliki pengetahuan dan pengalaman ahli dalam bidang tertentu. Sistem pakar yang baik dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru cara kerja dari para pakar.

Sistem pakar membantu perusahaan-perusahaan besar untuk mendiagnosis proses secara *real time*, operasi jadwal, memecahkan masalah peralatan, menjaga mesin, dan layanan desain dan fasilitas produksi. Dengan penerapan sistem pakar di lingkungan industri, perusahaan menemukan bahwa masalah dapat diselesaikan oleh strategi terpadu yang melibatkan manajemen kepegawaian, *software* dan *hardware* sistem. Berdasarkan karakteristik dan kemampuannya, maka *Expert System* cocok digunakan untuk memecahkan permasalahan analisis *Troubleshooting*. Tetapi *Expert System* dapat dikembangkan dengan teknologi lain yang mampu menutupi kelemahannya, salah satu alat pembantu ialah *Decision Table*.

Integrasi *Expert System* dan sistem *database* memiliki kelebihan, karena kedua teknologi ini dapat saling melengkapi. Keduanya dapat digunakan secara bersamaan untuk memecahkan bagian-bagian yang

berbedapada suatu masalah. *Expert System* memiliki kecerdasan setingkat pakar namun tidak mempunyai katalog atau sistem basis data, sedangkan sistem *database* memiliki kemampuan mengelola data dan informasi namun tidak mempunyai kecerdasan (*Expert System*). Dari adanya *Expert System* dan *database*, dapat ditunjang dengan adanya *decision table*/tabel keputusan dimana isinya mencakup tentang pengetahuan-pengetahuan yang didapatkan dari pengumpulan data yang nantinya dikelola menjadi inputan untuk metode representasi yang lain.

Dengan adanya *expert system* ini nantinya akan mampu memberikan suatu pelayanan *troubleshooting* terhadap fasilitas produksi. Fasilitas produksi akan terjaga dengan baik bila setiap mesin yang ada mendapatkan perawatan yang berjalan sistematis. Sistem pakar ini akan mampu menyediakan suatu *database* mengenai langkah apa yang harus diambil divisi *maintenance* apabila terjadi suatu kerusakan. Tujuan utama sistem pakar bukan untuk menggantikan kedudukan seorang pakar, tetapi hanya untuk memasyarakatkan pengetahuan dan pengalaman para pakar yang keberadaannya cukup jarang. Bagi para ahli sendiri, sistem pakar ini akan membantu aktivitasnya sebagai asisten yang berpengalaman. Mengingat semua faktor diatas, maka perlu dikembangkan sistem pakar untuk *troubleshooting* mesin, yang diharapkan bisa menjadi alternatif solusi untuk menyelesaikan permasalahan PT. Adi Putro Wirasejati.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis berdasarkan kenyataan yang sedang berlangsung dan selanjutnya mencoba untuk memberikan pemecahan masalah yang ada supaya memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya. Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data keterlambatan penanganan kerusakan mesin, data *troubleshooting* mesin dan selanjutnya mencoba untuk mengusulkan sistem baru yang lebih baik sesuai dengan kebutuhan sistem sebelumnya.

2.1 Langkah – langkah Penelitian

1. Studi lapangan

Tahap awal yang dilakukan untuk memulai penelitian ini adalah dengan melakukan

observasi langsung ke lapangan untuk mengumpulkan informasi yang ada di PT. Adi Putro Wirasejati. Pengamatan ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi seperti kondisi divisi *maintenance* PT. Adi Putro Wirasejati, data mesin, komponen, data kerusakan mesin dan data karyawan *maintenance* yang ada di PT. Adi Putro Wirasejati.

2. Studi Literatur

Hasil dari tahap studi lapangan perlu didukung oleh studi pustaka dengan mengumpulkan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti yang dapat dijadikan referensi untuk mendukung penelitian ini. Sumber pustaka ini dapat diperoleh dari buku, laporan penelitian, jurnal dan internet.

3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi pendahuluan akan dapat diidentifikasi masalah-masalah yang sedang terjadi pada PT. Adi Putro Wirasejati, terutama dalam bidang *troubleshooting* mesin dan sistem informasi yang ada. Setelah dilakukan identifikasi masalah, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah sesuai dengan kondisi nyata di PT. Adi Putro Wirasejati.

4. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan *expertsystem* terhadap *troubleshooting* mesin adalah untuk membantu divisi *maintenance* mengelola data historis kerusakan mesin dan data pakar mengenai *troubleshooting* agar lebih efisien.

5. Pengumpulan Data

- a. Data umum PT. Adi Putro Wirasejati dan divisi *maintenance* PT. Adi Putro Wirasejati.
- b. *User requirement*, yang berisi apa harapan serta atribut/karakter sistem yang dibutuhkan oleh divisi *maintenance* PT. Adi Putro Wirasejati yang nantinya akan menggunakan *expert system* terhadap *troubleshooting* mesin yang dirancang.
- c. Data historis mesin yaitu data kerusakan mesin yang telah dilakukan selama ini, data mesin, dan data komponen mesin.
- d. *Formal Knowledge* merupakan akuisisi pengetahuan yang diperoleh dari buku manual *maintenance* mesin mekanik yang dimiliki departemen *maintenance* di PT. Adi Putro Wirasejati.
- e. *Expert Knowledge* merupakan akuisisi pengetahuan yang diperoleh dari seorang pakar. Metode ini melibatkan pembicaraan dengan pakar secara langsung dalam suatu

wawancara. *Expert knowledge* diperoleh dari pakar *maintenance* di PT. Adiputro Wirasejati, dimana pengetahuan yang dimiliki seorang pakar berdasarkan pengalaman yang didapat selama menangani mesin mekanik yang ada di PT. Adiputro Wirasejati. Umumnya pengetahuan ini tidak tertulis pada buku manual.

6. Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem ini dilakukan sebagai tahap awal dibuatnya suatu aplikasi. Analisis digunakan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem. Proses perancangan sistem secara garis besar meliputi: Perancangan basis pengetahuan, Perancangan sistem *database* untuk mendukung basis pengetahuan, Perancangan *user interface*, Perancangan mesin *inference*, Implementasi, Pengujian *prototype*

7. Penarikan Kesimpulan Saran

Tahap ini merupakan penutup dari keseluruhan langkah penelitian. Kesimpulan berisi hasil-hasil analisa dan manfaat yang didapat setelah melakukan penelitian. Saran sebagai tindak lanjut dari penelitian diharapkan dapat memberi manfaat untuk PT. Adi Putro Wirasejati dalam pengembangan perancangan *Expert System* terhadap *troubleshooting* mesin.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Model Kebutuhan Sistem (Requirements Modelling)

Model kebutuhan sistem ini digambarkan ke dalam lima kategori umum yaitu *output*, *input*, *process*, *performance*, dan *control*. Model kebutuhan sistem dari *expert system* kerusakan mesin yang dirumuskan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3 System Requirement Checklist Administrator

Komponen	Penjabaran
Input	Adminstrator dapat memasukan data: 1. Mesin : Nama mesin, jenis mesin, merk mesin, model/kapasitas, Tahun dan fungsi 2. Komponen : Nama komponen mesin, merk, tahun. 3. Identifikasi awal (premise) : Nama mesin, komponen mesin, keterangan 4. Fakta kerusakan (konklusi) : Nama mesin, komponen mesin, kerusakan mesin, solusi 5. Aturan : Mesin, komponen, identifikasi kerusakan, kerusakan, solusi 6. Laporan perbaikan kerusakan : Tanggal kerusakan, mesin, komponen, keterangan, tanggal selesai

Lanjutan Tabel 3 System Requirement Checklist Administrator

Output	Sistem dapat memberikan memberikan data yang dibutuhkan antara lain : 1. Basis Data Mesin (mesin, komponen mesin, kerusakan mesin) yang telah diperbaharui. 2. Basis Pengetahuan (premise, konklusi, aturan) yang telah diperbaharui.
Process	1. Sistem dapat menambah, meng- <i>edit</i> basis data mesin (mesin, komponen mesin, kerusakan mesin) 2. Sistem dapat menambah, meng- <i>edit</i> basis data (premise, konklusi, aturan)
Performance	1. Sistem dapat beroperasi selama 7 hari dalam seminggu dan 365 hari dalam setahun. 2. Sistem dapat memberikan rekomendasi secara cepat dan tepat 3. Sistem selalu memberikan rekomendasi yang konsisten terhadap kerusakan mesin
Control	Administrator <i>maintenance</i> diberi <i>username</i> dan <i>password</i> untuk <i>login</i> yang hanya dapat diakses oleh administrator

Tabel 4 System Requirement Checklist Karyawan

Komponen	Penjabaran
Input	Karyawan dapat memasukan data berikut ini : 1. Identifikasi awal (premise) : Nama mesin, komponen mesin, keterangan 2. Laporan perbaikan kerusakan : Tanggal kerusakan, mesin, komponen, keterangan, tanggal selesai
Output	Sistem dapat memberikan memberikan laporan yang dibutuhkan antara lain : 1. Rekomendasi penanganan kerusakan mesin
Process	1. Sistem dapat merekomendasikan perbaikan kerusakan mesin yang harus dilakukan karyawan <i>maintenance</i> 2. Sistem dapat menyimpan <i>history</i> kerusakan mesin
Performance	1. Sistem dapat beroperasi selama 7 hari dalam seminggu dan 365 hari dalam setahun. 2. Sistem dapat memberikan rekomendasi secara cepat dan tepat 3. Sistem selalu memberikan rekomendasi yang konsisten terhadap kerusakan mesin
Control	Karyawan diberi <i>username</i> dan <i>password</i> untuk <i>login</i> yang hanya dapat diakses oleh karyawan

3.2 Model Data (Data Modelling)

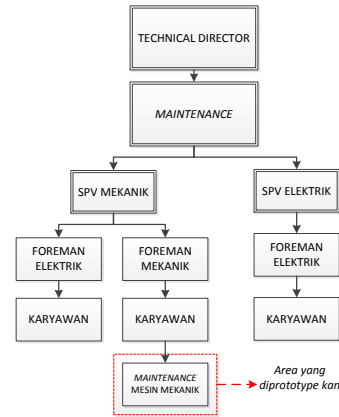
Pada tahap ini analisis sistem mengembangkan model grafis untuk menunjukkan bagaimana sistem mengubah data menjadi informasi yang berguna dengan *data modeling*. Tabel 5 identifikasi *input-output* yang terlibat dalam alur system.

3.2.1 Context Diagram

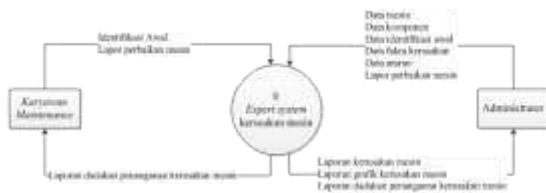
Context Diagram merupakan level teratas dari aliran data dalam sistem yang dikembangkan. Gambar 1 merupakan *Context Diagram* dari *expert system* kerusakan mesin.

Tabel 5 Identifikasi *Input* dan *Output* DFD

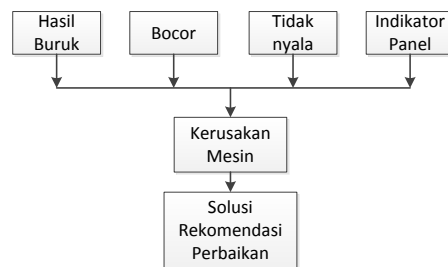
Kesatuan	Input	Output
Administrator	Data mesin, data komponen, data identifikasi awal, data fakta kerusakan, data aturan, perbaikan kerusakan,	Basis data mesin yang telah diperbaharui, basis data pengetahuan yang telah diperbaharui, laporan kerusakan mesin yang terjadi, laporan grafik tiap mesin.
Karyawan	Identifikasi awal, laporan perbaikan kerusakan	Rekomendasi penanganan kerusakan mesin



Gambar 2 Diagram Blok Domain Pengetahuan



Gambar 1 Context Diagram Expert System kerusakan mesin



Gambar 3 Diagram Blok Akhir

3.3 Akuisisi Pengetahuan

Tahap ini merupakan suatu langkah yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan yaitu data mesin mekanis, data histori kerusakan mesin, *expert knowledge* merupakan pengetahuan yang didapatkan dari pengalaman seorang pakar atau ahli pada bidang tertentu, *formal knowledge* diambil dari *manual book* mesin mekanis khususnya bab *troubleshooting and maintenance* dan juga melakukan pengolahan data berupa perancangan aplikasi *expert system* dengan level *prototype*.

3.4 Perancangan Sistem

3.4.1 Perancangan Diagram Blok Domain Pengetahuan

Pada tahap ini, dibuat diagram blok (*block diagram*) secara umum dari domain pengetahuan yang dipilih. Adapun domain pengetahuan yang dipilih adalah *maintenance* kerusakan mesin mekanik. Blok diagram ditunjukkan pada Gambar 2.

3.4.2 Perancangan Diagram Blok Faktor-Faktor Kritis

Dari Gambar 3, diketahui bahwa terdapat empat faktor kritis untuk dapat menentukan kerusakan mesin dalam *maintenance* mesin mekanik PT. Adi Putro Wirasejati.

3.4.3 Perancangan Tabel Keputusan (*Decision Table*)

Setiap aturan memiliki bagian IF, juga disebut anteseden dan bagian THEN, juga disebut bagian konsekuen. Aturan-aturan ini harus menghubungkan bukti tentang masalah yang dipertimbangkan pada kesimpulan. Contoh:

- "IF mesin itu bocor THEN ada *seal* yang rusak "
- "IF usia motor >5 tahun THEN ganti motor dengan yang baru"

Formula ini memiliki kelebihan karena dapat berbicara dalam bahasa sehari-hari yang sangat langka dalam ilmu komputer (program klasik dikodekan). Aturan mengungkapkan pengetahuan untuk dimanfaatkan oleh sistem pakar.

Untuk mempermudah pencatatan dan perancangan *expert system* maka dipilih menggunakan *tools* yang lebih mudah dalam pengorganisasian yaitu *decision table*. *Decision table* bekerja dengan cara mengkombinasikan semua kondisi yang ada dimana kondisi ini berisikan aturan-aturan (*rules*) yang disimpan dalam bentuk tabel pada suatu masalah sehingga dapat dipastikan bahwa tidak ada kemungkinan yang terlewat di dalam analisis logika terhadap masalah tersebut. Tabel 6 adalah contoh *decision table* tentang kerusakan mesin.

Tabel 6 Troubleshooting Mesin

Premise	Kemungkinan Nilai		
P1	Overheat	Bunyi gaduh	Getar tidak normal
P 2	Terjadi kebocoran air	Mesin bergetar	Tenaga kurang
P 3	Getaran tidak normal	Listrik tidak stabil	Putaran tidak stabil
P 4	Tenaga kurang	-	-
P 5	-	-	-
Konklusi	Karet mesin sudah aus	Belt penghubung dinamo longgar	Mesin perlu <i>tune up</i>
Rule	1	2	3

Untuk mempermudah diprogram dalam basis data *relational*, maka struktur tabel akan dirotasi (*Transpose*) menjadi Tabel 7.

Tabel 7 Troubleshooting Mesin Tranpose

Rule Number	Aturan 1	Aturan 2	Aturan 3	Aturan 4	Aturan 5	Konklusi
1	Overheat	Terjadi kebocoran air	Getaran tidak normal	Tenaga kurang	-	Karet mesin sudah aus
2	Bunyi gaduh	Mesin bergetar	Listrik tidak stabil	-	-	Belt penghubung dinamo longgar
3	Getar tidak normal	Tenaga kurang	Putaran tidak stabil	-	-	Mesin perlu <i>tune up</i>

Berdasarkan Tabel 7 maka dapat dibuat berupa penulisan tabel menjadi *coding*. Penulisan *coding* hasil konklusi dan solusi yaitu:

```

Rule Decision
Rule/aturan
Rule Set 1
ID_Rule: R001
IF P1 = Overheat
AND IF P2 = Terjadi kebocoran air
AND IF P3 = Getaran Mesin yang tidak normal
AND IF P4 = Tenaga yang berkurang
AND IF P5 = -
THENS = Karet Mesin sudah aus
Solusi = 1. Cek riwayat dan umur mesin,
periksa apa bisa diperbaiki atau ganti dengan mesin yang baru.
Apabila umur mesin lebih dari 5 tahun, sebaiknya ganti dengan yang baru.
2. Periksa karet pendingin mesin dan selang-selang asal mula kebocoran
    
```

Dengan terbentuknya tabel aturan seperti diatas maka diperlukan tabel pembantu untuk menampung premis dan hasil konklusi dari suatu permasalahan dalam pembuatan *decision*

table. Maka untuk pembuatan tabel premis dan tabel konklusi.

3.4.4 Konsep Pengkodean Premise dan Penyimpanannya

Tabel 8 berisi tentang daftar mesin dan komponen serta keluhan yang dimiliki oleh setiap mesin dengan kode premis yang berbeda.

Tabel 8 Tabel Premise

Kode premise	Kode Mesin	Komponen mesin	Keterangan
P001	1011	Dinamo	Dinamo mati
P002	1011	Seal	Seal karet aus/getas

Berdasarkan Tabel 8 dapat dirancang berupa tabel fisik premise seperti Tabel 9.

Tabel 9 Tabel Fisik Premise

Field	Data Type	Field Size	Note	Key
Kode Premise	Text		Kode Premise	PK
Kode Mesin	Text	9	No Mesin	
Komponen	Text		Komponen mesin yang rusak	
Keterangan	Text		Arti kode Premise	

3.4.5 Konsep Pengkodean Konklusi dan Penyimpanannya

Tabel 10 berisi tentang konklusi atau kerusakan yang terjadi berdasarkan premis-premis yang telah ditentukan sebelumnya dimana setiap konklusi memiliki kode konklusi yang berbeda.

Tabel 10 Tabel Konklusi

Kode Konklusi	Kode Mesin	Keterangan	Solusi
K001	1011	Ganti Dinamo	Jika umur >5 tahun ganti dynamo
K002	1011	Ganti seal yang getas	Ganti seal getas/robek dengan yang baru

Berdasarkan Tabel 10 dapat dirancang berupa tabel fisik konklusi seperti Tabel 11.

Tabel 11 Tabel Fisik Konklusi

Field	Data Type	Field Size	Note	Key
Kode konklusi	Text	-	Kode konklusi	PK
Kode Mesin	Text	9	No Mesin	
Keterangan	Text	-	Arti Kode Konklusi	
Solusi	Text	-	Solusi terhadap konklusi	

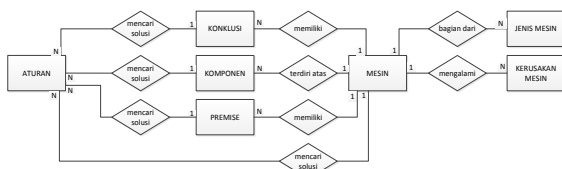
3.4.6 Pengalihan Decision Table ke Bentuk Table Aturan

Setiap *rule* yang diperoleh dari *decision table* akan dialihkan ke bentuk *IF-THEN Rule*. Perancangan *rule* bersifat dinamis dimana pemakai/pakar dapat menambahkan atau mengubah *rule* (aturan) yang ada bilamana diperlukan, sehingga mempermudah terjadinya perubahan. Untuk mengubah atau menambah *rule* maka dirancang sebuah *form* dimana pakar dapat mengedit maupun menambah *rule*, dimana dalam *rule* tersebut mengambil data premis dan konklusi yang telah diisikan melalui tabel premis dan tabel konklusi sehingga pakar tidak perlu menulis premis dan konklusi namun memilih premis dan konklusi yang telah tersedia.

Dalam *form* pembentukan *rule* terdapat 5 premis yang dapat dipilih dan 2 konklusi sebagai hasil dari pembentukan premis. Dalam 5 premis tersebut dapat juga tidak semuanya diisi apabila fakta pembentukan *rule* hanya membutuhkan kurang dari 5 juga dapat digunakan. Sehingga pembentukan *rule* dapat mempermudah pakar untuk membuat *expert system*.

3.4.7 Pengembangan Basis Data

Sistem basis data yang akan dibangun pada aplikasi ini berisi tentang basis data untuk menyimpan data-data basis pengetahuan yang digunakan oleh sistem pakar. Untuk mengembangkan sistem basis data dibagi menjadi dua yaitu *logical database design* tahap ini dilakukan agar sesuai dengan model DBMS yang digunakan. Selanjutnya perancangan ERD (*Entity Relationship Diagram*), Pada tahap ini dilakukan penentuan hubungan atau relasi yang terjadi antar entitas. ERD perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Entity Relationship Diagram Expert System Kerusakan Mesin

dan *physical database design* model data yang telah terbentuk pada tahap *logical design* dibawa ke suatu bentuk penyimpanan data yang nyata dengan menggunakan sebuah *software* sesuai dengan kebutuhan kita untuk melakukan

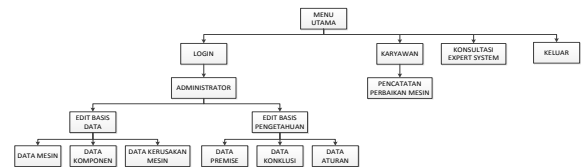
penyimpanan data *physical database design* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Tabel Fisik Mesin

Field	Data Type	Field Size	Note	Key
Kode_Mesin	Text	9	Kode Mesin	PK
Kode_Jenis	Text		Kode Jenis Mesin	
Nama	Text		Nama Mesin	
Merk	Text		Merk Mesin	
Model/kapasitas	Text		Model/kapasitas Mesin	
Series	Text		Series Mesin	
Tahun	Number	4	Tahun Pembelian Mesin	
Fungsi	Text		Fungsi Mesin	

3.4.8 Perancangan User Interface

Gambar 5 merupakan rancangan menu program sistem pakar yang akan dikembangkan.

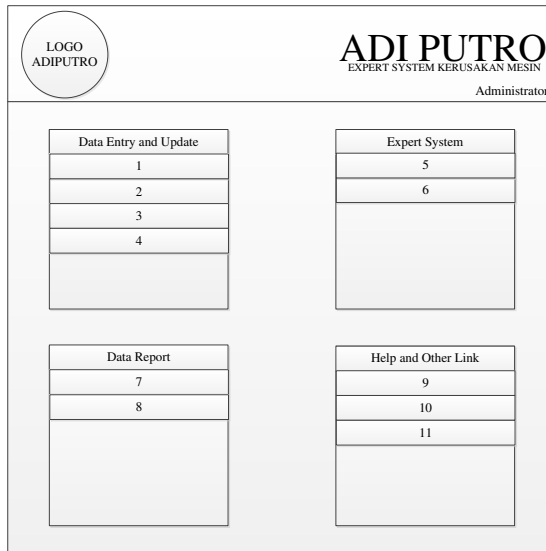


Gambar 5 Hirarki Menu Program

Berikut akan dijelaskan masing-masing menu program tersebut:

1. Administrator
 Hak akses administrator merupakan hak akses tertinggi dengan memasukan *username* dan *password* terlebih dahulu. Dalam hak akses ini admin dapat mengakses basis data, data basis pengetahuan dan data kerusakan mesin.
2. Karyawan
 Hak akses karyawan merupakan hak akses yang diterima oleh seorang karyawan dimana dapat mengakses menu konsultasi *expert system* dan pencatatan perbaikan mesin. Dalam hak akses karyawan terdapat sub menu yaitu :
 - a. Pencatatan perbaikan mesin
 Pada menu ini, karyawan melakukan proses pencatatan perbaikan mesin sesuai dengan hasil rekomendasi *expert system*. Data ini juga nantinya menjadi data *history* kerusakan mesin.
 3. Konsultasi *Expert System*
 Menu ini berfungsi untuk pengguna karyawan mencari kerusakan yang terjadi terhadap mesin berdasarkan identifikasi awal yang ditemukan dan menemukan kerusakan yang terjadi beserta solusi yang

diberikan oleh program *expert system* sesuai dengan *database* kerusakan yang telah tercatat sebelumnya oleh pakar. Dalam menu ini berisi *field drop down* untuk pemilihan mesin, *field drop down* untuk pemilihan premis berdasarkan identifikasi kerusakan mesin. Perancangan Desain *Interface* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Desain Form administrator

3.4.9 Perancangan Mesin Inference

Perancangan mesin *inference* adalah algoritma yang dapat dinyatakan dengan *pseudocode*, algoritma *inference engine* dapat di rancang seperti Gambar 7.



Gambar 7 Pseudocode Expert System Kerusakan Mesin

3.4.10 Implementasi

Tahap implementasi sistem adalah tahap untuk menerapkan semua desain sistem yang telah dibuat ke dalam bentuk program aplikasi

berbasis komputer. Tahap implementasi ini yaitu membuat aplikasi pada tingkatan *prototype* dari spesifikasi dan konsep desain yang dirancang dengan melakukan pengembangan *database*, *module* dan *user interface* menggunakan VBA dengan Microsoft Access. Tahap implementasi sistem terdiri dari pengembangan aplikasi, pengujian, instalasi, dan evaluasi sistem baru.

1. Implementasi *database*, salah satu contoh implementasi *database* yang digunakan adalah entitas mesin pada Gambar 8.



Gambar 8 Tabel Mesin pada Microsoft Access 2013

2. Implementasi *User Interface*, salah satu contohnya yaitu form SPV pada Gambar 9.



Gambar 9 Printscren Menu Administrasi

3. *Expert system*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan tampilan menu *expert system* (konsultasi). Pada saat pengguna memulai program *expert system*, pengguna dihadapkan sebuah jendela, pengguna harus memasukkan beberapa data informasi antara lain: mesin, komponen mesin, dan identifikasi awal / gejala. Apabila semua data telah terisi, tekan tombol Solusi dan melihat solusi yang dihasilkan *expert system*. Apabila salah satu identifikasi belum diisi, program tetap dapat dijalankan. *Form expert system* dapat dilihat sebagai Gambar 10.



Gambar 10 Form Expert System



Gambar 12 Listing Inference Engine

4. Laporan / Report

Pembuatan laporan dalam aplikasi ini dibagi menjadi 2 yaitu: Untuk laporan kerusakan merupakan laporan berbentuk *summary*. Untuk laporan rekomendasi perbaikan berisi fakta kerusakan sesuai dengan identifikasi awal yang dimasukkan dan rekomendasi perbaikan yang terdeteksi. Gambar 11 adalah contoh laporan kerusakan.



Gambar 11 Report Kerusakan Mesin

5. Mesin Inference

Pada tahap ini pembuatan program mesin *inference expert system* kerusakan mesin ke dalam program. Berikut contoh penggalan *source code* sesuai dengan desain algoritma *inference engine* yang telah disusun sebelumnya menggunakan VBA with Microsoft Access 2013.

Pada Gambar 12 dapat dilihat *coding* program *expert system* untuk mencari rekomendasi perbaikan sesuai dengan *expert system* maka pada *coding* program juga dilakukan tahap perututan (*chaining*) dilakukan dengan pengecekan pada tiap baris identifikasi awal sesuai dengan aturan *expert system* yang tersimpan dalam *database*.

3.5 Pembahasan

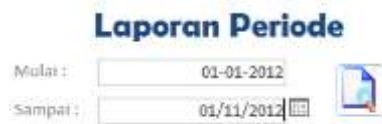
Pada tahap ini setelah implementasi *prototype* maka dilakukan pengujian *prototype* sesuai dengan desain awal sistem. Pengujian *prototype* merupakan pembahasan dalam penelitian ini dimana pengujian *prototype* sudah menjawab permasalahan. Pengujian akan lebih dijelaskan subbab berikut.

3.5.1 Pengujian Prototype

a. Uji Verifikasi

Verifikasi, menguji apakah *prototype* sudah berjalan sesuai yang telah direncanakan. Uji verifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menguji apakah program berjalan sesuai yang telah direncanakan. Uji verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan desain *database*, *user interface*, modul program pada tahap desain dengan pembuatan program dan ketelitian program aplikasi. Perbandingan *pseudocode* yang dirancang dengan *listing* program dapat ditunjukkan dengan Gambar 6, sedangkan implementasi *listing* program pada Gambar 11. Pengujian desain *report* dilakukan

dengan melihat apakah *report* yang dihasilkan sesuai dengan periode *report* yang diinginkan. Berikut merupakan hasil uji verifikasi *report*. *Summary report* kerusakan yang diinginkan oleh pengguna pada Gambar 13 berikut akan ditampilkan pada Gambar 14.



Gambar 13 Periode *Report* Kerusakan Mesin

Pada Gambar 13 pengguna memasukkan data periode *report* kerusakan mesin yang akan dicetak oleh pengguna.



Gambar 14 Hasil *Report* Kerusakan Mesin

Pada Gambar 14 hasil *report* sudah sesuai dengan masukan periode.

b. Uji Validasi

Langkah-langkah pengujian validasi sistem adalah sebagai berikut :

1. Jalankan program.
2. Masukkan data kerusakan ke dalam sistem
3. Catat rekomendasi yang diberikan sistem
4. Bandingkan rekomendasi yang diberikan oleh sistem pakar dengan rekomendasi pakar untuk permasalahan yang sama.

Salah satu pengujian adalah sebagai berikut. Diberikan kasus pada mesin Crane Demag 10T terjadi *undervoltage*, dikhawatirkan akan merusak motor listrik *crane* bila tidak segeradicari penyebabnya.

Dari pakar memerintahkan untuk mengecek kabel, fase ukur dan periksa tegangan. Kasus tersebut dicobakan pada sistem pakar dengan hasil seperti pada Gambar 15.



Gambar 15 Hasil Rekomendasi Kerusakan Mesin

Dari hasil rekomendasi sistem pakar terlihat bahwa telah sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh pakar.

c. Uji Prototipe

Uji *prototype* sebagai alternatif solusi pada *troubleshooting* mesin mekanis dengan melihat segi positif sistem pakar dibanding dengan keadaan di lapangan. Kelebihan sistem pakar diantaranya:

1. Bisa digunakan sebagai sarana latihan bagi semua staf pada *maintenance department* sebelum menghadapi situasi sebenarnya saat memperbaiki kerusakan mesin mekanis.
2. Memberikan rekomendasi yang konsisten tidak dipengaruhi kondisi lingkungan.
3. Menggantikan memberi saran saat seorang pakar berhalangan.
4. Menjadi solusi yang murah dibanding seorang pakar yang mahal atas saran yang diberikan.

Tidak pikun, lelah, emosi dan keterbatasan fisik lainnya.

Berdasarkan Tabel 14 dapat diketahui bahwa *expert system* kerusakan mesin sudah dapat memperbaiki semua kelemahan sistem lama dari segi *performance*, *information*, *economy*, *control*, *efficiency* dan *service*. Proses produksi di PT. APW dapat berjalan lebih lancar dan baik karena sistem dapat membantu meminimasi waktu *downtime* sehingga perbaikan kerusakan mesin tidak memerlukan waktu yang lama dan performansi mesin menjadi lebih stabil karena tidak terjadi kesalahan pendugaan kerusakan mesin sehingga penanganan kerusakan mesin sesuai dengan rekomendasi perbaikan mesin.

Tabel 14 Perbandingan Performa Antara Sistem Lama dan Sistem Baru

	Kelemahan Sistem yang Sedang Berjalan	Sistem yang baru
<i>Performance</i>	Sistem penanganan mesin dilakukan secara manual dimana 11 karyawan <i>maintenance</i> mengelilingi pabrik untuk melihat kerusakan mesin yang terjadi dan mengajari setiap operator terhadap kerusakan mesin yang mereka tangani, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Sistem dalam mencari rekomendasi kerusakan mesin membutuhkan waktu antara 15-45 menit bahkan lebih apabila pendugaan kerusakan yang ditemukan salah.	Karyawan mencatat ciri-ciri kerusakan dan memasukan ke dalam program <i>expert system</i> akan memberikan rekomendasi dalam waktu kurang lebih 5 menit dengan rekomendasi kerusakan yang tepat sehingga tidak terjadi salah pendugaan.
	Pakar yang jarang, sehingga sulit ditemui yang dapat menangani setiap mesin	Pengetahuan pakar sudah tersimpan dalam sistem sehingga mempermudah kapan saja berkonsultasi. Sistem dapat beroperasi selama 7 hari dalam seminggu dan 365 hari dalam setahun.
<i>Information</i>	Informasi yang disampaikan oleh <i>user</i> masih memungkinkan terjadi kesalahan. Kesesuaian informasi yang disampaikan dengan kondisi yang ada juga masih belum tentu akurat sepenuhnya.	Informasi lebih akurat dengan sistem terkomputerisasi. Penyimpanan data pengetahuan dan kerusakan lebih akurat.
<i>Economy</i>	Biaya mencari dan menggaji pakar cenderung mahal.	Biaya lebih murah pengetahuan pakar sudah tersimpan dalam <i>expert system</i> .
	Manfaat yang diperoleh <i>user</i> dari sistem informasi yang ada hanya terbatas pada informasi yang dikelola.	Manfaat informasi pengetahuan yang ada dapat digunakan untuk pelatihan perbaikan mesin.
<i>Control</i>	Pengelolaan terhadap riwayat kerusakan mesin sulit dilakukan karena banyaknya data dan dalam bentuk lembaran kertas yang mudah rusak.	Pengelolaan kerusakan mesin secara otomatis dengan sistem komputerisasi. Pemeriksaan mesin lebih mudah, karena kerusakan mesin sudah terekam.
<i>Efficiency</i>	Sistem informasi mengenai data mesin yang kurang terstruktur.	Sistem informasi data mesin secara komputer lebih terstruktur. Sehingga lebih efisien dalam pencarian data.
	Terjadinya duplikasi data akibat dari pencatatan secara manual.	Duplikasi data dapat dikurangi dengan sistem komputer terstruktur.
<i>Service</i>	Penyediaan laporan kerusakan secara rutin masih kurang dapat dilakukan karena banyaknya jenis data yang harus disajikan.	Penyediaan informasi kerusakan dapat dilakukan karena data diolah komputer secara cepat
	Pencarian penanganan kerusakan mesin secara mendadak juga sulit dilakukan mengingat banyaknya data yang perlu periksa.	Pencarian kerusakan dapat dilakukan secara cepat dengan memasukan ciri-ciri kerusakan mesin ke dalam sistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Desain *database expert system* rekomendasi kerusakan mesin dengan *decision table* dilakukan dengan tahap sebagai berikut:
 - a. Membangun basis pengetahuan yang digunakan *expert system* berasal dari : *Formal knowledge* dan *expert knowledge* Kedua sumber pengetahuan disimpan dalam *database expert system* dalam bentuk

tabel premise (identifikasi) dan konklusi (fakta kerusakan).

- b. Merancang struktur *expert system* dengan cara :

- 1) Membentuk *decision table* perancangan *expert system* menggunakan *database* sebagai media penyimpanan pengetahuan.
- 2) Melakukan desain *database* logis, *database* fisik, desain *algoritma* dan desain *user interface* sesuai dengan analisa kebutuhan sistem dan aliran data.

2. Pembuatan *prototype expert system* kerusakan mesin menggunakan Microsoft Access 2013 sesuai desain. Langkah ini merupakan langkah pembuatan aplikasi dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Pembuatan *database* yang terdiri beberapa tabel
 - b. Pembuatan *user interface* yang terdiri atas 3 kelompok penting:
 - 1) Management Data
Manajemen Data berisi tentang data mesin, data komponen mesin dan data kerusakan mesin sebagai data *history* mesin
 - 2) Management pengetahuan
Manajemen pengetahuan berisi tentang pengetahuan seorang pakar dalam hal menangani kerusakan mesin mekanik yang ada di PT. Adi Putro Wirasejati.
 - 3) Konsultasi
Konsultasi berisi *expert system troubleshooting* mesin mekanik.
3. Telah dilakukan uji coba terhadap *expert system troubleshooting* mesin dengan uji verifikasi, validasi dan uji *prototype*. Berdasarkan uji verifikasi dengan membandingkan desain dan implementasi, *prototype expert system* kerusakan mesin sudah sesuai dengan desain yang dirancang, pengguna dapat mengakses semua menu yang disediakan. *Listing* program sudah sesuai dengan *pseudocode* yang dirancang sehingga sistem dapat melakukan pencarian rekomendasi perbaikan mesin. Uji validasi dilakukan dengan membandingkan hasil konsultasi sudah sesuai dengan rekomendasi hasil pakar. Berdasarkan hasil pengujian *expert system* dengan memasukkan identifikasi sesuai dengan pengetahuan yang ada dalam buku manual *troubleshooting* mesin, maka hasil kerusakan serta rekomendasi perbaikan sudah sesuai. Berdasarkan uji *prototype* dengan membandingkan sistem lama dan sistem baru, *expert system* kerusakan mesin mampu mempercepat performansi kinerja departemen *maintenance* dalam melaksanakan perbaikan kerusakan mesin bila sistem lama dalam mencari rekomendasi kerusakan mesin membutuhkan waktu antara 15-45 menit bahkan lebih, pada sistem baru akan memberikan rekomendasi dalam waktu kurang lebih 5 menit dengan rekomendasi kerusakan yang tepat sehingga tidak terjadi salah pendugaan. Selain itu, *prototype expert system* kerusakan mesin

mampu memberikan informasi basis pengetahuan tentang kerusakan mesin juga dapat digunakan sebagai pelatihan untuk menangani kerusakan mesin.

Daftar Pustaka

- Andryana, Septi. A. Haris Rangkuti. (2009). *Deteksi Kerusakan Notebook Dengan Menggunakan Metode Sistem Pakar*. Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional
- Asri, Anggun Puspita. Santoso Purnomo B (Pembimbing 1), Setyanto, Nasir Widha (Pembimbing 2). (2010). *Integrasi Sistem Informasi Pengendalian Kualitas Dengan Expert System Untuk Menelusuri Penyebab Cacat Produk*.
- Balza, Achmad. (2006). *Diktat Mata Kuliah Kecerdasan Buatan [book online]*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada <http://balzach.staff.ugm.ac.id/AI/Diktat%20Kecerdasan%20Buatan.pdf> (Diakses tanggal 15 April 2014)
- Corder, Anthony S. (1988). *Teknik manajemen pemeliharaan*, Jakarta: Erlangga.
- Mukhibudin, Anas. (2007), *Perancangan Sistem Pakar untuk Troubleshooting Turbin Uap*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Radiana, Sendy. (2010). *Rancang Bangun Sistem Pakar Troubleshooting Kerusakan Hardware Komputer Berbasis Web*. Universitas Komputer Indonesia.