

Aplikasi Sistem Pakar Mesin Induk Kapal Menggunakan Metode Bayesian Di PT. PERTAMINA (Persero)

Aris Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana

E-mail: aris.yulianto@gmail.com

ABSTRACT

Dalam mencapai visi dan misi, organisasi atau perusahaan seharusnya memiliki rencana strategi. Organisasi perusahaan yang kompleks tentu memiliki strategi di setiap level organisasinya, sebuah perusahaan harus berfokus kepada pelanggan, mengelompokkan pelanggan, mengerti kebutuhan pelanggan dan memanfaatkan teknologi agar pelanggan terpuaskan. Strategi bagian Perawatan Kapal (Ship Maintenance) di fungsi Technical Fleet 1, membuat aplikasi Expert System untuk menangani permasalahan. Troubleshooting merupakan pencarian sumber masalah secara sistematis sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan. Troubleshooting juga usaha dalam proses penghilangan masalah, dan juga proses penghilangan penyebab potensial dari sebuah masalah. Sistem pakar adalah cabang kecerdasan buatan yang menggunakan pengetahuan khusus untuk memecahkan masalah pada level pakar. Masalah ketidakpastian pengetahuan dalam system pakar ini diatasi dengan metode probabilitas Bayesian. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun system pakar (expert system) untuk melakukan troubleshooting terhadap kerusakan (trouble/fault) yang tampak kemungkinan kerusakannya (possible cause) pada kapal milik PT. PERTAMINA (Persero).

Kata Kunci: Rencana Strategi, Troubleshooting, Sistem Pakar, Teorema Bayesian

PENDAHULUAN

Organisasi perusahaan yang besar dan kompleks tentu memiliki strategi di setiap level organisasinya. Level strategi ini harus mendukung visi dan misi suatu perusahaan. Level strategi ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian sesuai fungsi dan tugas masing-masing. Untuk bisa bertahan dalam persaingan bisnis, sebuah perusahaan harus berfokus kepada pelanggan, mengelompokkan pelanggan, mengerti kebutuhan pelanggan dan memanfaatkan teknologi agar pelanggan terpuaskan. Strategi bagian Perawatan Kapal (*Ship Maintenance*) di fungsi Technical Fleet 1, membuat aplikasi Expert System untuk menangani permasalahan (*Troubleshooting*). *Troubleshooting* merupakan pencarian sumber masalah secara sistematis sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan. *Troubleshooting* juga usaha dalam proses penghilangan masalah, dan juga proses penghilangan penyebab potensial dari sebuah masalah. Sistem pakar adalah cabang kecerdasan buatan yang menggunakan pengetahuan khusus untuk memecahkan masalah pada level pakar (Giarratano dan Riley, 1994). Masalah ketidakpastian pengetahuan dalam system pakar ini diatasi dengan metode probabilitas *Bayesian*. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun system pakar (*expert system*) untuk melakukan *troubleshooting* terhadap kerusakan (*trouble/fault*) yang tampak kemungkinan kerusakannya (*possible cause*) pada kapal milik PT. PERTAMINA (Persero).

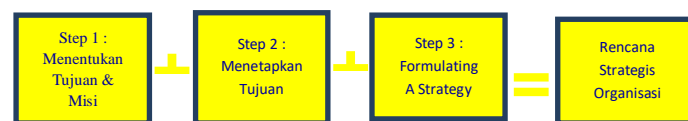
Dalam operasional kapal, diperlukan cara cepat, tepat dan efisien dalam menangani kerusakan mesin induk (*main engine*). Data seperti langkah-langkah *trouble shooting*, gambar teknik, *contack engineer*, ketersediaan *part* sangat membantu *crew* kapal dalam mengatasi masalah. Dengan masukan yang dirancang untuk pengguna (*user*) berupa; data *ship* atau nama kapal, data *equipment* atau nama peralatan diatas kapal, data *maker* atau nama pembuat peralatan, data *type* atau jenis peralatan dan data *trouble / fault* atau gejala kerusakan.

Keluaran sistem pakar ini adalah hasil diagnosa berupa data langkah – langkah *trouble shooting*, data *possible cause* atau kemungkinan penyebab kerusakan, data *picture* atau gambar dari *manual book*, data *history* atau sejarah kerusakan yang pernah terjadi, data *contack* atau *email contack* ke *maker engineer*, data *Minimum Stock Level (MSL) Part* yang tersedia diatas kapal.

STUDI LITERATUR

Dalam mencapai tujuan, organisasi atau perusahaan memiliki rencana strategi. Tiga komponen utama untuk membuat rencana strategis organisasi adalah:

1. Menentukan tujuan dan misi
2. Menetapkan tujuan
3. Merumuskan strategi untuk mencapai tujuan



Gambar 1. Menetapkan Rencana Strategis Organisasi.

Organisasi perusahaan yang besar dan kompleks tentu memiliki strategi di setiap level organisasinya. Level strategi ini dapat dibagi menjadi beberapa bagian sesuai fungsi dan tugas masing-masing.

Pembagian level strategi seperti :

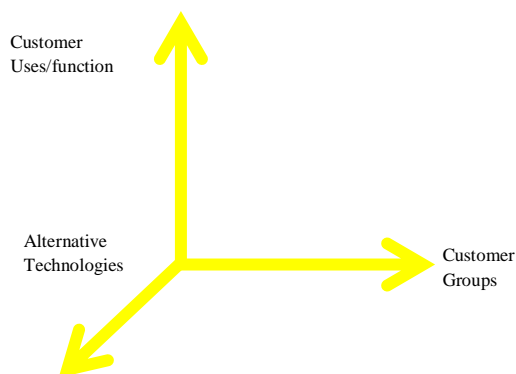
1. Corporate - Level Strategy adalah rencana permainan manajemen puncak untuk mengarahkan dan menjalankan organisasi secara keseluruhan.
2. Strategi Lini Bisnis adalah rencana permainan manajerial untuk mengarahkan dan menjalankan unit bisnis tertentu.
3. Strategi Dukungan Area Fungsional berkaitan dengan rencana permainan untuk mengelola aktivitas bawahan utama dalam bisnis.
4. Operasional - Strategi tingkat merujuk pada tindakan dan praktik terkait strategi yang

lebih spesifik dari departemen tingkat dan pengawas - bagaimana mereka bermaksud untuk mengelola persyaratan sehari-hari dari strategi dukungan area fungsional

Untuk bisa bertahan dalam persaingan bisnis, sebuah perusahaan harus berfokus kepada pelanggan, mengelompokkan pelanggan, mengerti kebutuhan pelanggan dan memanfaatkan teknologi agar pelanggan terpuaskan.

Derek Abell telah memperluas pentingnya konsep yang berfokus pada pelanggan dan menyarankan mendefinisikan bisnis dalam tiga dimensi:

1. Kelompok pelanggan, atau yang sedang puas
2. Kebutuhan pelanggan, atau apa yang sedang dipuaskan
3. Teknologi, atau bagaimana kebutuhan pelanggan terpuaskan



Gambar 2. Mengilustrasikan Pendekatan Tiga Dimensi Untuk Definisi Bisnis

2.1. Visi Dan Misi Organisasi PT. PERTAMINA

Visi dan misi perusahaan PT. Pertamina (Persero) adalah sebagai berikut :

Visinya adalah “Menjadi Perusahaan Energi Nasional Kelas Dunia” . Misinya adalah “Menjalankan Usaha Minyak, Gas, Serta Energi Baru Dan Terbarukan Secara Terintegrasi, Berdasarkan Prinsip-Prinsip Komersial Yang Kuat”

Sedangkan visi dan misi dari fungsi perkapalan adalah sebagai berikut:

Visi organisasi perkapalan : “Menjadi penyedia angkutan laut kelas dunia”.

Misi organisasi perkapalan :

1. Melakukan usaha layanan yang professional dibidang jasa angkutan laut minyak, gas dan petrokimia untuk mendukung kegiatan pengolahan, pemasaran, dan niaga serta melakukan jasa kemaritiman.
2. Memberikan nilai tambah pada stakeholder dengan focus pada pelayanan terbaik berwawasan lingkungan.

Sasaran mutu adalah :

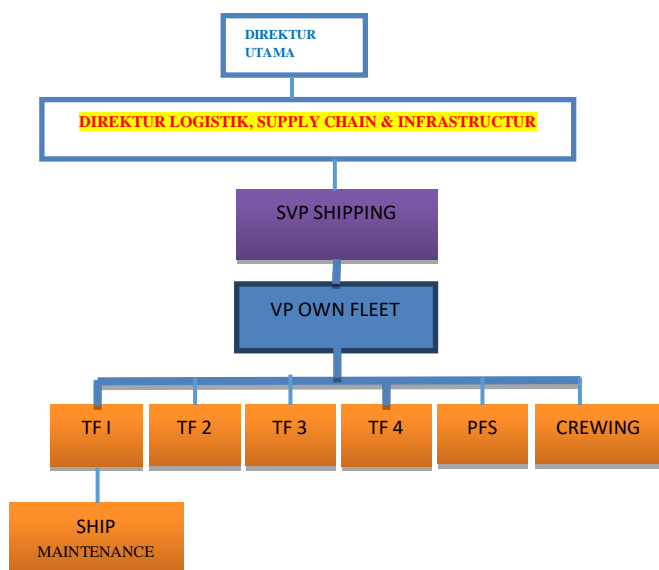
1. Mencapai kepuasan pelanggan (*achieve customer satisfaction*).
2. Mencapai tingkat kecelakaan kerja 0 (*zero accident*)
3. Mencapai tingkat tumpahan minyak 0 (*zero spill*)
4. Mencapai lossess minimum $R2 \leq 0.06$ (*minimum losses R2 ≤ 0.06*)

Moto perusahaan adalah “*Quality service with zero accident and zero spills*”

Technical Fleet I adalah fungsi yang mengelola dan menyelenggarakan perumusan strategi serta maintenance kapal-kapal milik Pertamina tipe Large Range (LR), Medium Range (MR) dan kapal gas. Saat ini TF I mengelola 18 unit kapal. Struktur organisasi TF I dibawah *Vice President (VP) Own Fleet*, yang mana *VP Own Fleet* dibawah *Senior Vice President (SVP) Shipping*, termasuk bagian dari direktorat Logistik, *Supply Chain* dan Infrastruktur (LSCI)

Tugas technical Fleet I (TF I) untuk mencapai visi misi perusahaan adalah :

- Melaksanakan program-program pemeliharaan dan perbaikan kapal.
- Menganalisa permintaan kebutuhan material dan spare part kapal.
- Meningkatkan efisiensi operasional kapal-kapal armada milik.
- Ikut berperan serta dalam meminimalisir losses.



Gambar 3. Struktur Organisasi Pertamina Perkapalan dan posisi bagian perawatan kapal (*ship maintenance*).

2.2 Bagian Perawatan Kapal (*Ship Maintenance*)

Bagian perawatan kapal (*ship maintenance*) dikepalai seorang asisten manager yang bertanggung jawab langsung terhadap Manager Fleet 1. Anggota *ship maintenance* terdiri dari;

1. Officer Machinery
2. Officer Hull, Navigation & Electrical
3. Officer Plan Maintenance System (PMS)
4. Junior Officer Plan Maintenance System (PMS)

Bagian perawatan kapal (*ship maintenance*) memiliki kegiatan pengelolaan pemeliharaan kapal di Technical Fleet 1, dengan tujuan menjaga performansi kapal. Dalam menyusun strategi pemeliharaan harus dipertimbangkan hal hal sebagai berikut :

1. Penerapan “ *Overall Maintenance Philosophy* “ yakni konsep ; *Entity Mainenance* , *Falures Classification* dan *Supervision* .
2. Harus dapat mendukung kegiatan maintenance lainnya yang berkaitan dengan administrasi operasi pemeliharaan seperti database , spare part, statistik gangguan dan lain lain .

3. Harus mempunyai tujuan utama untuk meminimalkan timbulnya ataupun pengaruh gangguan (*pro active maintenance*) .

Dalam hal terjadi gangguan atau kerusakan harus dapat dilakukan hal hal sebagai berikut :

1. Menugaskan teknisi / *expert* yang tepat untuk perbaikan.
2. Menetapkan lokasi gangguan secara tepat.
3. Menetapkan perangkat / *Tool* yang tepat
4. Informasi yang tepat
5. Waktu dan tindakan yang tepat

Prinsip Prinsip Dasar Pemeliharaan bagian perawatan kapal (*ship maintenance*)

Untuk dapat menerapkan strategi umum diatas , bisa digunakan beberapa prinsip dasar pemeliharaan sebagai berikut :

1. *Preventive Maintenance* atau *Plan Maintenance*

Pemeliharaan atau pemeliharaan yang dilaksanakan secara berkala , atau menurut kriteria yang telah ditetapkan , dengan tujuan mengurangi kemungkinan gangguan dan atau mencegah elemen dari degradasi fungsi .

2. *Corrective Maintenance*

Pemeliharaan yang dilaksanakan setelah diketahui adanya gangguan dengan tujuan untuk memperbaiki sehingga dapat berfungsi seperti sediakala .

3. *Controlled Maintenance*

Controlled Maintenance akan lebih cocok diterapkan pada system yang sudah canggih, kondisi peralatan dapat dikontrol dari jarak jauh. Hal ini memudahkan dalam perawatan jika sudah menganut smart ship system.

Dalam hal terjadi gangguan atau kerusakan harus dapat dilakukan hal hal sebagai berikut :

1. Menugaskan teknisi / *expert* yang tepat untuk perbaikan.
2. Menetapkan lokasi gangguan secara tepat.
3. Menetapkan perangkat / *Tool* yang tepat
4. Informasi yang tepat
5. Waktu dan tindakan yang tepat

Dari strategi diatas bagian perawatan kapal membangun aplikasi software yang memudahkan dalam melakukan pekerjaan yaitu membuat sistem pakar (Expert System).

Sistem pakar ini dapat melakukan pelacakan kesalahan dan database manual book serta seperti ;*data ship (kapal), data equipment, data maker, data type, data trouble, data possible cause, data picture (manual book), data history trouble, data contack engineer dan data Minimum Stock Level (MSL)* atau *spare part* yang tersedia.

METHODOLOGI SISTEM PAKAR

3.1 Pengertian Sistem Pakar

Sistem pakar adalah cabang kecerdasan buatan yang menggunakan pengetahuan khusus untuk memecahkan masalah pada level pakar (Giarratano dan Riley, 2005). Sistem ini memiliki informasi yang berisi dengan pengetahuan dari pakar sehingga dapat digunakan untuk konsultasi. Pengetahuan dari pakar di dalam sistem ini digunakan sebagai dasar oleh Sistem Pakar untuk menjawab pertanyaan (konsultasi). Kepakaran (*expertise*) adalah pengetahuan yang ekstensif dan spesifik yang diperoleh melalui rangkaian pelatihan, membaca, dan pengalaman. Pengetahuan membuat pakar dapat mengambil keputusan secara lebih baik dan lebih cepat daripada non-pakar dalam memecahkan problem yang kompleks. Kepakaran mempunyai sifat berjenjang, pakar senior memiliki pengetahuan lebih banyak daripada pakar junior. Tujuan Sistem Pakar adalah untuk mentransfer kepakaran dari seorang pakar ke komputer, kemudian ke orang lain yang bukan pakar.

Jenis program ini pertama kali dikembangkan oleh periset kecerdasan buatan pada dasawarsa 1960-an dan 1970-an dan diterapkan secara komersial selama 1980-an. Bentuk umum sistem pakar adalah suatu program yang dibuat berdasarkan suatu set aturan yang menganalisis informasi mengenai suatu kelas masalah spesifik serta analisis matematis dari masalah tersebut.

Tergantung dari desainnya, sistem pakar juga mampu merekomendasikan suatu rangkaian tindakan pengguna untuk dapat menerapkan koreksi. Sistem ini memanfaatkan kapabilitas penalaran untuk mencapai suatu simpulan.

Secara garis besar, banyak manfaat yang dapat diambil dengan adanya sistem pakar, antara lain :

- Memungkinkan orang awam bisa mengerjakan pekerjaan para ahli.
- Bisa melakukan proses secara berulang secara otomatis.
- Menyimpan pengetahuan dan keahlian para pakar.
- Meningkatkan output dan produktivitas.
- Meningkatkan kualitas.
- Mampu mengambil dan melestarikan keahlian para pakar (terutama yang termasuk keahlian langka).
- Mampu beroperasi dalam lingkungan yang berbahaya.
- Memiliki kemampuan untuk mengakses pengetahuan.
- Memiliki reliabilitas.
- Meningkatkan kapabilitas sistem komputer.
- Memiliki kemampuan untuk bekerja dengan informasi yang tidak lengkap dan mengandung ketidakpastian.
- Sebagai media pelengkap dalam pelatihan.
- Meningkatkan kapabilitas dalam penyelesaian masalah.

Di samping memiliki beberapa keuntungan, sistem pakar juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain :

- Biaya yang diperlukan untuk membuat dan memeliharanya relatif mahal karena diperlukan banyak data.
- Perlu admin khusus yang selalu update informasi dalam bidang yang sesuai dengan sistem pakar.
- Pengembangan perangkat lunak sistem pakar lebih sulit dibandingkan perangkat lunak konvensional.
- Susah dikembangkan.
- Membutuhkan waktu yang lama.

Alasan mendasar sistem pakar dikembangkan menggantikan seorang pakar adalah sebagai berikut :

1. Dapat menyediakan kepakaran setiap waktu dan di berbagai lokasi.
2. Secara otomatis mengerjakan tugas-tugas rutin yang membutuhkan seorang pakar.
3. Seorang pakar akan pensiun atau pergi.
4. Menghadirkan atau menggunkan jasa seorang pakar memerlukan biaya yang mahal.
5. Kepakaran dibutuhkan juga pada lingkungan yang tidak bersahabat (hostile environment).

Ada berbagai ciri dan karakteristik yang membedakan sistem pakar dengan sistem yang lain. Ciri dan karakteristik ini menjadi pedoman utama dalam pengembangan sistem pakar. Ciri dan karakteristik yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Pengetahuan sistem pakar merupakan suatu konsep, bukan berbentuk numerik. Hal ini dikarenakan komputer melakukan proses pengolahan data secara numerik sedangkan keahlian dari seorang pakar adalah fakta dan aturan-aturan, bukan numerik.
2. Informasi dalam sistem pakar tidak selalu lengkap, subjektif, tidak konsisten, subjek terus berubah dan tergantung pada kondisi lingkungan sehingga keputusan yang diambil bersifat tidak pasti dan tidak mutlak "ya" atau "tidak" akan tetapi menurut ukuran kebenaran tertentu. Oleh karena itu dibutuhkan kemampuan sistem untuk belajar secara mandiri dalam menyelesaikan masalah-masalah dengan pertimbangan-pertimbangan khusus.
3. Kemungkinan solusi sistem pakar terhadap suatu permasalahan adalah bervariasi dan mempunyai banyak pilihan jawaban yang dapat diterima, semua faktor yang ditelusuri memiliki ruang masalah yang luas dan tidak pasti. Oleh karena itu diperlukan fleksibilitas sistem dalam menangani kemungkinan solusi dari berbagai permasalahan.

4. Perubahan atau pengembangan pengetahuan dalam sistem pakar dapat terjadi setiap saat bahkan sepanjang waktu sehingga diperlukan kemudahan dalam modifikasi sistem untuk menampung jumlah pengetahuan yang semakin besar dan semakin bervariasi.
5. Pandangan dan pendapat setiap pakar tidaklah selalu sama, yang oleh karena itu tidak ada jaminan bahwa solusi sistem pakar merupakan jawaban yang pasti benar. Setiap pakar akan memberikan pertimbangan-pertimbangan berdasarkan faktor subjektif.
6. Keputusan merupakan bagian terpenting dari sistem pakar. Sistem pakar harus memberikan solusi yang akurat berdasarkan masukan pengetahuan meskipun solusinya sulit sehingga fasilitas informasi sistem selalu diperlukan.

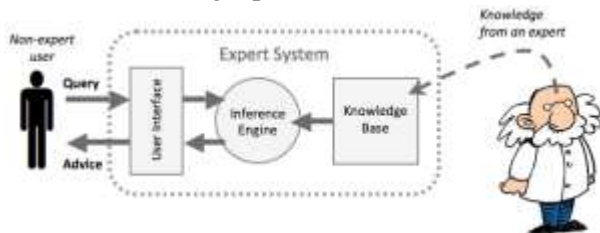
Konsep dasar sistem pakar mencakup beberapa persoalan mendasar, antara lain apa yang dimaksud dengan keahlian, siapa yang disebut pakar, bagaimana keahlian dapat ditransfer, dan bagaimana sistem bekerja. Pakar adalah orang yang memiliki pengetahuan, penilaian, pengalaman, dan metode khusus, serta kemampuan untuk menerapkan bakat ini dalam memberi nasehat dan memecahkan persoalan. Adalah tugas pakar untuk menyediakan pengetahuan tentang bagaimana melaksanakan suatu tugas yang akan dijalankan oleh sistem berbasis pengetahuan. Pengertian lain dari pakar ialah orang yang memiliki keahlian dalam suatu hal, yaitu memiliki pengetahuan atau keahlian khusus yang tidak diketahui dan tidak ada pada kebanyakan orang. Keahlian adalah pengetahuan ekstensif yang spesifik terhadap tugas yang dimiliki pakar.

Tingkat keahlian menentukan performa keputusan. Keahlian sering dicapai dari pelatihan, membaca, dan mempraktikkan. Keahlian mencakup pengetahuan eksplisit, misalnya teori yang dipelajari dari buku teks atau kelas, dan pengetahuan implisit yang diperoleh dari pengalaman.

3.2. Struktur Sistem Pakar

Menurut Turban (2005), sistem pakar adalah sistem informasi berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan pakar untuk mencapai performa keputusan tingkat tinggi dalam domain persoalan sempit.

Sistem pakar dapat ditampilkan dengan dua lingkungan, yaitu lingkungan pengembangan (development environment) dan lingkungan konsultasi (consultation environment). Lingkungan Pengembangan digunakan oleh sistem pakar (*expert system*) builder untuk membangun komponen dan memasukkan pengetahuan ke dalam basis pengetahuan. Lingkungan konsultasi digunakan oleh non pakar untuk memperoleh pengetahuan dan nasehat pakar. Lingkungan ini dapat dipisahkan setelah sistem lengkap.



Gambar 4. Konsep dasar sistem pakar (*expert system*)

Komponen-komponen sistem pakar terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

1. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)

Basis data dalam sistem disebut basis pengetahuan. Basis pengetahuan berisi pengetahuan yang dibutuhkan untuk memahami, merumuskan, dan memecahkan masalah. Basis pengetahuan menggunakan aturan-aturan untuk mengekspresikan logika masalah yang pemecahannya dibantu sistem pakar. Basis pengetahuan terdiri dari dua elemen, yaitu :

- a) Fakta : situasi, kondisi, dan kenyataan dari permasalahan yang ada, berisi juga teori dari bidang permasalahan tersebut.
- b) Aturan : mengarahkan pengguna pengetahuan untuk memecahkan masalah dari bidang tersebut.

Basis pengetahuan merupakan inti program sistem pakar dimana basis pengetahuan berasal dari seorang pakar. Basis pengetahuan ini tersusun atas fakta yang berupa informasi tentang cara bagaimana

membangkitkan fakta baru dari fakta yang sudah diketahui. Ada beberapa metode untuk mempresentasikan pengetahuan kedalam basis pengetahuan, yaitu :

a. Kalkulus Predikat

Kalkulus predikat merupakan cara sederhana untuk mempresentasikan pengetahuan secara deklaratif. Dalam kalkulus predikat pernyataan deklaratif dibagi atas dua bagian yaitu bagian predikat dan bagian argumen. Argumen berisi objek dan predikat menunjukkan hubungan atas sifat objek keduanya dikombinasikan membentuk suatu proposisi predikat 1 dan objek 2

b. List

List merupakan rangkaian aturan-aturan yang berhubungan. List digunakan untuk menggambarkan hierarki pengetahuan yang objek-objeknya dikelompokkan menurut aturan-aturannya. Objek tersebut dibagi menjadi kelompok-kelompok berdasarkan item yang sama, hubungan antar kelompok ditunjukkan dengan menghubungkan kelompok-kelompok tersebut.

c. Bingkai (frame)

Frame merupakan blok atau potongan pengetahuan mengenai objek khusus peristiwa atau elemen lain. Frame menggambarkan perincian objek. Penilaian ini diberikan dalam bentuk rak (slot) yang menggambarkan berbagai atribut dan karakteristik dari suatu objek.

d. Jaringan Sematik

Jaringan sematik adalah objek yang paling awal dipakai dalam mempresentasikan pengetahuan. Metode ini didasarkan pada struktur jaringan dan biasa digambarkan dengan grafik hubungan. Jaringan sematik terdiri dari lingkaran-lingkaran yang menunjukkan objek dan informasi tentang objek-objek tersebut. Objek ini bisa berupa benda atau peristiwa. Antara dua objek dihubungkan oleh arc yang menunjukkan hubungan antar objek.

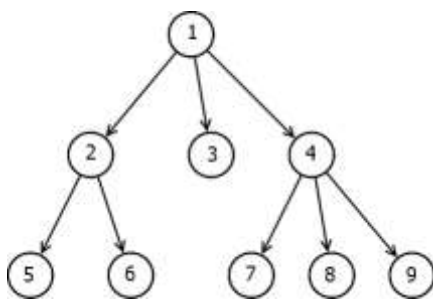
e. Kaidah Produksi

Kaidah produksi biasanya dalam bentuk jika-maka (*IF-THEN*). Kaidah ini dapat dikatakan sebagai hubungan implikasi dua bagian, yaitu bagian premis (jika) dan bagian konklusi (maka). Kaidah produksi merupakan salah satu bentuk representasi pengetahuan yang sering digunakan. Bermacam-

macam pengetahuan dapat diimplementasikan dalam bentuk yang sesuai dengan format kaidah *IF-THEN*. Kaidah produksi sangat populer karena formatnya yang sangat fleksibel.

f. Pohon Pelacakan

Pohon pelacakan merupakan struktur penggambaran secara hierarkis. Struktur pohon terdiri atas *node-node* yang menunjukkan objek dan *arc* (busur) yang menunjukkan hubungan antar objek. Untuk menghindari kemungkinan adanya proses pelacakan suatu node secara berulang, maka digunakan struktur pohon.



Gambar 5. Struktur pohon

Ada 2 bentuk pendekatan basis pengetahuan yang sangat umum digunakan yaitu :

i) Penalaran berbasis aturan (*Rule-Based-Reasoning*)

Pada penalaran berbasis aturan, pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk: *IF-THEN*. Bentuk ini digunakan apabila memiliki sejumlah pengetahuan pakar pada suatu permasalahan tertentu, dan si pakar dapat menyelesaikan masalah tersebut secara berurutan. Disamping itu bentuk ini juga digunakan apabila dibutuhkan penjelasan tentang jejak pencapaian solusi.

ii) Penalaran berbasis kasus (*Case-Based-Reasoning*)

Pada penalaran berbasis kasus, basis pengetahuan akan berisi solusi-solusi yang telah dicapai sebelumnya, kemudian akan diturunkan suatu solusi untuk keadaan yang terjadi sekarang (fakta yang ada). Bentuk ini digunakan apabila user menginginkan untuk tahu lebih banyak lagi pada

kasus-kasus yang hampir sama (mirip). Selain itu, bentuk ini juga digunakan apabila telah memiliki sejumlah situasi atau kasus tertentu dalam basis pengetahuan.

2. Mesin Referensi

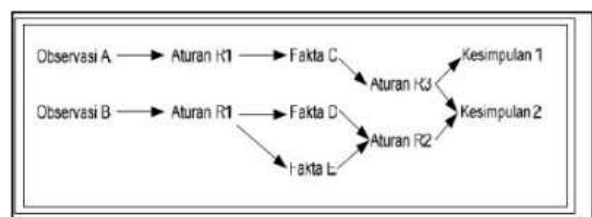
Mesin Inferensi Mesin Inferensi merupakan otak dari sistem pakar. Dikenal juga sebagai penerjemah aturan (*rule interpreter*). Komponen ini berupa program komputer yang menyediakan suatu metodologi untuk memikirkan (*reasoning*) dan memformulasi kesimpulan. Mesin inferensi menggunakan penalaran yang serupa dengan manusia dalam mengolah isi dari basis pengetahuan. Mesin inferensi terdiri dari tiga bagian, yaitu:

- a. *Interpreter*: digunakan untuk menerjemahkan aturan ke dalam bahasa mesin agar dapat menjalankan program
- b. *Scheduler*: digunakan untuk pencarian dan penalaran pada basis pengetahuan dalam penyelesaian masalah
- c. *Consistency Enforcer*: untuk menampilkan solusi permasalahan kerja

Sedangkan untuk pelacakannya, ada 2 cara yang dapat dipakai yaitu:

a. *Forward chaining*

Pencocokan fakta atau pernyataan dimulai dari bagian sebelah kiri (*IF* dulu). Penalaran dimulai dari fakta terlebih dahulu untuk menguji kebenaran hipotesis.



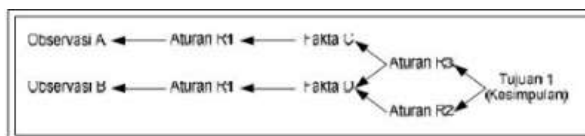
Gambar 6. Proses *Forward Chaining*

Menurut Arhami (2005) *Forward chaining* disebut juga penalaran dari bawah ke atas karena penalaran dari fakta pada level bawah menuju konklusi pada level atas didasarkan pada fakta. Penalaran dari bawah ke atas dalam suatu sistem pakar dapat disamakan untuk pemrograman konvensional dari bawah ke atas. Fakta merupakan

satuan dasar dari paradigma berbasis pengetahuan karena mereka tidak dapat diuraikan ke dalam satuan paling kecil yang mempunyai makna.

b. *Backward Chaining.*

Pencocokan fakta atau pernyataan dimulai dari bagian sebelah kanan (*THEN* dulu). Dengan kata lain, penalaran dimulai dari hipotesis terlebih dahulu, dan untuk menguji kebenaran hipotesis tersebut harus dicari fakta-fakta yang ada dalam basis pengetahuan.



Gambar 7. Proses *Backward Chaining*

Menurut Arhami (2005) *Backward chaining* adalah suatu rantai yang di lintasi dari suatu hipotesis kembali ke fakta yang mendukung hipotesis tersebut cara lain menggambarkan backward chaining adalah dalam hal tujuan yang dapat dipenuhi dengan pemenuhan sub tujuannya. *Backward chaining* juga bisa diartikan sebagai penalaran yang dimulai dari level tertinggi membangun suatu hipotesis, turun ke fakta level paling bawah yang dapat mendukung hipotesa dinamakan dengan penalaran dari atas kebawah.

3. Papan Tulis (*Workplace*)

Papan Tulis (*Workplace*) merupakan memori atau lokasi penyimpanan untuk sistem pakar bekerja dan menyimpan hasil sementara, yang berupa basis data. Memori ini berisi semua informasi tentang masalah tertentu, baik yang di input oleh pengguna atau yang berada dalam basis pengetahuan.

4. Antarmuka Pengguna

Interaksi antara sistem pakar dan pengguna berupa bahasa alami, biasanya dalam bentuk tanya jawab atau ditampilkan dalam bentuk gambar. Sistem pakar menyediakan antarmuka agar pengguna dapat berinteraksi dengan sistem pakar. Antarmuka pengguna memegang peranan penting dalam sistem pakar, untuk memperoleh informasi

yang akurat dari pengguna, perekayasa pengetahuan diharapkan membuat desain antarmuka pertanyaan yang baik.

5. Fasilitas Penjelasan

Fasilitas ini merupakan fasilitas tambahan yang menyediakan penjelasan kepada pengguna tentang mengapa sistem pakar mempertanyakan sebuah pertanyaan tertentu kepada pengguna dan bagaimana sistem pakar membuat suatu keputusan. Fasilitas penjelasan memberikan keuntungan kepada kedua belah pihak, perekayasa pengetahuan dapat memperbaiki kekurangan dari basis pengetahuan dan pengguna mendapatkan penjelasan tentang bagaimana pemikiran sistem pakar tersebut.

6. *Knowledge Refining System*

Seorang pakar mempunyai *knowledge refining system* artinya mereka dapat menganalisis sendiri performa mereka, belajar dari pengalaman, serta meningkatkan pengetahuannya untuk konsultasi berikutnya. Pada sistem pakar, evaluasi ini penting sehingga dapat menganalisis alasan keberhasilan atau kegagalan pengambilan keputusan, serta memperbaiki basis pengetahuan.

3.3 Model Pembangunan Sistem Pakar

Langkah awal yang dilakukan dalam membangun sistem adalah dengan menentukan model sistem yang akan digunakan. Dalam sistem pakar dikenal model sistem yang digunakan adalah *ESDLC (Expert System Development Life Cycle)*. *Expert System Development Life Cycle* merupakan konsep dasar dalam perancangan dan pengembangan sistem pakar yang sering digunakan. (Durkin, 1994).

Secara umum tahapan dari *Expert System Development Life Cycle* adalah:

1. Penilaian Keadaan

a. Mengidentifikasi masalah

b. Mendefinisikan tujuan umum dan ruang lingkup sistem

c. Memverifikasi kesesuaian sistem pakar dengan masalah

2. Analisa dan Akuisisi Pengetahuan

a. Analisa kebutuhan data, kebutuhan fungsi identifikasi unjuk kerja sistem dari mulai *entities*, aliran data, proses, *data store* dan *Entity Rational Diagram (ERD)* yang dilakukan perangkat, runtutan kondisi perangkat, serta pengembangan perangkat.

b. Menentukan sumber pengetahuan

c. Mendapatkan pengetahuan yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas

d. Mempelajari, menambah, dan mengatur pengetahuan.

3. Perancangan dan Implementasi

a. Mendefinisikan struktur sistem, pengaturan sistem, dan metode yang akan digunakan untuk pengambilan kesimpulan

b. Memilih bahasa pemrograman yang digunakan

c. Implementasi konsep rancangan system.

4. Pengujian

a. Melakukan pengujian sistem yang telah dibangun

b. Memodifikasi pengetahuan sistem

5. Dokumentasi

Membuat diagram dan *user dictionary* dalam sebuah dokumen teknis sebagai panduan bagi pengguna

3.4. Pengertian Probabilitas Bayesian

Dalam teori probabilitas dan statistika, teorema bayes adalah sebuah [teorema](#) dengan dua penafsiran berbeda. Dalam *penafsiran Bayes*, teorema ini menyatakan seberapa jauh derajat kepercayaan subjektif harus berubah secara rasional ketika ada petunjuk baru. Dalam *penafsiran frekuentis* teorema ini menjelaskan representasi invers probabilitas dua kejadian

Bayesian network merupakan salah satu *Probabilistic Graphical Model (PGM)* yang sederhana yang dibangun dari teori probabilistik dan

teori graf. Teori probabilistik berhubungan langsung dengan data sedangkan teori graf berhubungan langsung dengan bentuk representasi yang ingin didapatkan. (Heckerman, 1995).

Sebagai contoh, sebuah *bayesian network* dapat mewakili hubungan probabilistik antara penyakit dan gejala. *Bayesian network* dapat digunakan untuk mencari *troubleshooting* dari kehadiran berbagai gejala indikasi kerusakan.

Metode *bayesian network* merupakan metode yang baik di dalam mesin pembelajaran berdasarkan data *training*, dengan menggunakan probabilitas bersyarat sebagai dasarnya. *Bayesian network (BN)* atau jaringan bayes juga dikenal sebagai jaringan kepercayaan dari jaringan bayes yang pendek dan masih merupakan *probabilistic graphical model (PGM)* dengan *edge* berarah yang digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan tentang hubungan ketergantungan atau kebebasan diantara variabel-variabel domain persoalan yang dimodelkan. Pengetahuan tersebut direpresentasikan secara kualitatif menggunakan struktur graf dan secara kuantitatif menggunakan parameter-parameter numerik. Bayesian network terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

1. Struktur graf bayesian network disebut dengan *Directed Acyclic Graph (DAG)* yaitu graf berarah tanpa siklus berarah (Meigarani, 2010). DAG terdiri dari *node* dan *edge*. *Node* merepresentasikan variabel acak dan *edge* merepresentasikan adanya hubungan kebergantungan langsung dan dapat juga diinterpretasikan sebagai pengaruh (sebab-akibat) langsung antara variabel yang dihubungkannya. Tidak adanya *edge* menandakan adanya hubungan kebebasan kondisional di antara variabel.

Struktur grafis *bayesian network* ini digunakan untuk mewakili pengetahuan tentang sebuah domain yang tidak pasti. Secara khusus, setiap *node* dalam grafik merupakan variabel acak, sedangkan ujung antara node mewakili probabilistik yang bergantung di antara variabel-variabel acak yang sesuai. Kondisi ketergantungan ini dalam grafik sering diperkirakan dengan

menggunakan statistik yang dikenal dengan metode komputasi. Oleh karena itu, *bayesian network* menggabungkan prinsip-prinsip dari teori graf, teori probabilitas, ilmu pengetahuan komputer, dan statistik. (Wiley, 2007)

2. Himpunan parameter

Himpunan parameter mendefinisikan distribusi probabilitas kondisional untuk setiap variabel. Pada *bayesian network*, *nodes* berkorespondensi dengan variabel acak. Tiap *node* diasosiasikan dengan sekumpulan peluang bersyarat, $p(x_i|A_i)$ sehingga x_i adalah variabel yang diasosiasikan dengan *node* dan A_i adalah set dari *parent* dalam graf.

Dalam membangun *bayesian network*, struktur dibangun dengan pendekatan statistik yang dikenal dengan teorema *bayes* yaitu *conditional probability* (peluang bersyarat). *Conditional probability* yaitu perhitungan peluang suatu kejadian Y bila diketahui kejadian X telah terjadi, dinotasikan dengan $P(Y|X)$. Teorema ini digunakan untuk menghitung peluang suatu set data untuk masuk ke dalam suatu kelas tertentu berdasarkan inferensi data yang sudah ada. Dalam kaitan dengan diagnosis *troubleshooting* suatu mesin, X dapat mengacu pada gejala indikasi kerusakan mesin dan Y adalah jenis kerusakan mesin.

Rumus teori bayes yaitu:

$$P(A|B) = \frac{P(A|B)P(A)}{P(B)} \dots \dots \dots (1)$$

Atau dengan rumus:

$$P(A|B) = \frac{P(A|B)P(A)}{P(B|A)P(A) + P(B|\bar{A})P(\bar{A})} \dots \dots \dots (2)$$

Bayesian network dapat melakukan pengambilan keputusan (inferensi) probabilistik. Inferensi probabilistik adalah memprediksi nilai variabel yang tidak dapat diketahui secara langsung dengan menggunakan nilai-nilai variabel lain yang telah diketahui (Krause, 1998). Contoh inferensi probabilistik adalah menentukan probabilitas kondisional pasien mengidap penyakit mata jika

diketahui pasien tersebut mengalami mata merah dan tidak tahan cahaya. Inferensi probabilistik dapat dilakukan jika terlebih dahulu diperoleh joint probability distribution (JPD) dari semua variabel yang dimodelkan (Krause, 1998). JPD adalah probabilitas semua kejadian variabel yang terjadi secara bersamaan. Inferensi probabilistik dapat dilakukan jika *bayesian network* telah dibangun, sehingga yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah membangun struktur *bayesian network*. Dalam kasus diagnosis penyakit mata, hubungan antar variabel dan probabilitas nilai-nilai variabel belum diketahui, oleh karena itu *bayesian network* dibangun berdasarkan data kejadian mengenai variabel-variabel atau disebut dengan konstruksi *bayesian network* dari data. Konstruksi *Bayesian network* dari data terdiri dari dua tahap, yaitu :

1. Konstruksi struktur atau disebut juga tahap kualitatif, yaitu mencari keterhubungan antara variabel-variabel yang dimodelkan.
2. Estimasi parameter atau disebut juga tahap kuantitatif, yaitu menghitung nilai-nilai probabilitas.

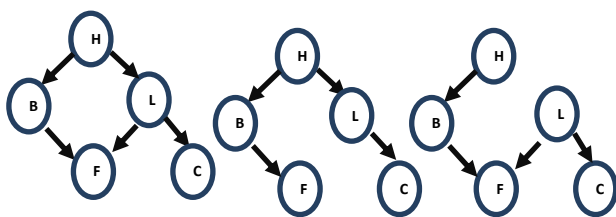
3.5. Konsep Dasar Bayesian Network

Untuk membangun *bayesian network*, memerlukan pemahaman dari konsep dasar *bayesian network*. Konsep dasar tersebut adalah sebagai berikut:

1. Struktur Graf.
 Struktur graf yang dimiliki oleh *bayesian network* adalah *Directed Acyclic Graph (DAG)*, yaitu graf berarah yang tidak memiliki siklus. Struktur dari DAG sering disebut bagian dari model kualitatif yang diperlukan untuk menentukan model model parameter kuantitatif. Parameter dijelaskan secara konsisten dengan properti markov, di mana *Conditional Probability Distribution (CPD)* pada setiap *node* bergantung pada *parent* yang dimiliki. (Wiley, 2007)
2. Kondisi Markov.
 Kondisi ini menunjukkan hubungan antara DAG dan distribusi probabilitas. *Bayesian*

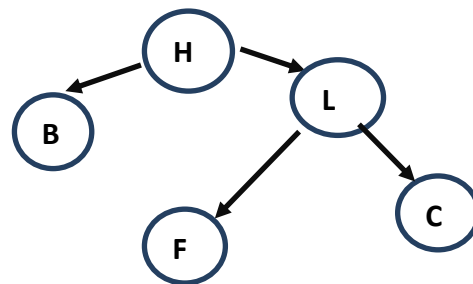
network memanfaatkan kondisi markov untuk melakukan representasi JPD secara efisien dan memperoleh adanya kebebasan kondisional antara variabel. Model graf pada kondisi markov berupa graf dengan ujung berarah. Jaringan markov ini memberikan definisi secara sederhana yaitu kebebasan antara dua node yang berbeda berdasarkan konsep dari selimut Markov. Jaringan Markov sangat populer di bidang keilmuan modern seperti fisika, statistik dan ilmu komputer. (Wiley, 2007)

3. D-separation.
 Properti DAG yang menyatakan hubungan kebebasan yang terdapat pada DAG. Semua kebebasan kondisional yang diperoleh dari kondisi markov akan diidentifikasi dengan properti ini.
4. Ekuivalensi Markov.
 Konsep tentang adanya DAG-DAG yang memiliki *dseparation* yang sama, yang dapat direpresentasikan dalam sebuah DAG *pattern*. Dua DAG merupakan ekuivalen markov jika dan hanya jika kedua DAG tersebut mempunyai *link-link* (*edge* tanpa memperhatikan arah) yang sama dan himpunan *uncoupled head-to-head meeting* yang sama. Teorema tersebut memberikan cara sederhana untuk merepresentasikan kelas ekuivalen markov pada sebuah graf. Graf ini disebut DAG *pattern*.



Gambar 8. DAG yang Ekuivalen Markov

5. Kondisi *Faithfulness*.
 Kondisi yang harus dipenuhi agar adanya *edge* diantara *node* pada DAG berarti ada ketergantungan langsung antar *node* tersebut.



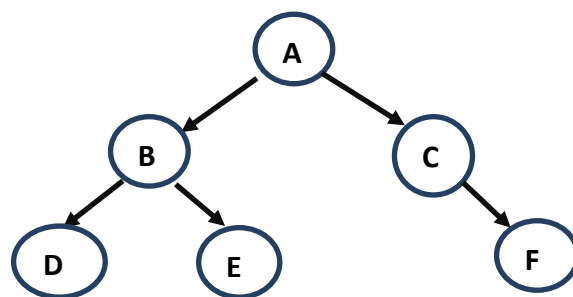
Gambar 9. DAG Patern Merepresentasikan Kelas Ekuivalen Markov

3.6. Membangun *Bayesian Network*

Setelah memahami konsep dasar dalam membangun *bayesian network*, maka terdapat dua tahapan dalam membangun bayesian network, yaitu:

1. Konstruksi struktur

Struktur *bayesian network* adalah *direct acyclic graph* yang dapat merepresentasikan sebuah pola dari sekumpulan data. Perepresentasian dalam bentuk graf dapat dilakukan dengan mengidentifikasi konsep-konsep informasi yang relevan terhadap masalah. Selanjutnya konsep-konsep tersebut disebut himpunan variabel. Himpunan tersebut kemudian direpresentasikan menjadi *node node* dalam *graf*. Pengaruh antara *variable* dinyatakan eksplisit menggunakan *edge* pada *graf*.



Gambar 10. Contoh *Direct Acyclic Graph*

Hubungan *parent*, *child*, dan *descendant* pada gambar 2.5 dinyatakan sebagai berikut:

- a. Node A adalah *parent* dari *node* B; *node* B adalah *child* dari *node* A.
- b. Node A adalah *parent* dari *node* C; *node* C adalah *child* dari *node* A.

- c. Node B adalah *parent* dari *node* D; *node* D adalah *child* dari *node* B.
 - d. Node B adalah *parent* dari *node* E; *node* E adalah *child* dari *node* B.
 - e. Node C adalah *parent* dari *node* F; *node* F adalah *child* dari *node* C.
 - f. {B,C,D,E,F} adalah *descendant* dari *node* A.
 - g. {D,E} adalah *descendant* dari *node* B.
 - h. {F} adalah *descendant* dari *node* C.
2. Estimasi parameter
- Setelah struktur *bayesian network* terbentuk, parameter dan hubungan ketergantungan antara *node* ditentukan dengan menggunakan pengetahuan pakar. Informasi ini dibutuhkan agar dapat menghitung *joint probability distribution*.

HASIL DAN DISKUSI

SISTEM PAKAR UNTUK TROUBLESHOOTING

Troubleshooting merupakan pencarian sumber masalah secara sistematis sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan. *Troubleshooting*, kadang-kadang merupakan proses penghilangan masalah, dan juga proses penghilangan penyebab potensial dari sebuah masalah. *Data Troubleshooting Main Engine MAN B&W kapal Arimbi* sesuai manual book terdapat tabel 1.

Tabel 1. Troubleshooting Main Engine MAN B&W Diesel AG Type L32/40 CD (Kapal Arimbi)

Trouble	Possible cause	Troubleshooting
Engine will not start.	Power supply is not correct, interlock activated or internal component	Check that the power supply is correct 24 V ± 20% on terminals J3; 132, 133.
Start motor is not engaged.	Failure	Check that no interlocks are activated – Turning gear not engaged – No start failure activated

		– No engine run signal – Remote mode is activated – No shutdown activated – Stop valve not activated – No lub. oil pressure – Prelub. oil pressure is OK Check that LED on base module is steadily green alright. Check that wirings from terminals J20; 98, 99 are correct. Check the safety system. Check that the ON/OFF switch on the base module is working properly. Note! After having switched on the power supply, the system initializes app. 3 seconds. Please wait with observations until initializing is finished. Replace the base module.
Data communication failure.	EMC problem or loose connections. EMC : Engine Monitoring Control	Check that the green LED on the base module is alright. Check that all cable screens are connected correctly in the EMC cable glands. Check that the data communication cable (MODBUS) is the twisted pair type.
The engine suddenly starts or stops.	Two or more earth failures on the engine and yard installation. EMC Problem	Check for earth failures on all sensors. Special attention should be made to the exh. gas sensors Check for earth failures in the yard system. Replace the base module.

Langkah langkah yang akan dilakukan untuk permasalahan troubleshooting ini adalah :

1. Identifikasi Masalah dan Pengetahuan.

Pembuatan sistem pakar ini diawali dengan penentuan domain kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi masalah dan analisa pengetahuan yang akan dimasukkan ke dalam sistem pendiagnosa. Identifikasi masalah dan pengetahuan dilakukan dengan langkah awal menggambarkan operasi keseluruhan. Pengetahuan ini diperoleh dari *troubleshooting manual book*.

2. Proses Akuisisi pengetahuan

Pengumpulan data penelitian yang berhubungan dengan data kerusakan (*fault*), data penyebab (*possible cause*), langkah pencarian sumber masalah (*troubleshooting*)

3. Mekanisme inferensi

Metode untuk menentukan *troubleshooting* dari kemungkinan penyebab (*posibble cause*) hasil diagnosa adalah dengan runut maju (*Forward chaining*). Runut maju merupakan proses perunutan yang dimulai dengan menampilkan kumpulan data atau fakta yang menyakinkan menuju konklusi akhir.

Selain menggunakan metode runut maju, diperlukan juga teknik penelusuran data dalam bentuk *network* atau jaringan yang terdiri *node-node* berbentuk pohon (*tree*). Penelusuran yang menggunakan pengetahuan akan suatu masalah untuk melakukan panduan pencarian kearah node tempat dimana solusi berada. Penelusuran ini dapat mengurangi beban komputasi.

4. Fasilitas penjelasan

Fasilitas penjelasan dalam sistem pakar yang akan dikembangkan berfungsi memberi penjelasan bagaimana sistem pakar menyimpulkan *troubleshooting*. Penjelasannya akan menampilkan rangkaian *diagnosa* mulai dari adanya sebuah gejala yang tampak.

5. Masukan dan Keluaran

Masukan dirancang untuk pengguna (user).

Masukan sistem pakar dari pengguna berupa :

- a. Data ship atau nama kapal..
- b. Data equipment atau nama peralatan diatas kapal.
- c. Data maker atau nama pembuat peralatan
- d. Data type atau jenis peralatan
- e. Data *trouble / fault* atau gejala kerusakan

Sistem ini digunakan untuk keperluan *updating knowledge*.

Keluaran sistem pakar ini adalah hasil diagnosa berupa trouble shooting dan tingkat kepastian (probabilitas bayesian) yang diberikan system, Keluarannya berupa :

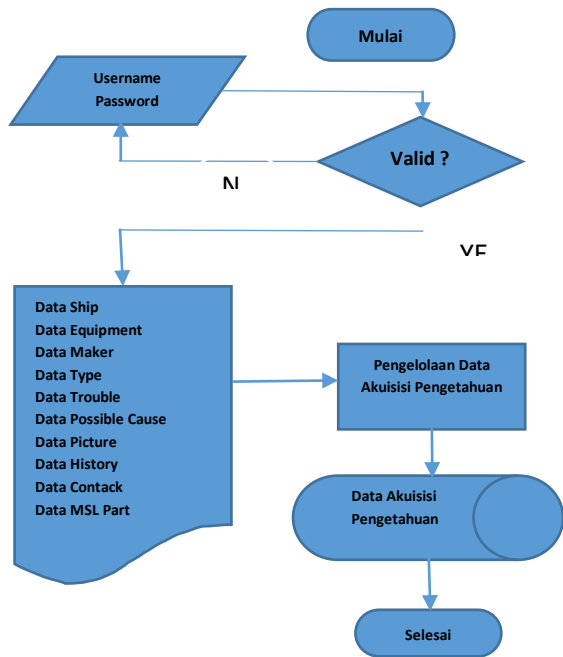
1. Data *possible cause* atau kemungkinan penyebab kerusakan
2. Data *picture* atau gambar dari *manual book*
3. Data *history* atau sejarah kerusakan yang pernah terjadi.
4. Data *contack* atau *email contack* ke *maker engineer*
5. Data *Minimum Stock Level (MSL) Part* yang tersedia diatas kapal.

6. Desain Sistem

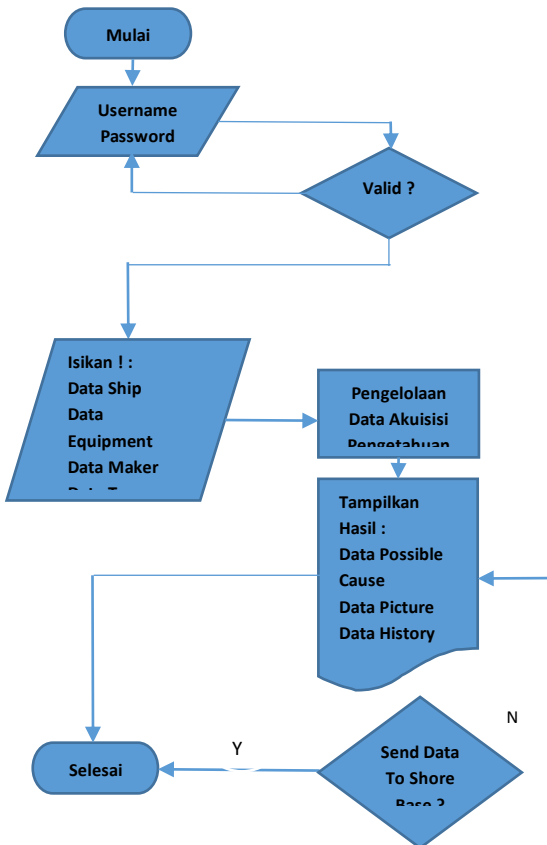
Desain sistem merupakan rancangan dari sistem yang akan dibuat. Proses dari rancangandibagi menjadi tiga bagian yaitu ; perancangan *Data Flow Diagram (DFD)*, perancangan antar muka pengguna dan perancangan basis data.

- a. Perancangan *Data Flow Diagram (DFD)*

Perancangan *Data Flow Diagram (DFD)* terdiri dari dua bagian, gambar 8 menjelaskan *flowchart* proses input data pengetahuan dan gambar 9 menjelaskan proses konsultasi *user*.



Gambar 11. Flowchart proses input data pengetahuan



Gambar 12. Flowchart proses konsultasi user

a. Perancangan antarmuka pengguna (*user*).

Antarmuka (*interface*) merupakan bagian dari perancangan untuk berinteraksi antara pengguna (*user*) dengan system pakar (*expert system*). Perancangan antarmuka ini diusahakan dengan tampilan yang mudah dimengerti oleh pengguna.

Gambar 13. Rancangan antarmuka (*interface*)

a. Perancangan basis data .

Dalam system pakar *troubleshooting* mesin induk kapal Arimbi, kapal milik pertamina, basis data diperoleh dari *manual book* perawatan kapal.

Data dari tabel 1. *Troubleshooting*. Adapun basis aturannya sebagai berikut :

IF Kerusakan pada {macam kerusakan /Trouble}

AND {jenis kerusakan atau kemungkinan penyebab/ Possible cause}

THEN Solisinya / Lakukan pengecekan {Troubleshooting}

Contoh basis aturan sebagai berikut;

IF {Data communication failure} **AND** {EMC problem or loose connections}

THEN {check that the green LED on the base module is

Alight, check that all cable screens are connected correctly

in the EMC cable glands, check that the data communiation cable (MODBUS) is the twisted pair type}

DISPLAY : picture, history, contack, MSL part

Jika terjadi kegagalan komunikasi data

Dan kemungkinan penyebabnya adalah :

- EMC bermasalah
- Terlepas koneksinya

Maka solusinya;

- Periksa apakah indilator LED hijau pada modul menyala. Jika padam maka EMC rusak.
- Periksa apakah semua kabel terhubung dengan benar dan gland kabel terikat baik di EMC.
- Periksa bahwa kabel komunikasi data (MODBUS) adalah tipe *twisted pair*. Jika tidak terlilit dengan baik terjadi radiasi elektromagnetik.

Tampilkan : picture, history, contack, MSL part

Pernyataan dari buku petunjuk (*manual book*) mesin diatas dapat diperinci lagi dengan mekanisme inferensi untuk mencari solusi;

Keterangan EMC adalah *Engine Monitoring Control*

Penelusuran kemungkinan 1 :

Jika terjadi kegagalan komunikasi data

Dan kemungkinan penyebabnya adalah :

- EMC bermasalah

Maka solusinya;

- Periksa apakah indilator LED hijau pada modul menyala. Jika padam maka EMC rusak.

Penelusuran kemungkinan 2 :

Jika terjadi kegagalan komunikasi data

Dan kemungkinan penyebabnya adalah :

Terlepas koneksinya

Maka solusinya;

- Periksa apakah semua kabel terhubung dengan benar dan gland kabel terikat baik di EMC.
- Periksa bahwa kabel komunikasi data (MODBUS) adalah tipe *twisted pair*. Jika tidak terlilit dengan baik terjadi radiasi elektromagnetik.

Cara melakukan perhitungan berdasarkan data ketika melakukan *troubleshooting* (1 masalah).

- Jumlah jenis kerusakan : 1 (kegagalan komunikasi data)
- Kemungkinan penyebabnya : 3 (EMC bermasalah atau terlepas koneksinya atau terjadi dua-duanya)
- Solusi pemecahan masalah (*troubleshooting*) : 3, penelusuran dilakukan bertahap sesuai kemungkinan penyebabnya.

Dalam contoh dapat dilakukan perhitungan berdasarkan observasi, misalnya :\

- Jumlah user : 50 Orang
- Terjadi *trouble* kegagalan komunikasi : 8 orang
Sehingga probabilitas terjadi kegagalan komunikasi tanpa memikirkan penyebab terjadinya kegagalan apapun, P(kegagalan komunikasi) adalah 8/50
- User dengan indikasi EMC mengalami kerusakan adalah 7 orang
Sehingga probabilitas user dengan indikasi mengalami kerusakan EMC jika terjadi kegagalan komunikasi P(EMC mengalami kerusakan|

kegagalan komunikasi) = $\frac{7}{8}$

- Sedang user mengalami mesin tiba-tiba mati atau hidup (*the engine suddenly starts or stop*) tanpa tahu penyebabnya berjumlah : 6 orang, probabilitasnya P(Mesin tiba-tiba mati) adalah $\frac{6}{50}$
- Jika diketahui EMC rusak juga menyebabkan mesin mati secara tiba-tiba, dan user yang mengalami berjumlah 5 orang, P(EMC mengalami kerusakan| mesin tiba-tiba mati) adalah $\frac{5}{6}$

Dengan menggunakan *probabilitas Bayesian* dapat di hitung :

- (1) Probabilitas terjadi kegagalan komunikasi jika diketahui EMC mengalami kerusakan

P(kegagalan komunikasi |EMC mengalami kerusakan) =

$$\frac{\frac{7}{8} \times \frac{8}{50}}{\frac{7}{8} \times \frac{8}{50} + \frac{5}{6} \times \frac{6}{50}} = 0,58$$

Nilai 0,58 untuk user yang berjumlah 50 Orang.

- (2) Probabilitas mesin mati mendadak jika diketahui EMC mengalami kerusakan

P(mesin mati mendadak |EMC mengalami kerusakan) =

$$\frac{\frac{5}{6} \times \frac{6}{50}}{\frac{7}{8} \times \frac{8}{50} + \frac{5}{6} \times \frac{6}{50}} = 0,42$$

Nilai 0,42 untuk user yang berjumlah 50 Orang

KESIMPULAN

Kesimpulan

Untuk mendukung visi dan misi perusahaan strategi bagian perawatan kapal (Ship Maintenance) membuat aplikasi sistem pakar (expert system). Sistem pakar (*expert system*) yang dikembangkan dapat membantu mencari sumber masalah secara sistematis (*troubleshooting*) atau menghilangkan penyebab potensial dari suatu masalah di mesin induk kapal Arimbi kapal milik PT. PERTAMINA (Persero). Sistem Pakar ini dapat menggantikan peran seorang pakar atau konsultan *expert*. Dalam mengatasi ketidakpastian dalam menyelesaikan masalah pada system pakar digunakan metode *Bayesian*.

DAFTAR PUSTAKA

- Gan, Galen. (2019). An Expert System for a Broadcasting Network. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 8. 683-688. [10.30534/ijatcse/2019/55832019](https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/55832019)
- Chojnacki, E. & Plumecocq, W. & Audouin, Laurent. (2019). An expert system based on a Bayesian network for fire safety analysis in nuclear area. *Fire Safety Journal*. 105. [10.1016/j.firesaf.2019.02.007](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.02.007).
- Giarratano, dan Riley, G, *Expert System principles and Programming*, PWS Publishing Company, Boston, 2005
- A. Kelik Nugroho and R. Wardoyo, *Expert System using Bayesian Theorm to Diagnose Pregnancy*, Berkala MIPA UGM, 23(3), September 2013
- TM Forum, 'The business process framework (eTOM)'
<http://tmforum.org/BusinessProcessFramework/1647/home.html>
- Bullinaria, J.A. *IAI:Expert System*, 2006.
- A. Warzyński and G. Kołaczek, "Intrusion detection systems vulnerability on adversarial examples," 2018 *Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, Thessaloniki, 2018, pp. 1-4.

- D. A. Bhosale and V. M. Mane, "Comparative study and analysis of network intrusion detection tools," 2015 International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), Davangere, 2015, pp. 312-315.
- R. Gaddam and M. Nandhini, "An analysis of various snort based techniques to detect and prevent intrusions in networks proposal with code refactoring snort tool in Kali Linux environment," 2017 International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), Coimbatore, 2017, pp. 10-15.
- A. Borkar, A. Donode and A. Kumari, "A survey on Intrusion Detection System (IDS) and Internal Intrusion Detection and protection system (IIDPS)," 2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI), Coimbatore, 2017, pp. 949-953.
- V. Visoottiviseth, P. Akarasiriwong, S. Chaiyasart and S. Chotivatunyu, "PENTOS: Penetration testing tool for Internet of Thing devices," TENCON 2017 - 2017 IEEE Region 10 Conference, Penang, 2017, pp. 2279-2284.
- K. Nam and K. Kim, "A Study on SDN security enhancement using open source IDS/IPS Suricata," 2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju, 2018, pp. 1124-1126.
- B. Brumen and J. Legvart, "Performance analysis of two open source intrusion detection systems," 2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 2016, pp. 1387-1392.
- Y. Cui, Q. Liu, K. Zheng and X. Huang, "Evaluation of Several Denial of Service Attack Methods for IoT System," 2018 9th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME), Hangzhou, 2018, pp. 794-798.
- A. Garg and P. Maheshwari, "Performance analysis of Snort-based Intrusion Detection System," 2016 3rd International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), Coimbatore, 2016, pp. 1-5.
- H. A. Sonawane and T. M. Pattewar, "A comparative performance evaluation of intrusion detection based on neural network and PCA," 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP), Melmaruvathur, 2015, pp. 0841-0845.
- Novianti E. *Klasifikasi menggunakan Metode Bayesian Belief Networks* FMIPA UGM, Yogyakarta, 2015.
- Thompson, Arthur A, Jr and Strickland III, *Strategic Management: Concepts and cases*, Business Publications Inc, 1984, chap 2.
- Andrew, Kenneth R, *The concept of Corporate Strategy*. Rev ed Homewood, II : Dow Jones-Irwin, 1980, chaps 2, 3, 4, and 5
- Hofer, Charles W., and Dan Schendel. *Strategy Formulation : Analytical Concepts*, St Paul, Minn.: West Publishing, 1978, chap 2
- Turban, E., Aronson, J. and Peng L., *Decision Support System and Intelligence System-7th Ed*, Pearson education, New Jersey, 2005 .
- MAN B&W Diesel AG D-86135, *Technical Documentation Engine System/Power Station Working Instructions*, Augsburg, 2013.
- www.pertamina.com diakses tanggal 4 Januari 2020 pukul 20.00 WIB