



Perancangan Aplikasi Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Mesin Alat Berat (Beko) Dengan Menerapkan Metode Teorema Bayes

Muhammad Syahrizal¹, Haryati²

¹ STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia

² Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia

Abstrak

Alat berat (beko) atau excavator merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat (beko) merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar, tapi adakalanya alat seperti ini bisa saja mengalami kerusakan. Kerusakan mesin alat berat (beko) perlu di sistem pakarkan karena tidak semua operator mengetahui atau paham mengenai kerusakan mesin alat berat (beko) atau excavator. Di dalam sistem pakar terdapat metode teorema bayes yang penafsirannya menggunakan dua teorema yang berbeda, teorema ini menjelaskan probabilitas dua kejadian. Atau dapat di artikan teorema ini di gunakan untuk menghitung peluang dalam suatu hipotesa. Dengan demikian alat berat (beko) atau excavator dapat disistem pakarkan menggunakan metode teorema bayes karena dapat menekan biaya operasional agar tidak membengkan dan kegunaan waktu yang efisien.

Kata Kunci: Excavator, Sistem Pakar, Teorema Bayes

Abstract

Heavy equipment or excavator is a tool used to assist human beings in doing the construction work of a building structure. Heavy equipment (beko) is an important factor in the project, especially construction and mining projects and other activities on a large scale, but sometimes such tools can be damaged. Damage machine heavy equipment (beko) needs to be on the system because not all experts know or understand about damage machine heavy equipment (beko) or excavator. In the expert system there is a method of Bayes theorem whose interpretation uses two different theorems, this theorem explaining the probability of two events. Or it can be interpreted this theorem is used to calculate the odds in a hypothesis. Thus, heavy equipment (beko) or excavators can be disistemed using the bayes theorem method because it can reduce operational costs in order not to use and efficient use of time.

Keywords: Excavator, Expert System, Bayes Theorem

1. PENDAHULUAN

Sistem pakar (*expert system*) merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan merupakan bidang ilmu yang muncul seiring perkembangan ilmu komputer saat ini. Sistem ini adalah sistem komputer yang bisa menyamai atau meniru kemampuan seorang pakar. Sistem ini bekerja untuk mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang menggabungkan dasar pengetahuan (*knowledge base*) dengan sistem inferensi untuk menggantikan fungsi seorang pakar dalam menyelesaikan suatu masalah [1]. Sistem pakar akan menjadi layaknya seorang pakar di dalam bidang tertentu sesuai kebutuhan manusia. Sistem pakar juga merupakan perkembangan dunia teknologi mutakhir, yang membuat manusia / pengguna mendapatkan informasi dan panduan pada saat yang diperlukan, selain juga dapat menghemat biaya.

Alat berat (beko) merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat (beko) merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat berat (beko) tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang di harapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relative lebih singkat. Adapun keuntungan-keuntungan dengan menggunakan alat berat (beko) antara lain waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar dan nilai-nilai ekonomis. Alat berat (beko) merupakan alat yang sangat penting di masa pembangunan saat ini maka alat ini membutuhkan perawatan ekstra untuk membuatnya terlihat terawat, tapi adakalanya alat seperti ini bisa saja mengalami kerusakan.

Di dalam sistem pakar terdapat beberapa metode seperti, *Certainty Factor*, *Teorema Bayes*, *Teori Dempster Shaffer*, dan lain-lain. Dimana *Certainty Factor* adalah suatu metode untuk membuktikan apakah suatu fakta itu pasti ataukah tidak pasti yang berbentuk metric yang biasanya di gunakan dalam sistem pakar. *Teorema Bayes* adalah teorema yang digunakan untuk menghitung peluang dalam suatu hipotesa. *Teori Dempster Shaffer* adalah suatu teori matematika untuk membuktikan berdasarkan *belief functions and plausible* (fungsi kepercayaan dan pemikiran yang masuk akal), yang di gunakan untuk mengkombinasikan potongan informasi yang terpisah (bukti)



untuk mengkalkulasi kemungkinan dari suatu peristiwa. Untuk memecahkan masalah yang ada kali ini penulis akan membahasnya dengan metode *Teorema Bayes*.

2. TEORITIS

2.1 Sistem Pakar

Kecerdasan buatan adalah suatu ilmu yang mempelajari cara membuat komputer melakukan sesuatu seperti yang dilakukan oleh manusia. Definisi lain yaitu kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas. Kecerdasan buatan (AI) sebagai sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia [2].

Sistem pakar (*expert system*) merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan merupakan bidang ilmu yang muncul seiring perkembangan ilmu komputer saat ini. Sistem ini adalah sistem komputer yang bisa menyamai atau meniru kemampuan seorang pakar. Sistem ini bekerja untuk mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang menggabungkan dasar pengetahuan (*knowledge base*) dengan sistem inferensi untuk menggantikan fungsi seorang pakar dalam menyelesaikan suatu masalah [1].

Adapun ciri-ciri sistem pakar adalah sebagai berikut:

1. Terbatas pada bidang yang spesifik.
2. Dapat memberikan penalaran untuk data-data yang tidak lengkap atau tidak pasti.
3. Dapat mengemukakan rangkaian alasan yang di berikannya dengan cara yang dapat di pahami.
4. Berdasarkan pada *rule* atau kaidah tertentu.
5. Dirancang untuk dapat di kembangkan secara bertahap.
6. Outputnya bersifat nasihat atau anjuran.
7. Output tergantung dari dialog dengan user.
8. *Knowledge base* dan *inferensi engine* terpisah [1].

2.2 Excavator

Excavator di pergunakan pada pekerjaan konstruksi, kehutanan dan industri pertambangan, karena alat ini dapat melakukan berbagai macam pekerjaan. Pekerjaan yang di lakukan di antaranya untuk penggalian parit sempit sebelum meletakkan pipa atau penggali parit untuk pondasi bangunan, mengisi material ke dalam truk atau jenis alat pengangkut lain, penggalian untuk memindahkan material dari suatu area dan menempatkannya ke tempat lain, menghancurkan dinding beton, memotong baja, memindahkan material di tempat pembuangan, melakukan pengeboran tanah, menghancurkan batu, mengambil lumpur dan pasir dari sungai, mendorong material dan berbagai pekerjaan lainnya. Pekerjaan tersebut diatas tergantung pada *worktool* yang digunakan.

Excavator dapat bekerja dalam kondisi basah tanpa adanya masalah pada permukaan yang keras. Namun jika permukaan lunak, kondisi basah akan menyebabkan bagian depan *track* tenggelam. Seluruh *Excavator* besar caterpillar menggunakan *track* dan yang berukuran kecil dapat menggunakan roda ataupun *track*.

Deteksi merupakan suatu keingintahuan manusia dalam suatu hal tertentu yang menyebabkan adanya pembuatan alat yang dapat membantu memecahkan masalah keingintahuan manusia. Dengan adanya alat deteksi atau perancangan alat deteksi mampu menghasilkan informasi yang menjadi penyebab tersebut atau yang menjadi gejala-gejala pada kerusakan tersebut. Deteksi dalam bidang teknik mampu membantu mengetahui kerusakan pada suatu alat. Deteksi dapat di artikan dengan diagnosis atau diagnosa di dalam bidang kesehatan. Diagnosa yang dimaksud adalah untuk mengetahui gejala-gejala kerusakan atau menentukan tingkatan kerusakan pada alat berat (excavator).

Adapun jenis-jenis kerusakan mesin alat berat (beko) adalah sebagai berikut:

1. *hard to start*,
2. kerusakan *electrical system* dan
3. kerusakan *air intake and exhaust system*.
4. kerusakan pada *fuel system*

2.3 Teorema Bayes

Teorema bayes di kemukakan oleh seorang pendeta Presbyterian inggris pada tahun 1763 yang bernama Thomas Bayes. Theorema bayes kemudian di sempurnakan oleh laplace. Theorema bayes di gunakan untuk menghitung probabilitas terjadinya suatu peristiwa berdasarkan pengaruh yang di dapat dari hasil observasi.

Teorema Bayes, diambil dari nama Rev.Thomas Bayes, menggambarkan hubungan antara peluang bersyarat dari dua kejadian *H* dan *E* sebagai berikut:



$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P(H E)	Probabilitas hipotesis H terjadi jika <i>evidence</i> E terjadi
P(E H)	Probabilitas munculnya <i>evidence</i> E, jika hipotesa H terjadi
P(H)	Probabilitas hipotesis H tanpa memandang <i>evidence</i> apapun
P(E)	Probabilitas <i>evidence</i> E tanpa memandang apapun

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Alat berat (beko) merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat (beko) merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat berat (beko) tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang di harapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relative lebih singkat. Adapun keuntungan-keuntungan dengan menggunakan alat berat (beko) antara lain waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar dan nilai-nilai ekonomis. Alat berat (beko) merupakan alat yang sangat penting di masa pembangunan saat ini maka alat ini membutuhkan perawatan ekstra untuk membuatnya terlihat terawat, tapi adakalanya alat seperti ini bisa saja mengalami kerusakan.

Kerusakan mesin alat berat (beko) perlu di sistem pakarkan karena tidak semua operator mengetahui atau paham mengenai kerusakan mesin alat berat (beko). Dengan demikian operator harus mendatangkan pakarnya atau untuk bertanya langsung dengan pakarnya, dengan adanya sistem pakar dapat membantu operator atau masyarakat awam yang ingin mengetahui kerusakan mesin alat berat (beko) tanpa harus bertatap muka langsung dengan ahlinya atau pakarnya. Kerusakan mesin alat berat (beko) bisa saja terjadi secara tiba-tiba karena kurangnya perawatan. Akibatnya dari kerusakan mesin alat berat beko ini mengakibatkan ongkos biaya perbaikan membengkak atau membuat biaya pengeluaran menjadi bertambah, dan karena mengharuskan mendatangkan pakarnya langsung ke lokasi kejadian yang membutuhkan waktu yang membuat pekerjaan tertunda atau sampai tidak bisa bekerja karena alat tidak bisa di pakai, dan akan membuat proyek bisa saja rugi karena menunggu pakar datang yang membuat proyek tidak bekerja.

Dalam contoh kasus kerusakan mesin alat berat (beko) misalnya sebuah mesin alat berat (beko) mengalami kerusakan tetapi operator tidak tahu apa penyebab kenapa mesin alat berat (beko) tersebut bisa mengalami kerusakan.

Dalam kasus diatas penulis akan menguraikan penyelesaian permasalahan kerusakan mesin alat berat (beko) dengan menerapkan pengerjaan dengan metode *teorema bayes*.

Jika mesin alat berat beko mengalami kerusakan, maka yang pertama kali dilakukan adalah mengetahui gejala-gejala yang di rasakan.

Tabel 1. Gejala-Gejala Kerusakan Mesin Alat Berat (Beko)

No	Kerusakan	Kode	Gejala
1.	Kerusakan hard to start	G1	Voltage battery terlalu rendah
		G2	Kabel atau swich putus
		G3	Dinamo starter sudah pendek atau habis
		G4	Bahan bakar solar habis
		G5	Filter solar kotor
		G6	Fuel pump broken
		G7	Injector tersumbat
		G8	Element filter kotor
2.	Kerusakan pada electrical system	G01	Wiring harness tidak terhubung ke battery
		G02	Starting switch tidak mengalirkan arus listrik ke penggerak relay utama
		G03	Starting motor tidak dapat merubah tenaga listrik menjadi tenaga putar



No	Kerusakan	Kode	Gejala
3.	Kerusakan pada air intake and exhaust system	GA1	Turbocharge tidak bisa memompa udara
		GA2	Aftercooler tidak bisa mendinginkan udara
		GA3	Tidak terjadinya pembakaran diruang pembakaran
4.	Kerusakan pada fuel system	GB1	Terjadi kebocoran pada sambungan antara hose ataupun piping dari fuel line.
		GB2	terjadi kebocoran pada fuel filter.
		GB3	selenoid injector tidak bekerja.

Dari tabel diatas dapat dilihat gejala-gejala dari kerusakan mesin alat berat (beko), maka setelah itu penulis memasukan bobot atau terminologi kepastian dari gejala yang ada, tabel terminologi dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 2. Nilai Bayes

Terminologi Kepastian	A/B
Tidak Pasti	0
Tidak Tahu	0,2
Kurang Pasti	0,4
Cukup Pasti	0,6
Hampir Pasti	0,8
Pasti	1,0

Sebagai contoh proses pemberian bobot pada setiap premis (gejala) hingga memperoleh persentase keyakinan untuk mengidentifikasi gejala kerusakan mesin alat berat (beko).

Tabel 3. Tabel Persentase Kesimpulan

Tingkat persentase	Nilai Keyakinan
0%-50%	Sedikit kemungkinan atau kemungkinan kecil
51%-79%	Kemungkinan
80%-99%	Kemungkinan Besar
100%	Sangat yakin

Dalam hal ini Pakar menentukan nilai *Bayes* untuk masing-masing ciri-ciri sebagai berikut :

Tabel 4. Tabel Pakar Menentukan Nilai *Teorema Bayes*

No	Kerusakan	Kode	Gejala	Bobot	Keterangan
1.	Kerusakan hard to start	G1	Voltage battery terlalu rendah	0,8	Hampir pasti
		G2	Kabel atau swich putus	0,6	Cukup pasti
		G3	Dinamo starter sudah pendek atau habis	0,6	Cukup pasti
		G4	Bahan bakar solar habis	0,8	Hampir pasti
		G5	Filter solar kotor	0,6	Cukup pasti
		G6	Fuel pump broken	0,6	Cukup pasti



No	Kerusakan	Kode	Gejala	Bobot	Keterangan
		G7	Injector tersumbat	0,4	Kurang pasti
		G8	Element filter kotor	0,6	Cukup pasti
		G01	Wiring harness tidak terhubung ke battery	0,6	Cukup pasti
2.	Kerusakan pada electrical system	G02	Starting switch tidak mengalirkan arus listrik ke penggerak relay utama	0,6	Cukup pasti
		G03	Starting motor tidak dapat mengubah tenaga listrik menjadi tenaga putar	0,8	Hampir pasti
3.	Kerusakan pada air intake and exhaust system	GA1	Turbocharge tidak bisa memompa udara	0,6	Cukup pasti
		GA2	Aftercooler tidak bisa mendinginkan udara	0,6	Cukup pasti
		GA3	Tidak terjadinya pembakaran di dalam ruang bakar	0,8	Hampir pasti
4.	Kerusakan pada fuel system	GB1	Terjadi kebocoran pada sambungan antara hose ataupun piping dari fuel line.	0,6	Cukup Pasti
		GB2	Terjadi kebocoran pada fuel filter.	0,4	Kurang Pasti
		BG3	selenoid injector tidak bekerja	0,6	Cukup Pasti

Misalkan *user* memilih jawaban sebagai berikut :

Tabel 5. Tabel *User* Memilih Jawaban

No	Kerusakan	Kode	Gejala	Bobot keyakinan	Keterangan
1.	Kerusakan hard to start	G1	Voltage battery terlalu rendah	0,6	Cukup pasti
		G2	Kabel atau swich putus	0,4	Kurang pasti
		G3	Dinamo starter sudah pendek atau habis	0,2	Tidak tahu
		G4	Bahan bakar solar habis	0,6	Cukup pasti
		G5	Filter solar kotor	0,2	Tidak tahu
		G6	Fuel pump broken	0,2	Tidak tahu
		G7	Injector tersumbat	0,2	Tidak tahu
		G8	Element filter kotor	0,2	Tidak tahu
2.	Kerusakan pada electrical system	G01	Wiring harness tidak terhubung ke battery	0,2	Tidak tahu
		G02	Starting switch tidak mengalirkan arus listrik ke penggerak relay utama	0,4	Kurang pasti
		G03	Starting motor tidak dapat mengubah tenaga listrik menjadi tenaga putar	0,6	Cukup pasti
3.	Kerusakan pada air intake and exhaust system	G001	Turbocharge tidak bisa memompa udara	0,2	Tidak tahu
		G002	Aftercooler tidak bisa mendinginkan udara	0,2	Tidak tahu
		G003	Tidak terjadinya pembakaran didalam ruang bakar	0,6	Cukup pasti



No	Kerusakan	Kode	Gejala	Bobot keyakinan	Keterangan
4.	Kerusakan pada fuel system	GB1	Terjadi kebocoran pada sambungan antara hose ataupun piping dari fuel line.	0,2	Tidak tahu
		GB2	Terjadi kebocoran pada fuel filter.	0,2	Tidak tahu
		BG3	selenoid injector tidak bekerja	0,4	Kurang pasti

Dalam mengekspresikan derajat peluang, *Teorema Bayes* untuk mengasumsikan derajat peluang seorang pakar terhadap suatu data dengan mengalihkan *Teorema Bayes* bobot kepastian dengan *Teorema Bayes* dengan kerusakan *hard to start* adalah sebagai berikut:

$$P[H]1 = \frac{H1}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,8}{5}$$

$$= 0,16$$

$$P[H]2 = \frac{H2}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,6}{5}$$

$$= 0,12$$

$$P[H]3 = \frac{H3}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,6}{5}$$

$$= 0,12$$

$$P[H]4 = \frac{H4}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,8}{5}$$

$$= 0,16$$

$$P[H]5 = \frac{H5}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,6}{5}$$

$$= 0,12$$

$$P[H]6 = \frac{H6}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,6}{5}$$

$$= 0,12$$

$$P[H]7 = \frac{H7}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,4}{5}$$

$$= 0,08$$

$$P[H]8 = \frac{H8}{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7 + H8}$$

$$= \frac{0,6}{5}$$

$$= 0,12$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui, probabilitas hipotesis H tanpa memandang *Evidence* apapun, maka langkah selanjutnya adalah:



$$\sum_{k=1}^n = P(H_i) * P(E \setminus H_i - n)$$

$$\sum_{k=1}^8 = 0,16 * 0,6 + 0,12 * 0,4 + 0,12 * 0,2 + 0,16 * 0,6 + 0,12 * 0,2 + 0,12 * 0,2 + 0,08 * 0,2 + 0,12 * 0,2$$

$$= 0,096 + 0,048 + 0,024 + 0,096 + 0,024 + 0,024 + 0,016 + 0,024$$

$$= 0,352$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i|E)$ atau probabilitas hipotesis H_i benar jika diberikan *evidence* E .

$$P(H_i|E) = \frac{P(E \setminus H_i) * P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P(E \setminus H_i) * P(H_i)}$$

$$P(H_1|E) = \frac{0,6 * 0,16}{0,352} = 0,2727$$

$$P(H_2|E) = \frac{0,4 * 0,12}{0,352} = 0,1364$$

$$P(H_3|E) = \frac{0,2 * 0,12}{0,352} = 0,0682$$

$$P(H_4|E) = \frac{0,6 * 0,16}{0,352} = 0,2727$$

$$P(H_5|E) = \frac{0,2 * 0,12}{0,352} = 0,0682$$

$$P(H_6|E) = \frac{0,2 * 0,12}{0,352} = 0,0682$$

$$P(H_7|E) = \frac{0,2 * 0,08}{0,352} = 0,0454$$

$$P(H_8|E) = \frac{0,2 * 0,12}{0,352} = 0,0682$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i|E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai bayesnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^n \text{Bayes} = \text{Bayes1} + \text{Bayes2} + \text{Bayes 3} + \text{Bayes 4} + \text{Bayes 5} + \text{Bayes} + \text{Bayes 7} + \text{Bayes 8}$$

$$= 0,2727 + 0,1364 + 0,0682 + 0,2727 + 0,0682 + 0,0682 + 0,0454 + 0,0682$$

$$= 1$$

Dari kesimpulan perhitungan diatas maka dapat dipastikan Alat berat (beko) diprediksi mengalami *hard to start* dengan nilai 100% maka solusinya adalah periksa kondisi *battery*, *charge battery* atau ganti jika perlu dan mengisi bahan bakar solar. Pengerjaan kerusakan *electrical system* dengan kaidah tersebut kemudian dihitung nilai *Teorema Bayes* nya dengan mengalihkan *Teorema Bayes* bobot kepastian dengan *Teorema Bayes* menjadi:

$$P[H]1 = \frac{H1}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{2}$$

$$= 0,3$$

$$P[H]2 = \frac{H2}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{2}$$

$$= 0,3$$

$$P[H]3 = \frac{H3}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,8}{2}$$

$$= 0,4$$



Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui, probabilitas hipotesis H tanpa memandang *Evidence* apapun, maka langkah selanjutnya adalah:

$$\sum_{k=1}^n = P(H_i) * P(E \setminus H_i - n)$$

$$\sum_{k=1}^3 = 0,3 * 0,2 + 0,3 * 0,4 + 0,4 * 0,6$$

$$= 0,06 + 0,12 + 0,24$$

$$= 0,42$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i|E)$ atau probabilitas hipotesis H_i benar jika diberikan *evidence* E .

$$P(H_i|E) = \frac{P(E \setminus H_i) * P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P(E \setminus H_i) * P(H_i)}$$

$$P(H_1|E) = \frac{0,2 * 0,3}{0,42} = 0,1428$$

$$P(H_2|E) = \frac{0,4 * 0,3}{0,42} = 0,2857$$

$$P(H_3|E) = \frac{0,6 * 0,4}{0,42} = 0,5714$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i|E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai bayesnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^n \text{Bayes} = \text{Bayes1} + \text{Bayes2} + \text{Bayes 3}$$

$$= 0,1428 + 0,2857 + 0,5714$$

$$= 0,9999$$

Dari kesimpulan perhitungan diatas maka dapat dipastikan Alat berat (beko) diprediksi mengalami kerusakan *electrical system* dengan nilai 99,99% maka solusinya adalah periksa kondisi *starting motor* hingga menyala atau ganti jika perlu. Pengerjaan kerusakan *air intake and exhaust system* dengan kaidah tersebut kemudian dihitung nilai *Teorema Bayes* nya dengan mengalihkan *Teorema Bayes* bobot kepastian dengan *Teorema Bayes* menjadi:

$$P[H]1 = \frac{H1}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{2}$$

$$= 0,3$$

$$P[H]2 = \frac{H2}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{2}$$

$$= 0,3$$

$$P[H]3 = \frac{H3}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,8}{2}$$

$$= 0,4$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui, probabilitas hipotesis H tanpa memandang *Evidence* apapun, maka langkah selanjutnya adalah:



$$\sum_{k=1}^n = P(H_i) * P(E \setminus H_i - n)$$

$$\sum_{k=1}^3 = 0,3 * 0,2 + 0,3 * 0,2 + 0,4 * 0,6$$

$$= 0,06 + 0,06 + 0,24$$

$$= 0,36$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i|E)$ atau probabilitas hipotesis H_i benar jika diberikan *evidence* E .

$$P(H_i|E) = \frac{P(E \setminus H_i) * P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P(E \setminus H_i) * P(H_i)}$$

$$P(H_1|E) = \frac{0,2 * 0,3}{0,36} = 0,1666$$

$$P(H_2|E) = \frac{0,2 * 0,3}{0,36} = 0,1666$$

$$P(H_3|E) = \frac{0,6 * 0,4}{0,36} = 0,6666$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i|E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai bayesnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^n \text{Bayes} = \text{Bayes1} + \text{Bayes2} + \text{Bayes 3}$$

$$= 0,1666 + 0,1666 + 0,6666$$

$$= 0,9998$$

Dari kesimpulan perhitungan diatas maka dapat dipastikan Alat berat (beko) diprediksi mengalami kerusakan *air intake and exhaust system* dengan nilai 99,98% maka solusinya adalah periksa kondisi ruang pembakaran sehingga tidak ada kebocoran atau ganti jika perlu. Pengerjaan kerusakan *fuel system* dengan kaidah tersebut kemudian dihitung nilai *Teorema Bayes* nya dengan mengalihkan *Teorema Bayes* bobot kepastian dengan *Teorema Bayes* menjadi:

$$P[H]1 = \frac{H1}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{1,6}$$

$$= 0,375$$

$$P[H]2 = \frac{H2}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,4}{1,6}$$

$$= 0,25$$

$$P[H]3 = \frac{H3}{H1 + H2 + H3}$$

$$= \frac{0,6}{1,6}$$

$$= 0,375$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui, probabilitas hipotesis H tanpa memandang *Evidence* apapun, maka langkah selanjutnya adalah:

$$\sum_{k=1}^n = P(H_i) * P(E \setminus H_i - n)$$

$$\sum_{k=1}^3 = 0,375 * 0,2 + 0,25 * 0,2 + 0,375 * 0,4$$

$$= 0,075 + 0,05 + 0,15$$



$$= 0,275$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i|E)$ atau probabilitas hipotesis H_i benar jika diberikan *evidence* E .

$$P(H_i|E) = \frac{P(E|H_i) * P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P(E|H_k) * P(H_k)}$$
$$P(H_1|E) = \frac{0,2 * 0,375}{0,275} = 0,2727$$
$$P(H_2|E) = \frac{0,2 * 0,25}{0,275} = 0,1818$$
$$P(H_3|E) = \frac{0,4 * 0,375}{0,275} = 0,5454$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i|E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai bayesnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^n \text{Bayes} = \text{Bayes1} + \text{Bayes2} + \text{Bayes 3}$$
$$= 0,2727 + 0,1818 + 0,5454$$
$$= 0,9999$$

Dari kesimpulan perhitungan di atas maka dapat dipastikan Alat berat (beko) diprediksi mengalami kerusakan *fuel system* dengan nilai 99,99% maka solusinya adalah ganti injector dengan yang baru.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pakar dapat mengidentifikasi kerusakan mesin alat berat (beko) atau *excavator*, agar dapat memudahkan masyarakat dalam mengetahui gejala-gejala kerusakan yang dimiliki.
2. Metode *Teorema Bayes* dapat diterapkan pada sistem pakar untuk mengidentifikasi kerusakan mesin alat berat (beko) atau *excavator* sesuai dengan perhitungannya.
3. Aplikasi telah berhasil dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman *Microsoft Visual Basic 2008* dan *MySQL* sebagai pengolah data.

REFERENCES

- [1] Anita Desiani and Muhammad Arhami, *Konsep Kecerdasan Buatan*, 1st ed., Dhewiberta Hardjono, Ed. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit ANDI, 2006.
- [2] Kusri, *Sistem Pakar Teori dan Aplikasi*, 1st ed., fl.Sigit Suyantoro, Ed. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit ANDI, 2006.
- [3] T. Sutojo, Edy Mulyanto, and Dr. Vincent Suhartono, *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit ANDI, 2011.
- [4] Muhammad Zuchry, "GAYA SILINDER STICK DAN SILINDER BUCKET PADA EXCAVATOR 320 CATERPILLAR AKIBAT GAYA POTONG," *Jurnal Mekanikal*, vol. 3, no. 2, pp. 293-302, Juli 2012.
- [5] Ririn Marlisa, "SISTEM PAKAR MENDIAGNOSA KEGUGURAN PADA IBU HAMIL BERDASARKAN JENIS MAKANAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE TEOREMA BAYES," *Informasi dan Teknologi Ilmiah*, vol. IV, no. 3, pp. 24-32, Oktober 2014.
- [6] Russari, Intan, *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Batu Ginjal Menggunakan Teorema Bayes*, vol. 3, no. 1, pp. 18-22, Februari 2016.
- [7] Jogianto, Hartono, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Andi, 2005.
- [8] Probowo Pudjo Widodo, Herlawati, *Analisis dan Perancangan*. Bandung, Indonesia: Penerbit Informatika, 2011.
- [9] Rama, Jones, *Sistem Informasi Akuntansi*. Jakarta, Indonesia: Penerbit Salemba Empat, 2008.
- [10] Arif Aditya Primanda, *Dasar-Dasar Pemrograman Database Desktop Dengan Visual Basic.Net 2008*, 1st ed. Jakarta, Indonesia: penerbit PT.Alex Media Komputindo, 2013.
- [11] Marsi, *Panduan Aplikasi dan Solusi (PAS) Membuat Aplikasi Client Server dengan Visual Basic 2008*, 1st ed., Woro Widjaya, Ed. Semarang, Indonesia: Wahana Komputer, 2010.
- [12] N. A. Hasibuan, K. Yusmiarti, F. T. Waruwu, and R. Rahim, "Expert systems with genetics probability," *Int. J. Res. Sci. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 112-116, 2017.
- [13] I. Sumatorno, D. Arisandi, A. P. U. Siahaan, and Mesran, "Expert System of Catfish Disease Determinants Using Certainty Factor Method," *Int. J. Recent Trends Eng. Res.*, vol. 3, no. 8, pp. 202-209, 2017.



- [14] R. R. Fanny, N. A. Hasibuan, and E. Buulolo, "PERANCANGAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT ASIDOSIS TUBULUS RENALIS MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR DENGAN PENULUSURAN FORWARD CHAINING," *MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 1, no. 1, Feb. 2017.
- [15] R. P. Tanjung and Mesran, "SISTEM PAKAR MENDETEKSI KERUSAKAN MESIN LAS INVERTER DENGAN METODE CERTAINTY FACTOR," *Maj. Ilm. INFOTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 62–64, 2017.
- [16] Yeni Lestari Nasution, M. Mesran, S. Suginam, and F. Fadlina, "SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSIS PENYAKIT TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR (CF)," *J. INFOTEK*, vol. 2, no. 1, Feb. 2017.
- [17] Verawaty Monica Barus, M. Mesran, S. Suginam, and A. Karim, "SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSIS HAMA PADA TANAMAN JAMBU BIJI MENGGUNAKAN METODE BAYES," *J. INFOTEK*, vol. 2, no. 1, Feb. 2017.