Sistem Pakar Mendeteksi Kerusakan Sistem Hidrolic Pada Excavator Dengan Metode Certainty Factor

Bryan Pratama Sembiring^{1*}, Hasanul Fahmi²

^{1,2} STMIK Pelita Nusantara

Jl. Iskandar Muda No. 1 Medan 20154

Corresponding e-mail : bryansembiring9@gmail.com

Abstrak— Alat berat *excavator* biasa digunakan dalam industri konstruksi, pertanian atau perhutanan. Sistem hidrolik merupakan sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida cair. Seorang pakar harus mampu menyusun kembali pengetahuan-pengetahuan yang diperoleh, dapat memecahkan aturan-aturan serta menentukan relevansi kepakarannya. Metode Certainty Factor ini bisa mengolah 2 bobot dalam sekali perhitungan tidak ada aturan untuk mengkombinasikan bobotnya, karena untuk kombinasi seperti apapun hasilnya akan tetap sama. Untuk mendapatkan tingkat keyakinan dapat dengan cara mewawancarai seorang pakar dengan aturan *CF (Rule)*. Aplikasi sistem pakar komersial berbasis *rule (rule-based systems)*, yaitu pengetahuan sebagai prosedur-prosedur pemecahan masalah. *CF* gabungan merupakan *Certainty Factor* akhir dari sebuah calon konklusi. *CF* ini dipengaruhi oleh semua *CF* paralel dari aturan yang menghasilkan konklusi. Dalam penelitian ini Data Kerusakan diberi Kode (C01, C02, C03, C04, C05) dan nama kerusakan (Winding Impossible, Lowering, Impossible, Free Drop Impossible, Hunting Occurs, Neutral Maintenance Possible). Hasil perhitungan pada studi kasus menggunakan metode *CF*, bahwa sistem hidrolic mengalami Winding Impossible dengan Nilai *CF* 0,9916 selanjutnya sistem *CF* diagnosa kerusakan akan memberikan solusi sesuai kode kerusakan.

Kata Kunci: Data Gabungan, Kerusakan, Certainty Faktor, Sistem Pakar

1. Pendahuluan

Pada saat ini perusahaan kontraktor swasta dibidang maintenance dan produk support memiliki intensitas produksi yang sangat tinggi, dengan tingginya mobilitas excavator tentu diperlukan maintenance secara rutin dan tepat untuk mendeteksi kerusakan *hydrolic* pada *excavator*. Terdapat lima faktor yang mempengaruhi kerusakan mesin *hydrolic excavator* yaitu *Winding Impossible*, *Lowering Impossible*, *Free Drop Impossible*, *Hunting Occurs*, dan *Neutral Maintenance Possible*, dalam mendiagnosa ke lima faktor kerusakan mesin tersebut, setiap mekanik harus membuka shop manual kemudian menelusuri satu per satu permasalahan sehingga diperoleh suatu kesimpulan. Hal ini menyebabkan beberapa permasalahan yaitu adanya hasil diagnosa kerusakan yang berbeda oleh mekanik dan waktu yang dibutuhkan cukup lama pada proses pemeriksaan, sehingga dibutuhkan sebuah sistem untuk mempercepat proses diagnosa kerusakan *hydrolic* pada mesin *excavator* yaitu sistem pakar [1].

Excavator adalah alat berat yang biasa digunakan dalam industri konstruksi, pertanian atau perhutanan. Mempunyai belalai yang terdiri dari dua piston yang terdekat dengan body disebut boom dan yang mempunyai bucket (ember keruk) disebut dipper. Ruang pengemudi disebut House, terletak diatas roda (trackshoe), dan bisa berputar arah 360 derajat. *Excavators* ada yang mempunyai roda dari ban biasa digunakan untuk jalanan padat dan rata

disebut "Wheel *Excavators*" dan ada yang mempunyai roda dari rantai besi yang akan memudahkannya untuk berjalan di jalanan yang tidak padat atau mendaki. *Excavators* beroda rantai besi ini disebut juga "Crawler *Excavators*" Tungkai dari *excavators* dioperasikan dengan sistem engsel (winches) yang ditarik oleh mesin hydraulic dengan menggunakan kawat baja. *Excavators* memiliki fungsi utama untuk menggali dan memuat tanah galian tersebut kedalam truck atau lokasi penumpukan [2]. Dalam industri perhutanan *Excavators* digunakan untuk mengangkut kayu (logs).

Metode *certainty factor* menyatakan kepercayaan dalam sebuah kejadian atau fakta berdasarkan bukti atau penilaian pakar. *Certainty factor* menggunakan suatu nilai untuk mengasumsi derajat keyakinan seorang pakar terhadap suatu data, sehingga, berdasarkan fakta-fakta gejala kerusakan yang ada dimasukkan ke dalam sistem pakar maka akan didapat kemungkinan dari jenis kerusakan yang terjadi [3]. Sistem pakar adalah sistem cerdas berbasis komputer digunakan dalam penyelesaian masalah yang hanya bisa dilakukan oleh ahli/pakar pada suatu bidang [14]. Sistem pakar dapat membantu aktivitas para pakar sebagai asisten yang berpengalaman dan mempunyai pengetahuan yang dibutuhkan. Dalam penyusunannya, sistem pakar mengkombinasikan kaidah-kaidah penarikan kesimpulan (*inference rules*) dengan basis pengetahuan tertentu yang diberikan oleh satu atau

lebih pakar dalam bidang tertentu. Kombinasi dari kedua hal tersebut disimpan dalam komputer, yang selanjutnya digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk penyelesaian masalah tertentu [4]. Sistem pakar telah digunakan dalam masa sekarang ini pada berbagai aplikasi, seperti konfigurasi, diagnosis, instruksi, interpretasi, monitoring, perencanaan, peramalan, pengendalian dan perbaikan (Agustyan dan Gumilang, 2015). Komponen-komponen dasar membangun sistem adalah sebagai antar muka (*user interface*), basis pengetahuan (*knowledge base*) dan mesin inferensi (*inference engine*). Permasalahan pada perusahaan diharapkan dapat terselesaikan melalui sistem pakar [5]. Sistem pakar diterapkan untuk mendukung aktivitas pemecahan masalah. Tujuan dari penelitian ini adalah penerapan sistem pakar untuk mendiagnosa kerusakan sistem *hydraulic* pada *excavator*, dengan menggunakan metode *certainty factor*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Sistem Pakar

Seseorang yang memiliki pengetahuan tertentu dan mampu menjelaskan suatu tanggapan, mempelajari hal-hal baru seputar topik permasalahan, menyusun kembali pengetahuan-pengetahuan yang didapatkan dan dapat memilah aturan serta menentukan relevan kepakarannya disebut sebagai seorang pakar. Sistem pakar adalah suatu program komputer cerdas yang menggunakan pengetahuan (*knowledge*) dan prosedur inferensi untuk menyelesaikan masalah yang cukup sulit sehingga membutuhkan seorang yang ahli untuk menyelesaikannya [6]. *Pengantar Sistem Pakar dan Metode*. Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) dapat didefinisikan sebagai sub bidang pengetahuan komputer yang khusus ditujukan untuk membuat *software* dan *hardware* yang sepenuhnya biasa menirukan beberapa fungsi otak manusia [7].

2.2 Certainty Factor

Faktor kepastian (*Certainty Factor*) menyatakan kepercayaan dalam sebuah kejadian (atau fakta atau hipotesis) berdasarkan bukti atau penilaian pakar. CF menggunakan suatu nilai untuk asumsi derajat keyakinan seorang pakar terhadap suatu data [8]. Langkah-langkah perhitungan metode *certainty factor* untuk membangun sistem pakar, penentuan data kerusakan yang sistem *hydraulic*, Penentuan data gejala. Penentuan data gabungan, antara data gejala dengan data kerusakan sistem *hydraulic*. Penentuan nilai MB, MD dilanjutkan dengan penentuan nilai CF. Pemilihan data gejala oleh *user*. Perhitungan nilai CF dari gejala *user* [9]. Hasil diagnosa kerusakan sistem *hydraulic* [10]. Rumus dasar

$$CF: CF(h, e) = MB(h, e) - MD(h, e) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

CF(h,e) = *Certainty Factor* (faktor kepastian) dalam hipotesis ; h dipengaruhi oleh *evidence* (gejala) e.
MB(h,e) = *Measure of Belief* (tingkat keyakinan), merupakan ukuran kepercayaan dari hipotesis h dipengaruhi oleh *evidence* (gejala) e.

MD(h,e) = *Measure of Disbelief* (tingkat ketidakpercayaan), merupakan ukuran ketidakpercayaan dari hipotesis h dipengaruhi oleh gejala e ; h = Hipotesa atau konklusi yang dihasilkan (antara 0 dan 1). e = *Evidence* atau peristiwa atau fakta (gejala). Perhitungan selanjutnya adalah kombinasi dua atau lebih rule dengan *evidence* berbeda tetapi dalam hipotesis yang sama [11]:

$$\text{Rule 1 } CF(h, e1) = CF1 = C(e1) \times CF(\text{Rule1}) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Rule 2 } CF(h, e2) = CF2 = C(e2) \times CF(\text{Rule2}) \dots \dots \dots (3)$$

$$CF_{\text{komb.}} [CF1, CF2] = CF1 + CF2(1 - CF1) \dots \dots \dots (4)$$

Certainty factor adalah suatu metode untuk membuktikan apakah suatu fakta itu pasti ataukah tidak pasti yang berbentuk metric yang biasanya digunakan dalam sistem pakar. Metode ini sangat cocok untuk sistem pakar yang mendiagnosa sesuatu yang belum pasti. Metode *certainty factor* ini bisa mengolah 2 bobot dalam sekali perhitungan. Untuk bobot yang lebih dari 2 banyaknya, untuk melakukan perhitungan tidak terjadi masalah apabila bobot yang dihitung teracak, artinya tidak ada aturan untuk mengkombinasikan bobotnya, karena untuk kombinasi seperti apapun hasilnya akan tetap sama. Perhitungan *certainty factor* [12] :

Rule 1: IF batuk THEN penyakit = batuk rejan (CF = 0,8) ; Rule 2: IF demam THEN penyakit = batuk rejan (CF = 0,6)

$$CF1 = C(\text{batuk}) \times CF(\text{Rule1}) = 1 \times 0,8 = 0,8 ; CF2 = C(\text{demam}) \times CF(\text{Rule2}) = 1 \times 0,6 = 0,6 ; CF = CF1 + CF2(1 - CF1) = 0,8 + 0,6(1 - 0,8) = 0,92$$

Untuk mendapatkan tingkat keyakinan dapat dengan cara mewawancarai seorang pakar dengan aturan CF(Rule). Sedangkan untuk menentukan nilai tingkat keyakinan dari user juga dapat menggunakan aturan yang sama. Nilai CF(Rule) dapat diinterpretasi dengan “term” dari pakar, yang diubah menjadi nilai tertentu sesuai table berikut : Tabel 1.

Tabel 1. Certainty Factor Rule

<i>Uncertainty Term</i>	<i>Certainty factor</i>
Pasti Tidak	-1.0
Hampir Pasti Tidak	-0.8
Kemungkinan Besar Tidak	-0.6
Mungkin Tidak	-0.4
Tidak Tahu	-0.2 sampai 0.2
Mungkin	0.4
Kemungkinan Besar	0.6
Hampir Pasti	0.8
Pasti	1.0

Contoh : Jika gejalanya pendarahan maka hampir pasti penyakit yang di derita adalah cervicitis.. Rule : IF (pendarahan) then penyakit = cervicitis. (CF = 0.8). Cara lain untuk mendapatkan tingkat keyakinan adalah dengan metode Net belief, yaitu Perhitungan Net Belief. $(,) = \max[(|), (|)] - (|) \max[1,0] - (|)$
 $(,) = \min[(|), (|)] - (|) \min[1,0] - (|)$ CF[H, E] = MB[H, E] - MD[H, E].

Keterangan : MB[h,e] = Measure of Belief (tingkat keyakinan), merupakan ukuran kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E. MD[h,e] = Measure of Belief (tingkat ketidakkeyakinan), merupakan ukuran kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E. P(H) = probabilitas gejala P(H|E)= probabilitas gejala pada penyakit.

3. Metode Penelitian

Untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu adanya susunan kerangka kerja (frame work) yang jelas tahapan-tahapannya. Kerangka kerja ini merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas.Tahapan awal dalam perancangan dan pengembangan sistem adalah menentukan kebutuhan-kebutuhan sistem pakar diagnosis kerusakan sistem *hydraulic* yang dibangun, Gambar 1.

Gambar 1. Metodologi Penelitian

Penentuan data gabungan, merupakan data gabungan antara data gejala dengan data kerusakan sistem *hydraulic* [10]. Penentuan nilai MB MD dilanjutkan dengan penentuan nilai CF. Pemilihan data gejala oleh user. Perhitungan nilai CF dari gejala user. Hasil diagnosa kerusakan sistem *hydraulic*. Hasil diagnosis sistem pakar berupa persentase kerusakan. Persentase kerusakan yang dipakai untuk hasil diagnosis adalah persentase terbesar.

Tahapan desain sistem yang akan dibangun menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) yang mendukung konsep pemodelan programming

berbasis *Object Oriented Programming* (OOP) seperti yang akan diterapkan pada tahap penulisan kode program. Penulisan kode program (*coding*) menggunakan bahasa pemograman *Visual Studio 2010*. Manajemen basis data yang digunakan adalah *Microsoft Access 2010*.

4. Hasil dan Pembahasan

Analisis sistem yang dibangun untuk mengidentifikasi kerusakan sistem *hydraulic* pada excavator dengan menggunakan metode CF ini berupa data gejala dari setiap jenis kerusakan beserta nilai kepastian MB dan nilai MD yang telah

diberikan oleh seorang pakar. Pada penelitian ini digunakan pengambilan data kerusakan terhadap 5 bagian utama excavator. Berikut contoh data pada bagian winch body. Adapun data tersebut nantinya diproses menghasilkan kesimpulan jenis kerusakan sistem hydrolic pada excavator berdasarkan Gejala yang akan dipilih User.

a. Jenis Kerusakan

Tabel 2. Jenis-Jenis Kerusakan Sistem Hydrolic Excavator

No.	Kode Keruskaan	Nama Kerusakan
1	C01	Winding Imposible
2	C02	Lowering Imposible
3	C03	Free Drop Imposible
4	C04	Hunting Occurs
5	C05	Neutral Maintenance Possible

b. Jenis Gejala

Tabel 3. Jenis-Jenis Gejala Kerusakan Sistem Hydrolic Excavator

No.	Kode	Gejala Kerusakan
1	ACG01	Brake Drum is Not Released
2	ACG02	Hydraulic Pressure is Low
3	ACG03	Clutch does not Function Normally
4	ACG04	Winch Motor does not Function Normally
5	ACG05	Clutch Pressure is Low
6	ACG06	Clutch Slips
7	ACG07	Hydraulic Oil Feed Pressure is Low
8	ACG08	Counter Balance Valve does not Function Normally
9	ACG09	Clutch is not Released
10	ACG10	Air is Mixed into Winch Circuit
11	ACG11	Air is Mixed into Counterbalance Valve
12	ACG12	Brake Lining is Seriously Worn Out
13	ACG13	Oil Attaches
14	ACG14	Motor Drain

Certainty Factor merupakan cara dari penggabungan kepercayaan dan ketidakpercayaan dalam bilangan yang tunggal *Certainty Factor* menggunakan suatu nilai untuk mengasumsikan derajat keyakinan seorang pakar terhadap suatu data. Dalam pengolahan data dan pengambilan keputusan, metode *Certainty Factor* memiliki sebuah aturan JIKA E MAKA H adalah sebagai berikut : $CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$ (5)

CF = *Certainty Factor hipotesa* dalam hipotesis H yang dipengaruhi oleh fakta E ; MB = *measure*

of believe, nilai kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E. ; MD = *measure of disbelieve*, nilai kenaikan dari ketidakpercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E. H = Hipotesis (dugaan). E = *Evidence* (Peristiwa/fakta).

Certainty Factor memiliki sebuah aturan JIKA E MAKA H adalah sebagai berikut:

$$Cfcombine CF[H,E]1,2 = CF [H,E] 1 +$$

$$CF[H,E]2*[1-CF[H,E]1] \dots\dots\dots(6)$$

$$CFcombineCF[H,E]old3=CF[H,E]old+CF[H,E]3*[1 -CF[H,E]old].....(7)$$

Kaidah Produksi Penentuan Kerusakan Sistem Hydrolic biasanya dituliskan dalam bentuk jika-maka (*IFTHEN*). Kaidah ini dapat dikatakan sebagai hubungan implikasi dua bagian, yaitu bagian *premise* (jika) dan bagian konklusi (maka). Adapun basis aturan disajikan dalam aturan-aturan yang berbentuk pasangan keadaan aksi (*condition-action*) “JIKA (*IF*) keadaan terpenuhi atau terjadi MAKA (*THEN*):

Rule 1: *IF* Brake Drum is Not Released is True

AND Hydraulic Pressure is Low is True

AND Clutch does not Function

Normally is True

AND Winch Motor does not Function

Normally is True

AND Clutch Pressure is Low is True

THEN Winding Imposible

Rule 2: *IF* Clutch Slips is True

AND Hydraulic Oil Feed Pressure is

Low is True

AND Counter Balance Valve does not

Function Normally is True

AND Clutch is not Released is True

AND Air is Mixed into Winch Circuit is

True

THEN Lowering Imposible

Rule 3: *IF* Air is Mixed into Counterbalance Valve is True

AND Brake Lining is Seriously Worn

OutTrue

AND Oil Attaches is True

AND Motor Drain is True

THEN Free Drop Imposible

Sedangkan untuk setiap gejala kerusakan, diberi bobot, Tabel 4.

Tabel 4. Bobot Gejala Kerusakan

Kode	Jenis Kerusakan	Gejala Kerusakan	MB	MD	Gejala Kerusakan
ACG01	Winding Impossible	Brake Drum is Not Released	0.8	0.09	<ul style="list-style-type: none"> - Check solenoid parking break - Check pressure hydrolic pump with pressure gauge - Dissassembly counter balance and check for all component
ACG02		Hydraulic Pressure is Low	0.7	0.09	
ACG03		Clutch does not Function Normally	0.5	0.04	
ACG04		Winch Motor does not Function Normally	0.4	0.03	
ACG05		Clutch Pressure is Low	0.4	0.04	
ACG01	Lowering Impossible	Brake Drum is Not Released	0.4	0.01	<ul style="list-style-type: none"> - Check spill control value and cleaning spill control value with contact cleaner - Replace with new part motor drain - Check all syetem break hydrolic - Test drain hydrolic with tools tetra gauge
ACG06		Clutch Slips	0.3	0.02	
ACG04		Winch Motor does not Function Normally	0.7	0.02	
ACG08		Counter Balance Valve does not Function Normally	0.8	0.02	
ACG10		Air is Mixed into Winch Circuit	0.7	0.06	
ACG02	Free Drop Impossible	Hydraulic Pressure is Low	0.2	0.03	<ul style="list-style-type: none"> - Check proposional value(prv) in hydrolic pump - Check with tool DMM (digital multy tester) or replaced solenoid pro with new part - Shop manual
ACG05		Clutch Pressure is Low	0.6	0.01	
ACG07		Hydraulic Oil Feed Pressure is Low	0.8	0.00	
ACG09		Clutch is not Released	0.9	0.02	
ACG12		Brake Lining is Seriously Worn Out	0.6	0.02	
ACG04	Hunting Occurs	Hydraulic Pressure is Low	0.1	0.02	<ul style="list-style-type: none"> - Change oil hydrolic with new oil hydrolic, replace filter hydrolic with new oart or mainteinaince from unit whit spec shop manual - Check solenoid parking break
ACG09		Clutch Pressure is Low	0.5	0.01	
ACG11		Air is Mixed into Counterbalance Valve	0.7	0.02	
ACG13		Oil Attaches	0.8	0.03	
ACG14		Motor Drain	0.7	0.03	
ACG09	Neutral Maintenance Possible	Clutch Pressure is Low	0.3	0.03	<ul style="list-style-type: none"> - Check with tool DMM (digital multy tester) or replaced solenoid pro with new part - Test drain hydrolic with tools tetra gauge
ACG13		Oil Attaches	0.6	0.02	
ACG10		Air is Mixed into Winch Circuit	0.9	0.01	
ACG11		Hydraulic Oil Feed Pressure is Low	0.9	0.03	
ACG14		Motor Drain	0.6	0.02	

Certainty Factor digunakan untuk memberikan tingkat keyakinan terhadap hasil perhitungan,

karena seorang pakar sering menganalisis informasi yang ada dengan memberikan faktor ketidakpastian, begitu pula terjadi dengan sebuah sistem pakar. Dalam sistem ini untuk mendapatkan faktor kepastian, setiap jawaban dari pengguna akan memiliki bobotnya masing-masing.

Table 5. Bobot Nilai MB

Keterangan	Nilai MB
Tidak	0
Sedikit Yakin	0.40-0.74
Cukup yakin	0.75-0.89
Yakin	0.90-0.99
Sangat yakin	1.0

Table 6. Bobot Nilai MD

Keterangan	Nilai MD
Tidak Yakin	0-0.02
Sedikit Yakin	0.03-0.05
Yakin	0.06-0.08
Sangat Yakin	0.09-0.10

Contoh kasus perhitungan Certainty Factor secara manual analisis di ketahui sebuah sistem hydrolic memiliki 5 gejala kerusakan yang dialami pada sistem hydrolic pada excavator.

[ACG01] = Brake Drum is Not Released
[ACG02] = Hydraulic Pressure is Low
[ACG03] = Clutch does not Function

Normally

[ACG04] = Winch Motor does not Function

Normally

[ACG05] = Clutch Pressure is Low

Nilai CF dari masing-masing GEJALA DIATAS diatas adalah dengan mengurangi nilai antara MB dengan nilai MD, seperti berikut:

[CF[H,E]1] [0.8] - [0.09] = 0.71
[CF[H,E]2] [0.7] - [0.09] = 0.61
[CF[H,E]3] [0.5] - [0.04] = 0.46
[CF[H,E]4] [0.4] - [0.03] = 0.37

$$[CF[H,E]5] [0.4] - [0.04] = 0.36$$

Maka nilai kombinasi antar CF(H,E) adalah:

$$CF[H,E]1.2 = CF[H,E]1 + (CF[H,E]2 * (1 - CF[H,E]1))$$

$$= 0.71 + 0.61 * (1 - 0.71)$$

$$= 0.8869 \rightarrow \text{old1}$$

$$CF[H,E]old1,3 = CF[H,E]old1 + (CF[H,E]3 * (1 - CF[H,E]old1))$$

$$= 0.8869 + 0.46 * (1 - 0.8869)$$

$$= 0.9389 \rightarrow \text{old2}$$

$$CF[H,E]old2,4 = CF[H,E]old2 + (CF[H,E]4 * (1 - CF[H,E]old2))$$

$$= 0.9389 + 0.37 * (1 - 0.9389)$$

$$= 0.9615 \rightarrow \text{old3}$$

$$CF[H,E]old3,5 = CF[H,E]old3 + (CF[H,E]5 * (1 - CF[H,E]old3))$$

$$= 0.9615 + 0.36 * (1 - 0.9615)$$

$$0.9615$$

$$= 0.9916 \rightarrow \text{old3}$$

bahwa prosentase antara 5 Gejala Kerusakan yang timbul akibat gejala yang dipilih adalah kerusakan **Winding Imposible** dengan presentase $0.9916 * 100\% = 99\%$. Persentase = $CF_{combine} * 100 = 0.9916 * 100 = 99\%$

Tahap selanjutnya setelah proses implementasi selesai dikerjakan adalah tahap testing atau pengujian sistem. *Use case* perancangan aplikasi sistem pakar mendeteksi kerusakan sistem *hydrolic* pada *excavator* dengan menggunakan metode CF, Gambar 2. Class Diagram adalah sebuah spesifikasi yang instansi akan menghasilkan sebuah objek dan merupakan inti dari pengembangan dan desain berorientasi objek class menggambarkan keadaan atribut ataupun properti suatu sistem, Gambar 3.

Gambar 2. Use Case Certany Factor

Gambar 3. Class Diagram Certany Factor

Tahapan Implementasi merupakan tahap dimana aplikasi siap untuk dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya sesuai dari hasil analisis dan perancangan yang dilakukan, sehingga akan diketahui apakah sistem atau aplikasi yang dirancang benar-benar dapat menghasilkan tujuan yang dicapai. Aplikasi Sistem Pakar ini dilengkapi dengan *user interface* yang menarik dan bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam menggunakannya.

Pada aplikasi ini memiliki *interface* atau desain form yang terdiri dari form *Login*, form menu utama, form kerusakan form gejala, form rule, Form Hasil Diagnosa, form Solusi dan form laporan. Form Data kerusakan adalah form yang berfungsi untuk mengelola data kerusakan sistem hydraulic yang ada pada Sistem. Pada form ini, user dapat menginputkan data kerusakan baru atau menghapus serta mengubah data kerusakan.

Form Gejala adalah Form yang digunakan untuk mengelola data Gejala kerusakan pada sistem hydraulic yang ada pada Sistem. Berikut adalah tampilan form Gejala, Gambar 4. Form Rule adalah Form yang digunakan untuk mengelola data hubungan antara Gejala dan kerusakan (rule) pada sistem hydraulic yang ada pada Sistem. Berikut adalah tampilan form Basis Aturan, Gambar 5.

No.	ID	Kode Kerusakan	Kode Gejala	Nilai MB	Nilai MD
1	1	C01	ACG01	0.6	0
2	2	C02	ACG01	0.4	0
3	3	C03	ACG01	0.4	0
4	4	C04	ACG01	0	0
5	5	C05	ACG01	0	0
6	6	C01	ACG02	0.1	0

Gambar 4. Tampilan Form Gejala

No.	Kode Gejala	Gejala
1	ACG01	Drake Drum is Not Released
2	ACG02	Hydraulic Pressure is Low
3	ACG03	Clutch does not Function Normally
4	ACG04	Winch Motor does not Function Normally
5	ACG05	Clutch Pressure is Low
6	ACG06	Clutch Slips
7	ACG07	Hydraulic Oil Feed Pressure is Low
8	ACG08	Counter Balance Valve does not Function Normally
9	ACG09	Clutch is not Released
10	ACG10	Air is Mixed into Winch Circuit
11	ACG11	Air is Mixed into Counter Balance Valve

Gambar 5. Tampilan Form Rule

Form Diagnosa adalah form yang akan digunakan oleh user untuk Menghitung gejala yang dipilih dengan menggunakan algoritma Certainty Factor yang nantinya akan menghasilkan hasil diagnosa kerusakan dan penanganannya, Gambar 6.

Kode Gejala	Gejala
ACG01	Drake Drum is Not Released
ACG02	Hydraulic Pressure is Low
ACG03	Clutch does not Function N
ACG05	Clutch Pressure is Low
ACG06	Clutch Slips
ACG07	Hydraulic Oil Feed Pressu
ACG12	Oil Attaches
ACG08	Clutch Pressure is Low

Diagnosa:
Nama Kerusakan: Lowering Impossible Nilai: 0.66

Gambar 6. Tampilan Form Hasil Diagnosa

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian :

1. Sistem Pakar dengan Metode *Certainty Factor* dapat dipergunakan untuk mendiagnosa kerusakan sistem *hydraulic* dengan menginput data gejala, data kerusakan, Nilai MB, Nilai MD maka output sistem akan menginformasikan jenis kerusakan dan cara mengatasinya. Gejala kerusakan sistem hydraulic pada Excavator yang dibahas dalam sistem pakar ini hanya 14 gejala. Analisa gejala dipengaruhi Nilai MB (tingkat keyakinan), dan Nilai MD (nilai ketidakyakinan).
2. Dari hasil perhitungan nilai CF dari masing-masing kerusakan, maka akan dipilih nilai CF yang terbesar. nilai maksimal merupakan hasil dari diagnosa menurut gejala yang diinputkan user.

3. Aplikasi yang telah dirancang dapat menghitung atau mengolah nilai dari tiap gejala yang dipilih, dapat dengan mudah dimengerti dan digunakan karena rancangan interface yang sederhana dan mempermudah seorang pakar dalam mengetahui jenis kerusakan dengan cepat.

6. Daftar Pustaka

- [1] Fitri Insani "Penerapan Infrensi Sistem Tsukamoto Pada Klasifikasi Kerusakan Mesin Hydraulic Excavator", Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Islam Negeri Riau, 2018.
- [2] A Sindar RMS, Sistem Bilangan Digital, Penerbit CV. AA. Rizky Serang Banten 1, 1-78 Oktober 2019.
- [3] D. T. Yuwono, A. Fadlil dan Sunardi, "Penerapan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Hama Anggrek Coelogyne Pandurata," Ilmu Komputer (KLIK), vol. 04, no. 02, pp. 136-145, 2017.
- [4] Novi Sri Wanti Ginting, Anita Sindar RMS, Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kacang Kedelai Menggunakan Metode Certainty Factor, UPI YPTK Jurnal KomTekInfo Vol. 5, No. 1, , Hal.36-41. Desember 2018.
- [5] Aryu Hanifah Aji, M. Tanzil Furqon, Agus Wahyu Widodo, Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ibu Hamil Menggunakan Metode Certainty Factor (CF), Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 5, , hlm. 2127-2134, Mei 2018.
- [6] Roindah Simalango, Anita Sindar Sinaga, Bayes Diagnosa Penyakit Ikan Hias Air Tawar Dengan Teorema Bayes, Journal Publications & Informatics Engineering Research (SinKron), Volume 3 Nomor 1, Oktober 2018, hal: 43-50.
- [7] Khairina Eka Setyaputri, Abdul Fadlil2, dan Sunardi, Analisis Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit THT, Jurnal Teknik Elektro Vol. 10 No. 1, hal. 30.
- [8] Fitri Insani "Penerapan Infrensi Sistem Tsukamoto Pada Klasifikasi Kerusakan Mesin Hydraulic Excavator", Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Islam Negeri Riau, 2018.
- [9] Haryono Yusman" Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Dini Pada Mesin Mobil Toyota Dengan Metode Certainty Factor (CF) Berbasis Web" Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Bengkulu 2017.
- [10] Dedi Suryadi" Sistem Pakar Untuk Mengidentifikasi Kerusakan Mesin Industri Menggunakan Metode Certainty Factor" Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Bengkulu 2018.
- [11] Yuliyana, Anita Sindar Ros Maryana Sinaga, Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Gigi Menggunakan Metode Naive Bayes, Fountain of Informatics Journal Volume 4, No. 1, Mei 2019 hal. 19-23.
- [12] Andri Syahputra, "Sistem Pakar Kerusakan Mesin Jahit Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Android", Program Studi Teknik Informatika STMIK PalCom Tech Palembang, 2016.
- [13] D. Suryadi, R. Meilianda, A. Suryono, and M. Munadi, "Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kerusakan Mesin Industri Menggunakan Metode Certainty Factor," ROTASI, vol. 20, no. 1, pp. 56-62, Jan. 2018.
- [14] S. Susmanto, Z. Zulfan, and M. Munawir, "Sistem Penerapan Fuzzy Multi Attribute Decision Making (MADM) Dalam Mendukung Keputusan Untuk Menentukan Lulusan Terbaik Pada Sekolah Tinggi Teknik Poliprofesi Medan," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, 2018.