

Penerapan Fuzzy Inferensi Sistem Tsukamoto Pada Klasifikasi Kerusakan Mesin Hydraulic Excavator

Fitri Insani¹, Elvia Budianita², Muhammad Taslim³, Febiyanto⁴
UIN SUSKA Riau
fitri.insani@uin-suska.ac.id¹, elvia.budianita@uin-suska.ac.id²,
muhammadaslim03@gmail.com³

Abstract

Damage that occurs in the hydraulic excavator engine resulted in delayed work being done. Due to the damage, it takes a considerable amount of time and cost to work again. Broadly affecting the damage of hydraulic excavator machine are: Idling system, Temperature, Oil condition, Fuel injection, and Exhaust gas. The application of fuzzy inference (FIS) of tsukamoto systems provides an illustration of the difference in the final determination of the defuzzification process, so it is known that the fuzzy inference system is more suitable to be applied to classify the damage of the hydraulic excavator machine with the output of minor damage, damaged medium and heavily damaged. The results of the classification model design analysis will be implemented on a web-based system. The built system is tested using BlackBox, User Acceptance Test, testing of cases provided by experts and computing time. From 10 cases given by experts the number of cases matching the system using fuzzy inference tsukamoto system as much as 60%.

Keywords : FIS, Hydraulic excavator, Machine, Tsukamoto

1. PENDAHULUAN

Mesin *hydraulic excavator* merupakan rekayasa teknologi tinggi, namun tidak lepas dari kerusakan. Kerusakan yang terjadi mengakibatkan tertundanya pekerjaan yang sedang dilakukan sehingga untuk mengatasi kerusakan tersebut diperlukan biaya dan waktu yang cukup lama agar berfungsi kembali. Secara garis besar yang mempengaruhi kerusakan mesin *hydraulic excavator* adalah : *Idling system*, *Temperature*, *Oil condition*, *Fuel injection*, dan *Exhaust gas*. (Komatsu, 2004)

Salah satu informasi yang sering digunakan dalam mendiagnosa kerusakan mesin adalah *troubleshooting* (diagnosa kerusakan), dalam pendiagnosaan para 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 yang berbeda, waktu yang dibutuhkan cukup lama hingga diperoleh hasil pemeriksaan dan keterbatasan sumberdaya mekanik dalam mendiagnosa kerusakan.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang ada maka dibutuhkan suatu sistem pakar agar memudahkan dalam mekanik menentukan kerusakan sehingga sistem ini akan dapat dipergunakan oleh mekanik maupun orang awam yang membutuhkan informasi mengenai kerusakan *hydraulic excavator* yang dialami.

Salah satu bidang teknologi informasi yang dapat diterapkan adalah metode fuzzy. Teori logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar dan salah. Dalam teori logika fuzzy sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Dalam membangun sebuah sistem fuzzy dikenal beberapa metode penalaran, antara lain: metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Pada penelitian ini digunakan Tsukamoto. Adapun kelebihan dari metode Tsukamoto adalah memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat dan mudah dimengerti. Pada metode

tsukamoto, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton, untuk menentukan nilai output yang tegas dicari dengan mengubah input menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. (Fahmiyanto,dkk 2018).

Penelitian terkait penerapan *fuzzy inferensi sistem tsukamoto* diantaranya untuk menentukan kualitas air dengan hasil pengujian akurasi dari 60 data yang diuji, 90% terbukti adanya kesesuaian hasil perhitungan sistem (Mazenda dkk, 2014). Fuzzy Tsukamoto juga digunakan pada penelitian Diagnosis penyakit THT menggunakan metode fuzzy Tsukamoto berbasis android. Pada sistem diagnosis penyakit THT dengan berbasis android variabel permintaan terdiri dari dua himpunan fuzzy, yaitu: TURUN, dan NAIK, variabel persediaan terdiri dari dua himpunan fuzzy,yaitu: SEDIKIT, dan BANYAK, sedangkan variabel produksi terdiri dari dua himpunan fuzzy yaitu: BERKURANG, dan BERTAMBAH. Penghitungan akurasi pada penelitian ini tidak dipisah berdasarkan setiap penyakit melainkan akurasi untuk keseluruhan penyakit dan menghasilkan nilai akurasi sebesar 93,75%.

Penerapan *fuzzy inferensi sistemtsukamotoditerapkan* untuk mengklasifikasikan kerusakan mesin *hydraulic excavator* dengan *output klasifikasirusak* ringan, rusak menengah dan rusak beraehi sehinggadapatdiketahuitingkatkerusakanmesin*hydraulic excavator*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

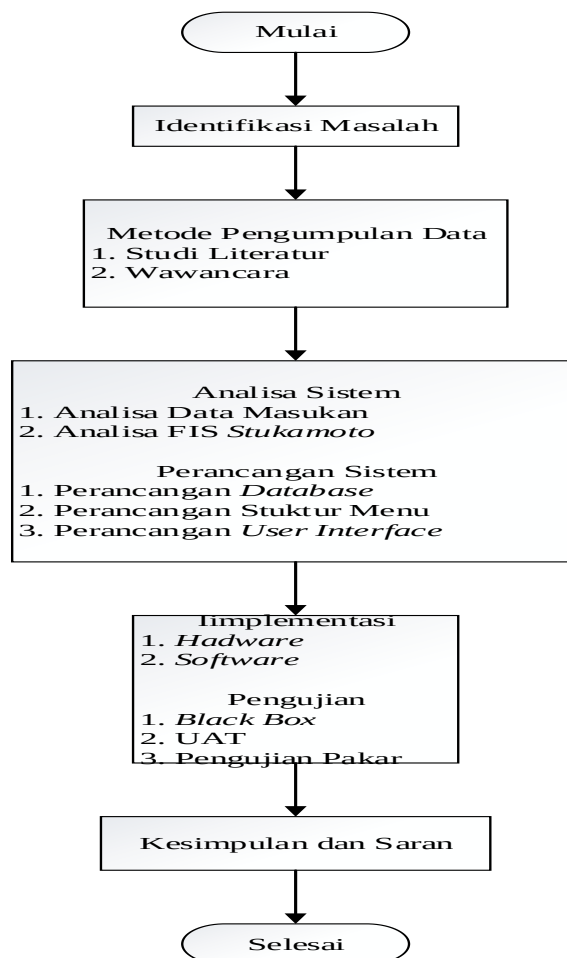
Beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode Backpropagation dalam menyelesaikan kasus yang berbeda. Diantaranya ialah :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Fanoel Thamrin, Eko Sedyono, dan Suhartono (2012)
Yaitu Studi inferensi fuzzy tsukamoto untuk penentuan faktor pembebanan trafo PLN. Pada penelitian ini data masukan parameter-parameter trafo PLN adalah pembebanan, tegangan, ketidakseimbangan beban, dan faktor daya. Keluaran dari sistem pakar tersebut berupa nilai pembebanan trafo disertai solusi berupa tindakan pemeliharaan terhadap trafo.Penggunaan metode defuzzifikasi aturan Tsukamoto pada sistem pakar trafo PLN sangat bergantung dari perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan fuzzy yang digunakan. Hasil penelitian diperoleh basis aturan yang tepat sehingga mendapatkan hasil diagnosis sesuai dengan basis aturan tersebut.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Galuh Mazenda, Arief Andy Soebroto, Candra Dewi (2014),Yaitu Implementasi fuzzy inferensi sistem tsukamoto (FIS) pada sistem pendukungKeputusan penentuan kualitas air sungai. Hasil penelitian ini FIS Tsukamoto memiliki kinerja sistem yang mampu berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Berdasarkanhasil pengujian akurasi dari 60 data yang diuji, 90% terbukti adanya kesesuaian hasilperhitungan sistem.
3. Penelitian lain ialah oleh Mutiara Permana Pratiwi, Sendi Novianto, dan Andik Setyono (2015) dalam jurnal analisa kelayakan truk pengangkut materialAlam pt. Arga wastu sluke – rembang menggunakanFuzzy logic tsukamoto. Penelitian ini menganalisa kelayakan suatu truk dengan teknik fuzzylogic tsukamoto. Input yang dibutuhkan adalah kondisi fisik setiap truk. Sedangkan output yangdihasilkan adalah nilai kelayakan dari setiap truk. Sistem Pendukung Keputusan tersebutmenghasilkan akurasi sebesar 56,66% yang diharapkan mampu membantu perusahaan untukmenentukan kelayakan suatu truk sehingga perusahaan mampu mengetahui masa ganti suatutruk.
4. Selanjutnya penelitian oleh Hilman Nuril Hadi dan Wayan Firdaus Mahmudy (2015) mengenai penilaian prestasi kinerja pegawai menggunakan fuzzy tsukamoto.Parameter yang digunakan untuk batasan fungsi keanggotaan fuzzy berdasarkan pendapat pakar yaitu tanggung jawab, kedisiplinan dan faktor pengurang. Akurasi sistem dihitung dengan membandingkan keluaran sistem dengan penilaian pakar. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem yang dibangun menghasilkan akurasi 84%.

5. Selanjutnya penelitian oleh Fahmiyanto Ekajaya, Nurul Hidayat, dan Mahardeka Tri Ananta (2018) mengenai Diagnosis penyakit THT menggunakan metode fuzzy Tsukamoto berbasis android. Pada sistem diagnosis penyakit THT dengan berbasis android variabel permintaan terdiri dari dua himpunan fuzzy, yaitu: TURUN, dan NAIK, variabel persediaan terdiri dari dua himpunan fuzzy, yaitu: SEDIKIT, dan BANYAK, sedangkan variabel produksi terdiri dari dua himpunan fuzzy yaitu: BERKURANG, dan BERTAMBAH. Penghitungan akurasi pada penelitian ini tidak dipisah berdasarkan setiap penyakit melainkan akurasi untuk keseluruhan penyakit dan menghasilkan nilai akurasi sebesar 93,75%.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan penjelasan tentang tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada proses penelitian agar penelitian dapat mencapai hasil yang baik. Tahapan penelitian dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah yang terjadi pada mesin *hydraulic excavator*. Permasalahan yang terjadi adalah sering terjadi kerusakan pada mesin *hydraulic excavator* sehingga mengakibatkan pekerjaan yang sedang dikerjakan menjadi terhenti, hal ini dapat mengakibatkan kerugian.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur adalah salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Dalam penelitian ini, studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari dokumen / referensi yang terkait dengan permasalahan yang dibahas, yaitu tentang kerusakan *hydraulic excavator* dan sistem inferensi *fuzzy tsukamoto*.

b. Wawancara

Dalam mengumpulkan data-data mengenai kerusakan mesin *hydraulic excavator* penulis akan mewawancarai bagian *supervisor* mekanik PT. Universal Tekno Reksajaya yaitu Muhammad Jamil. PT. Universal Tekno Reksajaya merupakan anak cabang dari PT. United Tractor yang merupakan perusahaan komponen peralatan remanufaktur, rekondisi komponen alat berat. Sasaran dari isi wawancara yaitu untuk memperoleh informasi tentang data-data kerusakan *hydraulic excavator*.

3.3 Analisa Sistem

Dalam metode ini dilakukan analisa sistem sesuai dengan masalah yang dikaji. Analisa sistem dilakukan dengan membahas tentang proses yang berkaitan dengan sistem yang digunakan atau akan digunakan dalam penelitian.

Analisa Data Masukan

Tahapan analisa sistem yang pertama adalah menentukan data masukan yang akan diinputkan kedalam sistem. Data masukan ini akan diinputkan kedalam sistem dan akan disimpan kedalam *database*. Data masukan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Idling system, Temperature, Oil condition, Fuel injection dan Exhaust gas*. Sedangkan data keluaran adalah data yang dihasilkan dari data masukan yang diolah menggunakan sistem inferensi *fuzzy tsukamoto*. Hasil keluaran dari sistem ini adalah mengklasifikasikan kerusakan mesin *hydraulic excavator* dengan *output* rusak ringan, rusak menengah dan rusak berat.

Analisa FIS Tsukamoto

Pada tahapan FIS tsukamoto, analisa terdiri atas rule, *fuzzyfikasi*, dan fungsi keanggotaan.

3.4 Perancangan Sistem

Tujuan dari perancangan sistem adalah untuk pemodelan *visual* mengenai sebuah sistem dan dapat memenuhi kebutuhan pihak terkait sesuai dengan hasil analisa kebutuhan sehingga sistem dapat dipahami oleh *user*.

3.5 Implementasi

Proses implementasi sistem adalah pembuatan modul yang telah dirancang sebelumnya sesuai dengan bahasa pemrograman yang digunakan dalam sistem yang akan dibangun. Untuk mengimplementasikan sistem ini maka dibutuhkan perangkat pendukung untuk menjalankan sistem. Perangkat pendukung tersebut berupa perangkat lunak dan perangkat keras.

3.6 Pengujian

Tahap pengujian sistem merupakan tahap yang dilakukan sebelum sistem diserahkan kepada pengguna. Tahap pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem telah sesuai dibuat dengan kebutuhan dan harapan *vendor/user*. Pengujian ini dilakukan dengan tiga cara :

1. Black Box

Metode ini berpusat pada fungsional perangkat lunak yang digunakan. Tujuan metode ini adalah menemukan kesalahan-kesalahan seperti :

- Fungsi-fungsi yang tidak sesuai, atau hilang.
- Kesalahan atau kekeliruan *interface*.
- Kesalahan performansi sistem.
- Kesalahan pengaksesan database atau struktur data yang digunakan.
- Kesalahan inialisasi (proses mulai) atau terminasi (proses selesai/akhir).

2. User Acceptance Text (UAT)

Pengujian sistem juga dilakukan dengan menggunakan *User Acceptance Text*, dimana pengujian ini dilakukan dengan memberikan kuisioner kepada *User* yang berhubungan dengan penggunaan sistem ini. Pengujian tahap ini dilakukan oleh mekanik yang langsung berinteraksi dengan sistem agar diketahui bahwa sistem sudah sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna.

3. Pengujian Pakar

Pengujian ini dilakukan dengan cara, mengujikan kasus yang diberikan oleh pakar terhadap sistem yang dibangun. Kemudian dibandingkan hasil analisa sistem dengan hasil analisa pakar.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan berisi hasil yang didapatkan dengan menggunakan *fuzzy inferensi* sistem *stukamoto* diharapkan dapat membantu serta memudahkan mekanik maupun orang awam dalam menentukan tingkat kerusakan mesin *hydraulic excavator* yang dialami. Bagian saran berisi kemungkinan pengembangan yang dilakukan terhadap penelitian ini dimasa yang akan datang berdasarkan kekurangan-kekurangan yang didapatkan.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan data yang di dapat dari wawancara dengan pakar mesin *hydraulic excavator*. Menurut pakar mesin *hydraulic excavator* di PT. Universal Teknoreksajaya, secara garis besar kerusakan mesin *hydraulic excavator* terbagi atas 5 jenis (parameter) kerusakan diantaranya: *Idling system*, *Temperature*, *Oil condition*, *Fuel injection* dan *Exhaust gas*. Tiap – tiap kerusakan terdapat 3 kondisi atau himpunan *fuzzy*. Dari 5 parameter dan 3 himpunan *fuzzy* menghasilkan 243 aturan (*rule*) *fuzzy* dengan 4 kelas *output* yaitu: normal, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat.

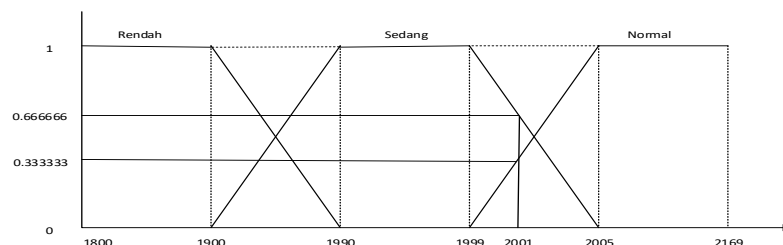
Tabel 1. Skenario Data Uji

Masukan	
<i>Idling system</i>	2001 RPM
<i>Temperature</i>	98 °C
<i>Oil condition</i>	45 KPA
<i>Fuel injection</i>	17 MPA
<i>Exhaust gas</i>	8.9 Bosch index

4.1 Fungasi Keanggotaan

- Fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001]

Dari skenario data uji pada Tabel 1 fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001] dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan *Idling System*

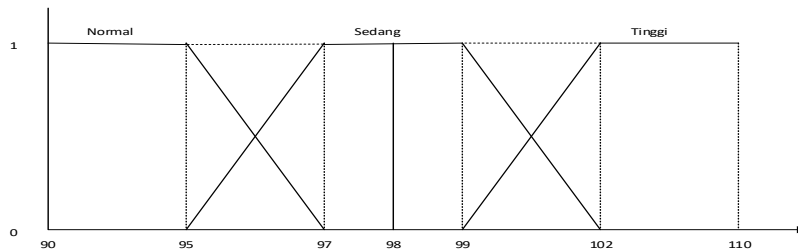
Berdasarkan Gambar 3 diatas, fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [2001] berada pada himpunan normal dan sedang. Berikut fungsi keanggotaan *idling system*.

$$\mu_{Normal}[2001] = \begin{cases} 0; & 2001 - 1999 \\ \frac{2001 - 1999}{2005 - 1999} = 0.333333 & \\ 1; & \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}[2001] = \begin{cases} 1; \\ \frac{2005 - 2001}{2005 - 1999} = 0.666666 \\ 0; \end{cases}$$

- Fungsi keanggotaan *temperature* dengan input [98]

Dari skenario data uji pada Tabel 1 fungsi keanggotaan *idling system* dengan input [98] dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



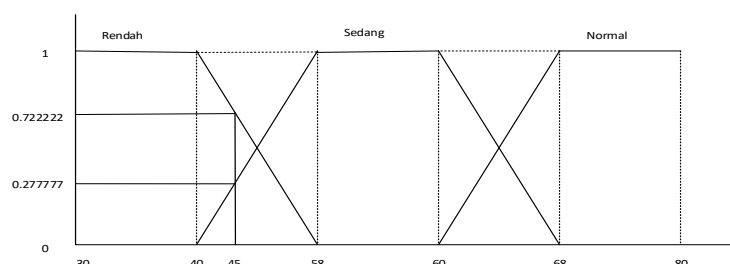
Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Temperature

Berdasarkan Gambar 4 diatas, fungsi keanggotaan *temperature* dengan input [98] berada pada himpunan domain sedang. Berikut fungsi keanggotaan *temperature*.

$$\mu_{Sedang}[98] = 1$$

- Fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45]

Dari skenario data uji pada Tabel 1 fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45] dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Oil Condition

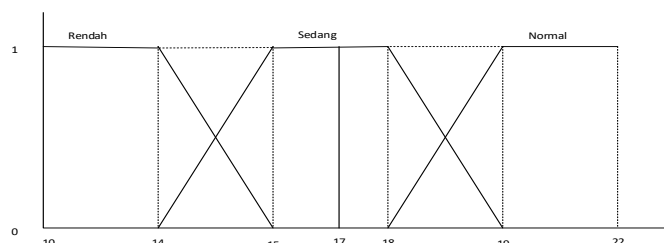
Berdasarkan Gambar 5 diatas, fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [45] berada pada himpunan sedang dan rendah. Berikut fungsi keanggotaan *oil condition*

$$\mu_{Sedang}[45] = 0.277777$$

$$\mu_{Rendah}[45] = 0.722222$$

- Fungsi keanggotaan *fuel injection* dengan input [17]

Dari skenario data uji pada Tabel 1 fungsi keanggotaan *fuel injection* dengan input [17] dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



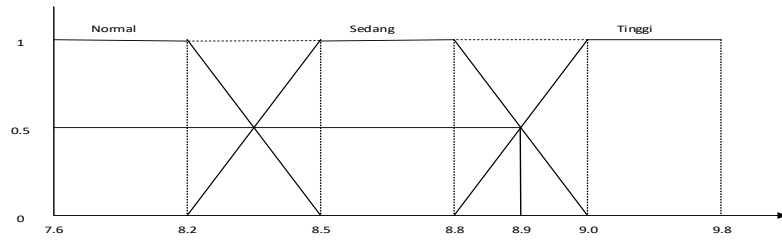
Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Fuel Injection

Berdasarkan Gambar 6 diatas, fungsi keanggotaan *oil condition* dengan input [17] berada pada himpunan domain sedang. Berikut fungsi keanggotaan *fuel injection*.

$$\mu_{Sedang}[17] = 1$$

- Fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9]

Dari skenario data uji pada Tabel 1 fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9] dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Exhaust Gas

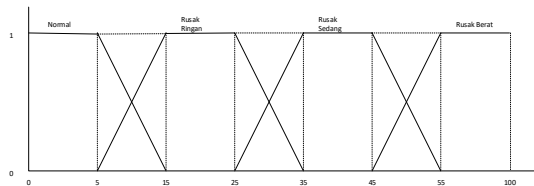
Berdasarkan Gambar 7 diatas, fungsi keanggotaan *exhaust gas* dengan input [8.9] berada pada himpunan sedang dan tinggi. Berikut fungsi keanggotaan *exhaust gas*.

$$\mu_{Sedang}[8.9] = 0.5$$

$$\mu_{Tinggi}[8.9] = 0.5$$

➤ Kurva kesimpulan (*output*)

Kurva kesimpulan (*output*) merupakan kesimpulan dari kondisi mesin *hydraulic excavator*. Dimana terdapat 4 kondisi atau kelas yaitu: normal, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat yang disajikan dalam bentuk kutuk kurva trapesium. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 7. Pemodelan kesimpulan (*output*)

Berdasarkan Gambar 8 di atas diperoleh fungsi keanggotaan kesimpulan (*output*) sebagai berikut:

$$\mu_{Normal}[z] = \begin{cases} 1; & ; x \geq 15 \\ \frac{15-z}{15-5} & ; 5 < x < 15 \\ 0; & \end{cases}$$

$$\mu_{Rusak\ ringan}[z] = \begin{cases} 0; & \\ \frac{z-5}{15-5}; & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{35-z}{35-25} & ; 5 < x \leq 15 \\ 1; & ; 15 < x \leq 25 \\ \frac{35-z}{35-25} & ; 25 < x < 35 \end{cases}$$

$$\mu_{Rusak\ sedang}[z] = \begin{cases} 0; & \\ \frac{z-25}{35-25}; & ; x \leq 35 \text{ atau } x \geq 55 \\ 1; & ; 35 < x \leq 45 \\ \frac{55-z}{55-45} & ; 45 < x < 55 \end{cases}$$

$$\mu_{Rusak\ berat}[z] = \begin{cases} 0; & ; x \geq 55 \\ \frac{z-45}{55-45} & ; 45 < x \leq 55 \\ 1; & \end{cases}$$

4.2 Rule Terkait

Fungsi implikasi dipilih dari aturan (*rule*) yang bersesuaian dengan data input. Pada (*fis*) tsukomoto fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN lalu mencari nilai Z setiap fungsi implikasi.

[R41] *If idling system normal and Temperature sedang and Oil condition sedang and Fuel injection sedang and Exhaust gas sedang Then mesin rusak sedang*

α predikat 1 = min (0.333333, 1, 0.277777, 1, 0.5) = 0.277777

$$\begin{cases} 0; \\ \frac{Z1 - 25}{35 - 25} = 0.277777 \\ 1; \\ \frac{55 - Z1}{55 - 45} \end{cases}$$

$$Z1 - 25 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 10(0.277777) + 25 = 27.7777$$

$$55 - Z1 = (0.277777)10$$

$$Z1 = 55 - 10(0.277777) = 51.66667$$

$$Z1 = \frac{52.22223 + 27.7777}{2} = 4$$

Dengan cara yang sama didapatkan keluaran untuk setiap aturan sebagai berikut:

[R42] *If idling system normal and Temperature sedang and Oil condition sedang and Fuel injection sedang and Exhaust gas tinggi Then mesin rusak berat*

$$Z3 = 47.777777$$

[R50] *If idling system normal and Temperature sedang and Oil condition rendah and Fuel injection sedang and Exhaust gas sedang Then mesin rusak berat*

$$Z3 = 48.333333$$

[R51] *If idling system normal and Temperature sedang and Oil condition rendah and Fuel injection sedang and Exhaust gas tinggi Then mesin rusak berat*

$$Z4 = 48.333333$$

[R122] *If idling system sedang and Temperature sedang and Oil condition sedang and Fuel injection sedang and Exhaust gas sedang Then mesin rusak sedang*

$$Z1 = 40$$

[R123] *If idling system sedang and Temperature sedang and Oil condition sedang and Fuel injection sedang and Exhaust gas tinggi Then mesin rusak berat*

$$Z6 = 47.777777$$

[R131] *If idling system sedang and Temperature sedang and Oil condition rendah and Fuel injection sedang and Exhaust gas sedang Then mesin rusak berat*

$$Z7 = 50$$

[R132] *If idling system sedang and Temperature sedang and Oil condition rendah and Fuel injection sedang and Exhaust gas tinggi Then mesin rusak berat*

$$Z8 = 50$$

4.3 Defuzzifikasi (Penegasan)

Pada tahapan *defuzzyfikasi* menggunakan metode rata-rata (*Average*) menggunakan Persamaan 1.

$Z = ((0.277777)40 + (0.277777)47.777777 + (0.333333)48.333333 + (0.333333)48.333333 + (0.277777)40 + (0.277777)47.777777 + (0.5)50 + (0.5)50) / (0.277777 + 0.277777 + 0.333333 + 0.333333 + 0.277777 + 0.277777 + 0.5 + 0.5) = 47.155555\%$ berada pada kelas rusak sedang.

4.4 Hasil Pengujian dengan Pakar

Pengujian pakar merupakan pengujian kecoco kan kasus yang diberikan pakar dengan hasil kesimpulan sistem, sedangkan pengujian komputasi waktu merupakan pengujian waktu kprosesan data uji yang dibutuhkan FIS tsukamoto yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian antara sistem FIS tsukamoto dengan Pakar Kerusakan Mesin

No	Parameter Kerusakan					Kesimpulan Pakar	Hasil Pengujian Sistem		Waktu Komputasi
	Idling system	Temperature	Oil condition	Fuel injection	Exhaust gas		Tsukamoto	Mamdani	
1	2001 RPM	98 °C	45 KPA	17 MPA	8.9 BI	Rusak Ringan	Rusak Sedang	Rusak Ringan	0.70619606971741 Detik
2	1950 RPM	94 °C	66 KPA	18 MPA	8.6 BI	Rusak Ringan	Rusak Sedang	Rusak Ringan	0.7373423576355 Detik
3	1987 RPM	97 °C	65 KPA	16 MPA	8 BI	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Ringan	1.7273027896881 Detik
7	2007 RPM	96 °C	44 KPA	20 MPA	8.9 BI	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Ringan	0.64778017997742 Detik
4	2000 RPM	100 °C	43 KPA	20 MPA	8.4 BI	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Sedang	0.66787719726562 Detik
5	1890 RPM	98 °C	67 KPA	14 MPA	8.9 BI	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Berat	0.6726541519165 Detik
6	1970 RPM	100 °C	43 KPA	17 MPA	8.4 BI	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Sedang	0.59224510192871 Detik
8	1995 RPM	96 °C	67 KPA	17 MPA	9.1 BI	Rusak Berat	Rusak Sedang	Rusak Berat	0.65873408317566 Detik
9	1989 RPM	101 °C	38 KPA	13 MPA	8 BI	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	0.66470003128052 Detik
10	2000 RPM	100 °C	62 KPA	14 MPA	8.6 BI	Rusak Berat	Rusak Sedang	Rusak Berat	0.64603710174561 Detik

Pada pengujian pakar, dari 10 kasus yang diberikan oleh pakar jumlah kasus yang cocok dengan sistem menggunakan *fuzzy inferensi sistem tsukamoto* sebanyak 60% yakni 6 yang benar dan 4 yang salah. Sedangkan pengujian UAT memperoleh akurasi 76.4% yang terdiri atas 10 responden dan 10 pertanyaan mengenai *user interface system*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan pengujian sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan metode *blackbox* dapat disimpulkan bahwa, penerapan(FIS) *tsukamoto* pada klasifikasi kerusakan mesin *hydraulic excavator* berhasil berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan adanya kesesuaian fungsi – fungsi yang telah di implementasikan sesuai dengan analisa dan perancangan.
2. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan metode *user acceptance test* dapat disimpulkan bahwa, sistem sesuai dengan permasalahan yang ada, sistem dapat membantu permasalahan, sistem dapat menentukan tingkat kerusakan mesin *hydraulic excavator*, kesimpulan pengujian sistem sesuai dengan yang diharapkan, tampilan sistem menarik dan menu – menu pada sistem mudah dipahami. Rata – rata dari 10 pertanyaan dengan 10 responden kuesioner *user acceptance test* adalah 76.4%. Sedangkan dengan pengujian pakar memperoleh akurasi 60%.
3. Berdasarkan pengujian kasus yang diberikan oleh pakar, *fuzzy inferensi sistem tsukamoto* sesuai dengan hasil yang kasus yang diberikan oleh pakar.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan, agar dapat dilakukan pengembangan, performa dan akurasi yang lebih baik yaitu: Untuk pengembangan sistem berikutnya, diharapkan adanya penambahan parameter ataupun output agar hasil lebih bervariasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ekajaya.F, Hidayat.N, Ananta.M.T., 2018, *Diagnosis Penyakit THT Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Android*, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol.2, N0.8, Agustus 2018, hlm 2361-2365.
- Hadi.H.N., dan Mahmudy.W.F., 2015, *Penilaian Prestasi Kinerja Pegawai Menggunakan Fuzzy Tsukamoto*, Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK), Vol.2, N0.8, April 2015, hlm 41-48.
- Mazenda.G, Soebroto.A.A, dan Dewi.C., *Implementasi Fuzzy Inferensi Sistem Tsukamoto (FIS) Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai*, Journal Of

Environmental Engineering & Sustainable Technology, P-Issn : 2356-3109,
November-2014 Volume 01 No. 02.

Pratiwi.M.P., Novianto.S, dan Setyono., *Analisa Kelayakan Truk Pengangkut Material Alam
Pt. Arga Wastu Sluke – Rembang Menggunakan Fuzzy Logic Tsukamoto*,
Techno.COM, Vol. 14, No. 1, Februari 2015: 42-48.

Thamrin.F, Sedyono.E., dan Suhartono, *Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan
Faktor Pembebanan Trafo PLN*, *Jurnal Sistem Informasi Bisnis* 01(2012)