
Fuzzy Case-Based Reasoning: Implementasi Logika Fuzzy pada Case-Based Reasoning

Abdiansah

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang Prabumulih, Km.32 Inderalaya, Ogan Ilir, Indonesia, 30662
e-mail: abdiansah@unsri.ac.id

Abstrak

Telah dikembangkan perangkat lunak Case-Based Reasoning/CBR yang tidak hanya dapat menerima masukan numerik/symbolik tetapi juga dapat menerima masukan linguistik. Penggunaan logika fuzzy untuk menangani masukan yang berupa linguistik telah dieksplorasi dan memberikan beberapa hasil uji terhadap data yang digunakan. Data yang digunakan dalam penelitian diambil dari data standar untuk penelitian CBR. Terdapat 958 data dan masing-masing data memiliki 14 atribut yang kemudian dibentuk menjadi kasus-kasus CBR. Untuk mendapatkan nilai kemiripan digunakan dua teknik similaritas yaitu similaritas Fuzzy dan similaritas Nearest-Neighbour. Sebanyak 81 data masukan yang diuji dan menghasilkan rata-rata akurasi kemiripan sekitar 77% untuk Fuzzy dan 78.5% untuk Nearest-Neighbour. Walaupun tingkat akurasi Fuzzy lebih rendah dari Nearest-Neighbour, terdapat beberapa kelebihan yang dimiliki jika menggunakan masukan yang bersifat linguistik salah satunya adalah fitur linguistik lebih memudahkan pengguna karena masukan yang digunakan berupa linguistik/kata-kata sehingga dapat menyederhanakan penggunaan.

Kata kunci: Case-Based Reasoning, Fuzzy, Nearest-Neighbour

Abstract

Has been developed Case-Based Reasoning software which not only able to receive input numeric but also receive linguistic input. The using of fuzzy logic to handle input in the linguistic form been explored and give some test results of the data used. Data used in the research were taken from standard data for CBR research. There are 958 data and each data has 14 attributes to be formed into CBR cases. This research used two techniques to get the value of similarity, namely Fuzzy similarity and the Nearest-Neighbour similarity. A total of 81 input data were tested and produces an average accuracy about 77% similarity to Fuzzy and 78.5% for the Nearest-Neighbour. Although Fuzzy accuracy is lower than Nearest-Neighbour, there are some advantages when using inputs that are linguistically. one of them is linguistic features make it easier for users because the inputs used in the form of linguistic that can simplify its use.

Keywords: Case-Based Reasoning, Fuzzy, Nearest-Neighbour

1. Pendahuluan

Case-Based Reasoning (CBR) atau Penalaran Berbasis Kasus disingkat dengan CBR merupakan salah satu metodologi dalam bidang Ilmu Komputer yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan/kasus baru menggunakan kasus-kasus lama. CBR juga termasuk sebagai Sistem Berbasis Pengetahuan dan menjadi salah satu alternatif selain Rule-Based Reasoning (RBR). Ide dasar dari CBR adalah "similar problems have similar solutions", dimana setiap masalah yang sama dimungkinkan untuk mempunyai solusi yang sama pula. Pengetahuan yang dimiliki CBR direpresentasikan dalam bentuk cases/kasus-kasus dimana setiap kasus akan berisi dua slot yaitu slot masalah dan slot solusi. Slot masalah berisi fitur-fitur deskripsi dari suatu masalah sedangkan slot solusi berisi solusi/penyelesaian dari masalah tersebut. Nilai kesamaan antara kasus baru dengan kasus-kasus lama akan dihitung menggunakan fungsi similaritas, semakin tinggi nilai similaritas semakin besar kesamaan solusi antara kasus baru dengan kasus-kasus lama. Logika Fuzzy atau disingkat LF merupakan salah satu model matematik yang dapat

digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berisi informasi yang kurang teliti dan kurang pasti. Ide dasar dari teknik LF adalah memberikan informasi secara gradual bukan secara parsial. Selain itu LF juga memberikan pendekatan informasi sesuai dengan kebiasaan manusia, dimana informasi yang diberikan berupa linguistik/kata-kata bukan berupa numerik/angka-angka pasti. Oleh karena itu LF sering digunakan untuk proses pre-processing untuk masukan yang mengandung informasi linguistik.

Proses CBR memiliki beberapa tahapan siklus yang secara umum terdiri dari empat siklus yaitu: 1) Retrieve, pada tahap ini akan dilakukan pencocokan antara kasus baru dengan kasus-kasus lama yang ada dalam basis-data kasus menggunakan fungsi similaritas. Sebelum tahap ini dilakukan terdapat tahapan pre-processing yaitu me-representasikan masalah ke dalam bentuk kasus, tahapan representasi ini akan menghasilkan fitur-fitur atau indeks dari kasus. Fitur-fitur tersebut dapat berbentuk simbolik dan numerik; 2) Reuse, tahap ini merupakan tahapan seleksi terhadap kasus-kasus terbaik yang didapat dari hasil perhitungan fungsi similaritas, kasus dengan nilai tertinggi akan dijadikan solusi untuk kasus baru; 3) Revisi/Adaptasi; tahap ini dilakukan jika terdapat perubahan kasus lama yang diakibatkan oleh kasus baru dan 4) Retain; tahapan ini merupakan tahapan penyimpanan kasus jika tidak ada kecocokan dan ada revisi antara kasus-kasus lama dengan kasus baru. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa pada tahapan pre-processing, fitur-fitur kasus berbentuk simbolik atau numerik sehingga lebih menyusahkan manusia dalam memberikan informasi dan mendeskripsikan suatu kasus. Oleh karena itu penelitian ini mencoba untuk menganalisis dan merancang representasi kasus dalam CBR menggunakan LF sehingga nilai fitur-fitur kasus dalam CBR tidak hanya berbentuk simbolik dan numerik tapi juga dapat berbentuk linguistik, sehingga diharapkan CBR yang dibangun lebih mudah menerima masukan yang berbentuk linguistik.

CBR memiliki empat siklus dalam memproses kasus-kasus, sebelum ke-empat siklus tersebut dijalankan, terlebih dahulu dilakukan pre-processing terhadap kasus yang akan diproses yaitu merepresentasikan masalah ke dalam bentuk kasus dan mendefinisikan fitur-fitur kasus tersebut menjadi sebuah nilai berbentuk simbolik atau numerik. Persoalan terjadi ketika proses definisi fitur-fitur tersebut harus berbentuk simbolik atau numerik sedangkan manusia lebih cenderung menggunakan linguistik. Oleh karena itu persoalan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengubah fitur-fitur CBR yang bersifat numerik/simbolik menjadi fitur linguistik..

2. Metodologi Penelitian

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian tentang fuzzy dan Case-Based Reasoning telah banyak dilakukan, berikut ini beberapa ringkasan dari paper-paper yang membahas tentang Fuzzy Case-Based Reasoning. Pada penelitian [1] mengembangkan prototipe sistem untuk memperkirakan nilai properti daerah pemukiman yang dapat digunakan untuk transaksi real-estate. Sistem tersebut menggunakan CBR yang bantu oleh teknik logika fuzzy dalam menentukan similaritas antara subjek dan properti yang akan dibandingkan. Similaritas tersebut menghasilkan proses seleksi dan agregasi yang bertujuan untuk mencari perkiraan nilai properti. Fuzzy juga digunakan untuk menghasilkan confidence value yang akan meningkatkan kualifikasi perkiraan. Dubois, dkk [2] membahas pemodelan fuzzy untuk CBR dan Case-Based Decision. Prinsip CBR "similar problem have similar solution" dimodelkan dalam bentuk fuzzy-rule. Koiranen, dkk [3] membahas tentang sistem hybrid antara CBR, fuzzy dan neural network. Fokus dari paper ini membahas proses revise/adaptasi dari suatu kasus.

Shiu, dkk [4] membahas tentang perawatan CBR menggunakan pohon keputusan fuzzy. Fokus dari paper ini membahas tentang pengindeksan kasus-kasus yang disimpan dalam basis-data kasus. Semakin bertambah kasus maka akan semakin kompleks perawatan basis-data kasus. Oleh karena itu digunakan pohon keputusan fuzzy untuk mengorganisir indeks kasus. Riordan, dkk [5] membahas tentang penggunaan fuzzy dan CBR untuk memprediksi cuaca. Pengetahuan tentang fitur-fitur kasus dikodekan dalam bentuk fuzzy similarity measure. Algoritma retrieval menggunakan teknik k-nearest neighbours. Esteva, dkk [6] membahas tentang pemodelan similaritas fuzzy dalam CBR. Dua bentuk prinsip similaritas CBR dibahas yang pertama adalah prinsip dasar CBR "similar problem have similar problem" dan yang kedua adalah prinsip dasar CBR menggunakan fuzzy "the more similar problem have the more similar solution". Pal dan Mitra [7] membahas tentang sistem hybrid antara CBR, fuzzy dan rough. Fokus dari paper ini membahas proses retrieval yang menggunakan fungsi similaritas fuzzy. Dubois, dkk [8] membahas tentang penggunaan fuzzy untuk case-based recommendation dan case-based decision. Cheetham, dkk [9] membahas tentang sistem hybrid antara CBR dengan soft-computing yang meliputi: fuzzy, neural network, evolutionary computing dan probabilistic reasoning. Paper ini menjelaskan bagaimana soft-computing dapat digunakan untuk representasi kasus, retrieval, adaptasi, reuse dan perawatan basis-data kasus.

Ahmed, dkk [10] mengembangkan sebuah sistem CBR untuk mendiagnosa stress yang hybrid dengan fuzzy-similarity dan cosine matching function. Fuzzy digunakan untuk pencocokan kasus berdasarkan aspek sinyal yang menangani ketidakpastian dan ketidaktelitian dari sensor pengukur. Voskoglou [11] membahas tentang kombinasi antara CBR dan fuzzy untuk menyelesaikan masalah. Paper ini membahas pemodelan fuzzy untuk representasi sistem CBR yang meliputi retrieve, reuse, revise dan retain. Shi, dkk [12] membahas tentang fuzzy CBR untuk product-style. Algoritma retrieval menggunakan fuzzy-nearest neighbors/f-nn.

2.2. Analisis Permasalahan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis permasalahan yang berujung dengan penyelesaian masalah secara teoritis dan analitis. Akan dilakukan penelusuran literatur dan dilakukan proses problem-solving. Berikut ini beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap ini: 1) Mencari problem-domain yang akan dijadikan kasus dan mengumpulkan data-data kasus terutama kasus yang lebih banyak berhubungan dengan masukan yang menggunakan linguistik; 2) Menganalisa permasalahan yang terdapat pada proses representasi kasus. Hal-hal yang dianalisa termasuk mendefinisikan fitur-fitur kasus, memodelkan kasus menggunakan logika fuzzy serta membuat perhitungan fungsi similaritas; 3) Mengevaluasi perhitungan similaritas secara tertulis guna mencari validitas hasil yang diinginkan.

2.3. Analisis Data

Data yang dikumpulkan adalah data sekunder yang diambil dari situs: <http://mycbr-project.net> dengan nama basis-data Cars. Data yang diambil adalah data penjualan mobil bekas yang dari tahun 1994 sampai 1997 dengan jumlah data sebanyak 958 data dengan 14 atribut yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Nilai-nilai yang digunakan setiap atribut masih bersifat numerik/symbolik. Dari ke-12 atribut yang ada pada tabel 4.1, hanya diambil 4 atribut yang akan digunakan dan diproses dalam penelitian yaitu: 1) atribut Price (harga); 2) Miles (Jumlah kilometer); 3) Power (Horse Power) dan 4) Speed (Kecepatan). Atribut yang lain hanya digunakan sebagai atribut pelengkap.

Tabel 1. Atribut *Cars*

No.	Nama Atribut	Contoh Nilai
1	Car Code	001
2	Manufacturer	BMW
3	Model	325T
4	Body	Sedan
5	Price	\$ 28.000
6	Color	DARK RED
7	Year	1994
8	Miles	76.474
9	Doors	4
10	Power	115
11	Gas	DIESEL
12	Speed	203
13	CCM	2500
14	ZIP	8

2.4. Analisis Pembentukan Kasus

Tahapan pertama dalam membangun sistem CBR adalah merepresentasikan domain permasalahan ke dalam bentuk kasus, dimana suatu kasus terdiri dari dua bagian yaitu bagian problem dan bagian solution. Pada tabel 4.1. atribut Car Code akan dijadikan solusi, hal ini disebabkan karena atribut tersebut menunjukkan identitas dari suatu mobil. Sedangkan atribut yang akan diproses untuk mencari kemiripan antar kasus digunakan atribut: Price, Miles, Power dan Speed. Atribut yang lain hanya digunakan sebagai informasi pelengkap walaupun dapat juga dilibatkan dalam proses mencari kesamaan, tabel kasus dapat dilihat pada tabel 4.2. Pemilihan keempat atribut tersebut dijadikan batasan dalam penelitian ini hal ini disebabkan terlalu banyak proses yang terlibat dan membutuhkan penelitian lebih lanjut lagi.

Tabel 2. Kasus CBR

No.	Nama Atribut	Keterangan
1	Car Code	Solusi
5	Price	Masalah
8	Miles	
10	Power	
12	Speed	

2.4.1. Fuzzifikasi

Sebelum nilai suatu atribut diproses, terlebih dahulu dilakukan proses fuzzifikasi yaitu proses untuk mencari nilai derajat keanggotaan suatu himpunan fuzzy, untuk materi penjas tentang fuzzy dapat dibaca pada buku Pal & Mitra (2004). Atribut yang akan difuzzifikasi adalah atribut yang akan diproses untuk dicari nilai similaritasnya.

Price (Harga)

Atribut *Price* mempunyai jarak nilai antara 4.799 – 95.199. berdasarkan jarak tersebut akan dibuat menjadi lima himpunan linguistik yaitu: MURAH, AGAK MURAH, SEDANG, AGAK MAHAL dan MAHAL. Untuk membagi nilai secara merata digunakan persamaan:

$$D = \frac{(maks - min)}{N} \text{ dan } R = \frac{D}{2} \dots (1)$$

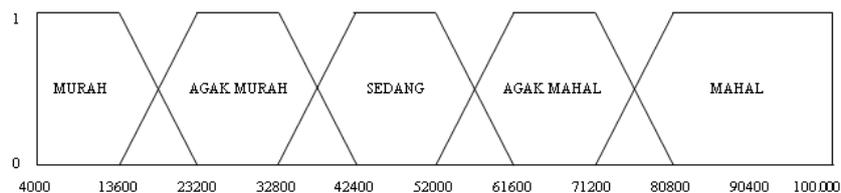
Dimana, D = jarak antar titik pembagi (klasik), R = Fuzzy

$Maks$ = nilai tertinggi himpunan

Min = nilai terendah himpunan

N = Jumlah total himpunan

$$X[0] = min; \text{ sehingga } X[i] = \sum_{i=1}^{X[i]=maks} X[i-1] + R \dots (2)$$

Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Price*

Berdasarkan persamaan (2) maka didapat grafik keanggotaan fuzzy yang dapat dilihat pada gambar 1. Langkah selanjutnya adalah membuat fungsi untuk mencari derajat keanggotaan berdasarkan grafik pada gambar 1, berikut ini fungsi keanggotaan masing-masing himpunan:

$$\mu_{Murah}(x) = \begin{cases} 1; & 4.000 \leq x \leq 13.600 \\ \frac{23.200 - x}{9.600}; & 13.600 \leq x \leq 23.200 \\ 0; & x \geq 23.200 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{AgakMurah}}(x) = \begin{cases} 1; & 23.200 \leq x \leq 32.800 \\ \frac{x - 13.600}{9.600}; & 13.600 \leq x \leq 23.200 \\ \frac{42.400 - x}{9.600}; & 32.800 \leq x \leq 42.400 \\ 0; & x \leq 13.600 \text{ dan } x \geq 42.400 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 1; & 42.400 \leq x \leq 52.000 \\ \frac{x - 32.800}{9.600}; & 32.800 \leq x \leq 42.400 \\ \frac{61.600 - x}{9.600}; & 52.000 \leq x \leq 61.600 \\ 0; & x \leq 32.800 \text{ dan } x \geq 61.600 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{AgakMahal}}(x) = \begin{cases} 1; & 61.600 \leq x \leq 71.200 \\ \frac{x - 52.000}{9.600}; & 52.000 \leq x \leq 61.600 \\ \frac{80.800 - x}{9.600}; & 71.200 \leq x \leq 80.800 \\ 0; & x \leq 52.000 \text{ dan } x \geq 80.800 \end{cases}$$

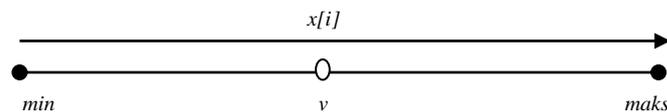
$$\mu_{\text{Murah}}(x) = \begin{cases} 1; & 81.800 \leq x \leq 100.000 \\ \frac{x - 71.200}{9.600}; & 71.200 \leq x \leq 80.800 \\ 0; & x \geq 71.200 \end{cases}$$

Proses yang serupa dipelajari untuk mencari fungsi keanggotan untuk *Miles*, *Power* dan *Speed*.

2.4.2. Fungsi Similaritas

Untuk mencari kemiripan/kesamaan antar kasus digunakan fungsi similaritas. Dalam penelitian ini digunakan dua fungsi similaritas yaitu *Nearest-Neighbour/NN* dan *Fuzzy Similarity/FS*. Fungsi similaritas NN akan menggunakan mencari kemiripan kasus dengan memproses nilai numerik/simbolik, sebaliknya fungsi similaritas FS akan memproses nilai secara linguistik.

2.4.2.1. Nearest-Neighbour



Gambar 2. Jarak antara v dan $x[i]$

$$N = \max(|v - x[i]|) \dots (3)$$

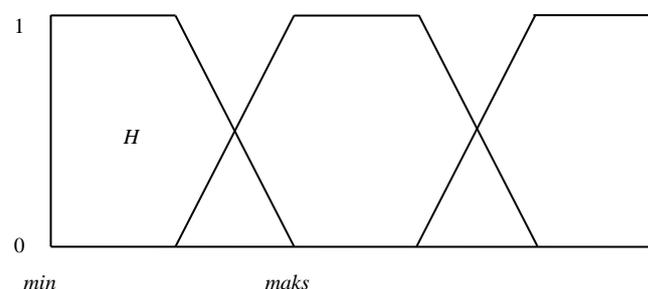
$$\text{Sim}(v, x[i]) = 1 - \frac{|v - x[i]|}{N} \dots (4)$$

Dimana, v = nilai masukan
 $x[i]$ = nilai ke- i dari suatu himpunan
 N = nilai tertinggi dari suatu himpunan

Ide dasar dari fungsi NN adalah mencari kesamaan antara dua buah nilai dengan menghitung selisih, jika hasil selisih adalah 0 maka kedua nilai tersebut mempunyai kemiripan total. Pada gambar 2 dapat dilihat jika terdapat sebuah nilai v yang akan dicari kemiripan dengan sekumpulan nilai sebut saja $x[i]$ maka nilai kesamaan antara v dan $x[i]$ dapat dihitung menggunakan persamaan (4). Persamaan tersebut akan menghasilkan nilai 1 jika kedua nilai mempunyai kemiripan total, 0 jika tidak mirip sama sekali dan nilai antara 0-1 yang memberikan derajat kemiripan dengan skala 0-1.

2.4.2.2. Fuzzy Similarity

Ide dasar dari fungsi FS adalah mengambil sekumpulan nilai dari suatu himpunan fuzzy, seperti tampak pada gambar 3 terdapat 3 himpunan fuzzy, (simbol H mewakili himpunan fuzzy) dimana dari ketiga himpunan tersebut diambil salah satu saja. Kemudian seluruh nilai di fuzzifikasi-kan sehingga nilai-nilainya berada pada rentang 0-1. Langkah terakhir adalah memproses kemiripan suatu nilai v dengan nilai-nilai yang ada pada himpunan tadi menggunakan persamaan (6).



Gambar 3. Himpunan fuzzy

$$x[i] = \{F|H\} \dots (5)$$

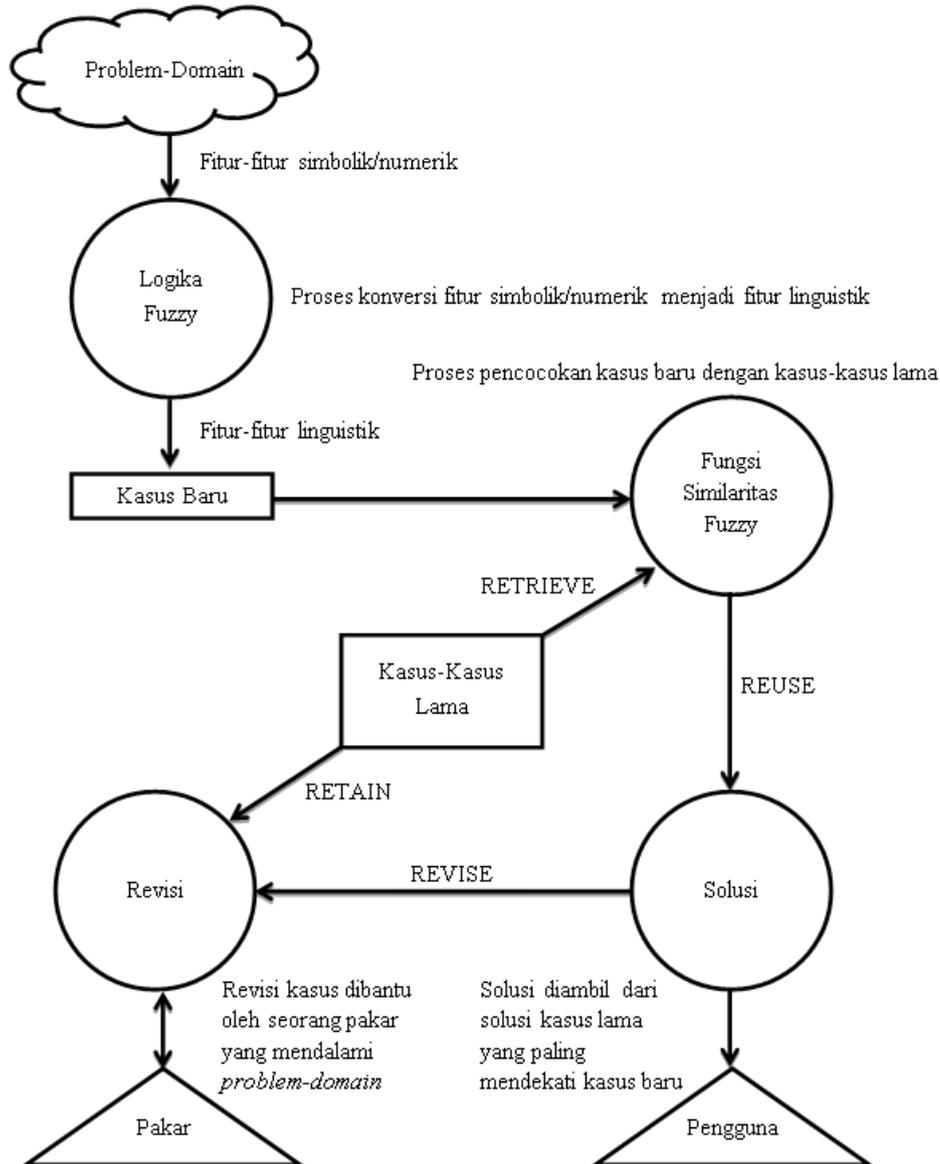
$$\text{Sim}(v, x[i]) = 1 - |v - x[i]| \dots (6)$$

Dimana,
 v = nilai masukan
 $x[i]$ = nilai ke- i dari suatu himpunan
 H = suatu himpunan fuzzy
 F = nilai-nilai yang di fuzzifikasi-kan dari suatu himpunan H

2.5. Arsitektur Dan Diagram Alir Sistem

Pada gambar 4 dapat dilihat arsitektur yang mengikuti siklus Case-Based Reasoning dengan ditambah Logika Fuzzy dan diagram alir sistem yang menjelaskan alur proses dari sistem yang akan dibuat. Berikut penjelasan dari masing-masing komponen yang ada pada gambar 4:

- a. Problem-Domain: Merupakan domain permasalahan yang akan diselesaikan oleh fuzzy dan CBR. Dalam penelitian ini akan dicari problem domain yang masukannya bersifat linguistik sehingga lebih sesuai untuk diproses oleh logika fuzzy.
- b. Logika Fuzzy: Komponen ini akan memproses masukan yang bersifat simbolik/numerik dan mengubah menjadi linguistik. Komponen ini juga akan merepresentasikan masalah menjadi kasus dan mendefinisikan fitur-fitur kasus.
- c. Kasus Baru: Merupakan kasus yang dihasilkan dari logika fuzzy dan siap diproses oleh CBR. Kasus baru mempunyai fitur-fitur kasus tetapi tidak mempunyai solusi.
- d. Kasus-Kasus Lama: Merupakan kasus-kasus lama yang disimpan di dalam basisdata kasus. Proses pembuatan kasus lama sama seperti pembuatan kasus baru, hanya saja kasus-kasus lama tersebut sudah diberi solusi oleh pakar.
- e. Fungsi Similaritas: Komponen ini akan memproses kesamaan antara kasus baru dengan kasus-kasus lama. Kasus lama yang mempunyai kesamaan yang paling tinggi akan dijadikan solusi untuk kasus baru.
- f. Solusi: Penyelesaian masalah untuk kasus baru. Solusi diambil dari solusi kasus lama yang memiliki kesamaan paling tinggi dengan kasus baru.
- g. Pengguna: Orang yang menggunakan CBR untuk menyelesaikan masalahnya.
- h. Revisi: Kasus baru yang belum dapat diselesaikan masalahnya akan direvisi dan dicari jawaban yang cocok. Revisi dilakukan jika tidak ada kemiripan atau kurang antara kasus baru dengan kasus-kasus lama.
- i. Pakar: Orang yang membantu memberikan pengetahuan untuk sistem CBR dan juga yang melakukan revisi untuk kasus yang belum ada solusi.



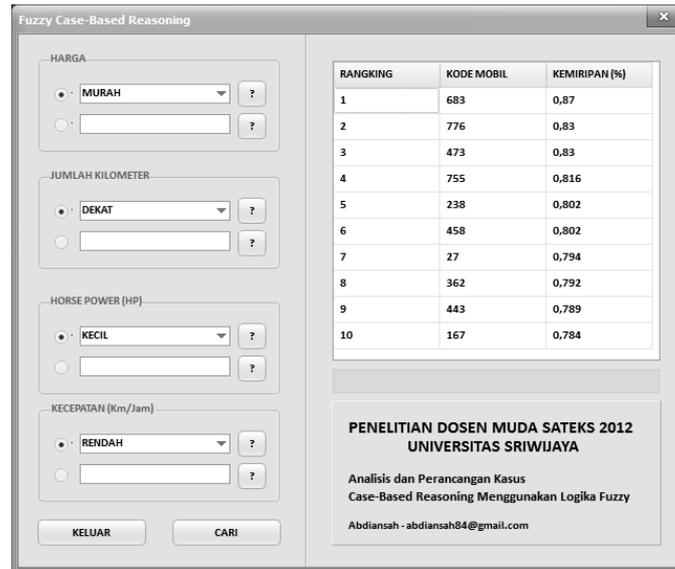
gambar 4. Arsitektur dan Diagram alir sistem

3. Hasil dan Analisis

Dari penelitian yang dilakukan dapat dihasilkan 2 hasil penelitian yaitu perangkat lunak dan hasil pengujian. Perangkat lunak merupakan aplikasi yang mengimplementasikan arsitektur sistem yang dapat mengolah input dan output, serta digunakan sebagai alat uji untuk metode-metode yang digunakan. Pengujian merupakan cara yang digunakan untuk mengevaluasi metode dan mencari tingkat akurasi kebenaran dari solusi yang dihasilkan oleh sistem.

3.1. Perangkat Lunak Uji

Hasil dari penelitian ini adalah berupa perangkat lunak yang mengimplementasikan Logika Fuzzy untuk mengolah data numerik/symbolik menjadi data linguistik. Ada tiga antarmuka yang dibuat yaitu: 1) antarmuka utama, yang berisi seluruh masukan dan keluaran; 2) antarmuka detil mobil, yang berisi informasi lengkap dari suatu mobil berdasarkan Car Code dan; 3) antarmuka grafik fungsi keanggotaan fuzzy, yang menampilkan grafik fungsi keanggotaan untuk masing-masing himpunan fuzzy.

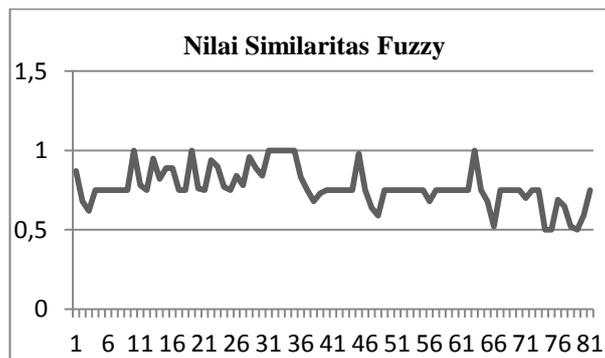


gambar 5. Antarmuka Utama

Pada gambar 5 dapat dilihat terdapat bahwa antarmuka utama dibagi menjadi dua bagian yaitu panel kiri dan kanan. Pada panel kiri terdapat empat buah kategori masukan yaitu: 1) Harga; 2) Jumlah Kilometer; 3) Horse Power; dan 4) Kecepatan. Masing-masing kategori memiliki dua jenis masukan dimana masukan bagian atas merupakan masukan untuk nilai linguistik/fuzzy dan bagian bawah untuk nilai numerik. Dibawah kategori terdapat dua tombol yaitu tombol keluar dan tombol cari yang berfungsi untuk mencari kesamaan antara nilai yang dimasukan pengguna dengan nilai yang ada dalam basis-data Cars. Pada panel sebelah kanan merupakan tampilan untuk hasil keluaran dari proses pencarian. Terdapat tabel dengan tiga kolom: 1) Ranging; 2) Kode Mobil dan 3) Kemiripan. Sistem akan menampilkan hasil sebanyak 10 kasus dimulai dari kasus dengan similaritas tertinggi. Dibawah tabel terdapat progress-bar yang berfungsi untuk menunjukkan kemajuan dari proses yang sedang berjalan.

3.2. Hasil Percobaan

Hasil pengujian penelitian ini membandingkan antara fungsi similaritas Fuzzy dan fungsi similaritas biasa menggunakan fungsi Nearest-Neighbour berdasarkan pada persamaan (4) dan (6).



Gambar 6. Grafik Similaritas Fuzzy

Secara keseluruhan terdapat 225 masukan untuk setiap kombinasi dari keempat masukan: Harga, Kilometer, Power dan Kecepatan. Dalam penelitian ini hanya menguji sebanyak 81 masukan yang diambil dari Harga (murah, sedang, mahal), Kilometer (dekat, sedang, jauh), Power (kecil, sedang, besar) dan Kecepatan (rendah, sedang, tinggi). Hal ini dilakukan karena untuk disesuaikan dengan masukan biasa yang nanti akan dihitung menggunakan fungsi Nearest-Neighbour. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap 81 data, didapat rata-rata tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 77%. Pada gambar 6 dapat dilihat nilai-nilai similaritas data yang diuji, rata-rata nilai similaritas sebesar 0.77 dengan skala nilai 0 – 1.

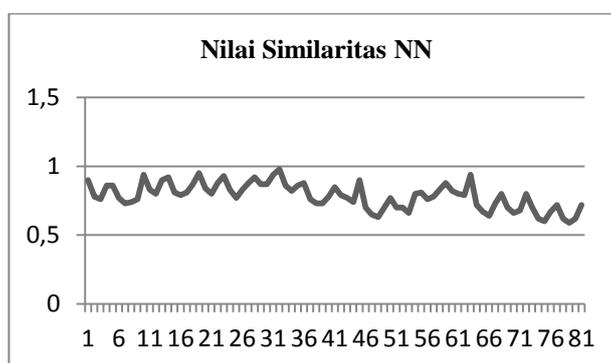
Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa data yang diuji seharusnya sebanyak 255 kasus, akan tetapi hanya diuji sebanyak 81 kasus hal ini dikarenakan kemudahan untuk menyesuaikan data numerik dengan data linguistik. Data numerik untuk NN didapatkan dari hasil query pada basis-data *Cars*, yaitu dengan mencari data minimum, maksimum dan nilai tengah. Untuk nilai tengah di dapat dari persamaan (7).

$$NT = max - \left(\frac{max - min}{2} \right) \dots (7)$$

Dimana, NT = Nilai Tengah

max = nilai tertinggi

min = nilai terendah



Gambar 7. Grafik Similaritas Nearest-Neighbour

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap 81 data, didapat rata-rata tingkat akurasi yang diperoleh menggunakan fungsi similaritas NN sebesar 78.5%. Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa fungsi similaritas Fuzzy tidak terlalu akurat dibandingkan dengan fungsi Nearest-Neighbour, hal ini dapat dimaklumi dikarenakan nilai yang digunakan dalam similaritas Fuzzy hanya berdasarkan nilai fuzzifikasi, yang dalam hal ini tergantung dari pemodelan grafik fungsi keanggotaan. Dalam penelitian ini, grafik fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy dibuat seragam berdasarkan persamaan (2), untuk meningkatkan akurasi sebaiknya dibutuhkan seorang ahli untuk menentukan model fuzzifikasi yang sesuai dengan domain permasalahan karena secara teori grafik keanggotaan menentukan derajat kebenaran suatu nilai terhadap suatu domain permasalahan tersebut.

Sisi keunggulan dari penggunaan fitur fuzzy/linguistik dalam penelitian ini adalah pengguna dapat diberikan pilihan sebanyak 255 pilihan yang sesuai dengan kondisi domain permasalahan. Dengan kata lain misalnya, pengguna tidak harus bertanya atau memikirkan berapa harga terendah atau harga termahal yang dimiliki oleh sistem karena pada dasarnya setiap sistem mungkin memiliki data yang berbeda-beda ("rendah" di sistem A belum tentu sama dengan "rendah" di sistem B, tergantung data dan pemodelan grafik fungsi keanggotaan) sehingga dapat menyulitkan pengguna dalam memberikan informasi masukan yang benar dan menghindarkan pengguna untuk mencari lagi informasi tambahan karena logika fuzzy mampu untuk mengatasi perbedaan nilai suatu sistem dengan menggunakan fitur linguistik.

Selain untuk menghitung similaritas Fuzzy dan Nearest-Neighbour, aplikasi yang dibuat dalam penelitian ini juga dapat digunakan untuk melakukan perhitungan kombinasi Fuzzy dan Nearest-Neighbour, akan tetapi peneliti belum sempat menguji karena hanya fokus pada perbandingan saja. Oleh karena itu masih ada beberapa hal yang perlu diuji dan diperbaiki lagi dari penelitian ini diantaranya adalah meningkatkan akurasi dan melakukan pengujian kombinasi guna mendapatkan hasil yang maksimal.

4. Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

- a. Telah dibuat perangkat lunak Case-Based Reasoning yang dapat memproses kasus berupa fitur-fitur linguistik dan numerik/symbolik serta mencari kemiripan antara kasus baru dengan kasus-kasus yang ada dalam basis-data kasus.
- b. Perangkat lunak yang dibuat dapat memberikan 255 kasus baru dengan fitur-fitur linguistik.
- c. Telah dilakukan pengujian terhadap 81 kasus baru dengan fitur-fitur linguistik dan menggunakan similaritas Fuzzy dengan rata-rata hasil akurasi sebesar 77%.
- d. Telah dilakukan pengujian terhadap 81 kasus baru dengan fitur-fitur numerik menggunakan similaritas Nearest-Neighbour dengan rata-rata hasil akurasi sebesar 78.5%.
- e. Salah satu keunggulan fitur linguistik adalah lebih memudahkan pengguna karena masukan yang digunakan berupa linguistik/kata-kata sehingga dapat menyederhanakan penggunaan. Selain itu, sistem yang menggunakan fitur-fitur linguistik dapat memberikan fleksibilitas masukan karena pengguna hanya memberikan data linguistik dan sistem yang akan memproses sesuai dengan data linguistik yang diberikan, dengan kata lain bisa jadi masukan linguistik yang diberikan pengguna sama tapi akan berbeda implementasinya di setiap sistem yang berbeda pula.

Hasil akurasi similaritas Fuzzy yang diteliti memiliki akurasi yang kurang baik hal ini dikarenakan pemodelan fungsi keanggotaan yang hanya menggunakan sebaran nilai tanpa melihat domain permasalahan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut guna mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu dapat pula diuji kombinasi antara similaritas Fuzzy dengan Nearest-Neighbour dan dicari komposisi yang tepat sehingga bisa menjadi model yang baru dalam melakukan kemiripan kasus. Dalam basis-data Cars masih terdapat fitur-fitur numerik yang dapat digunakan dan dieksplorasi lagi selain keempat fitur yang digunakan dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] Bonissone, P. P., & Cheetham, W. (1-5 Jul 1997). Financial applications of fuzzy case-based reasoning to residential property valuation. *Fuzzy Systems, 1997.*, Proceedings of the Sixth IEEE International Conference (hal. 37 - 44 vol.1). Barcelona , Spain: IEEE Xplore.
- [2] Dubois, D., Prade, H., Esteva, F., Garcia, P., Godo, L., & Mántaras, R. L. (April 1998). Fuzzy set modelling in case-based reasoning. *International Journal of Intelligent Systems*, Volume 13, Issue 4, pages 345–373.
- [3] Koiranen, T., Virkki-Hatakka, T., Kraslawski, A., & Nystrom, L. (24 May 1998). Hybrid, fuzzy and neural adaptation in case-based reasoning system for process equipment selection. *Computers and Chemical Engineering*, Volume 22, Supplement 1, pp. 997-1000(4).
- [4] Shiu, S. C., Sun, C. H., Wang, X. Z., & Yeung, D. S. (2000). Maintaining Case-Based Reasoning Systems Using Fuzzy Decision Trees. *Proc 5th European Workshop on CBR EWCBR00* (hal. 73-88). Springer Verlag.
- [5] Riordan, D., & Hansen, B. K. (2002). A fuzzy case-based system for weather prediction. *Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications*, Volume: 10, Issue: 3, Pages: 139-146.
- [6] Esteva, F., Garcia-Calves, P., & Godo, L. (2002). Fuzzy similarity-based models in case-based reasoning. *Fuzzy Systems, 2002. FUZZ-IEEE'02. Proceedings of the 2002 IEEE International Conference* (hal. 1348 - 1353). Honolulu, HI , USA : IEEE Xplore.
- [7] Pal, S., & Mitra, P. (Mar 2004). Case generation using rough sets with fuzzy representation. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions*, 293 - 300.
- [8] Dubois, D., Hüllermeier, E., & Prade, H. (2006). Fuzzy methods for case-based recommendation and decision support . *Journal of Intelligent Information Systems*, Volume 27, Number 2, 95-115.
- [9] Cheetham, W., Shiu, S., & Weber, R. O. (2006). Soft case-based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 20:3, 267–269.
- [10] Ahmed, M. U., Begum, S., Funk, P., Xiong, N., & Schéele, B. V. (2008). Case-Based Reasoning for Diagnosis of Stress using Enhanced Cosine and Fuzzy Similarity. *Transactions on Case-Based*, Vol.1, No 1 (2008) 3-19.
- [11] Voskoglou, M. G. (2010). Combining Case-Based and Fuzzy Reasoning in Problem Solving. Italy: Department of Mathematics, University of Palermo.
- [12] Shi, F., Xu, J., & Sun, S. (2011). Fuzzy Case-based Reasoning in Product Style Acquisition incorporating Valence-Arousal based Emotional Cellular Model. *Journal of Applied Mathematics*, Volume -, Article -, 18 pages.