

PERBANDINGAN METODE *FUZZY* TSUKAMOTO DAN MAMDANI
UNTUK MEREKOMENDASI NILAI SIMPANAN TABUNGAN
BERDASARKAN SALDO RATA-RATA HARIAN PADA KOPERASI
JASA KEUANGAN SYARIAH
(STUDI KASUS DI BMT BINA IHSANUL FIKRI)

Safik Omara, Anton Setiawan Honggowibowo, Hero Wintolo
Jurusan Teknik Informatika
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
informatika@stta.ac.id

ABSTRACT

Funding accumulation should be designed to attract people to save in the institution money islamic. Savings Islamic investment is to apply the system to yield a return on investment. The value of customer revenue will never be the same each month even though they are the same a mount. Therefore, we need an alternative form of information storage decisions to be based recommendations for the specific results. For the results calculated by the method of the average daily balance is multiplied by other factors such as per classification average balance bank of funds, and the ratio(%). The average balance is the accumulation of sediment balance is divided by the number of days in a month.

The application of fuzzy inference systems Tsukamoto and madman will be compared to the recommended savings will be applied to the system. Fuzzy logic has a degree of membership that represented the values 0 and 1, to be more balanced in the calculation is limited by certain factors. Factors include the amount of sediment balance and sediment balance your time to calculate the value of savings products or recommendations.

Application of fuzzy Tsukamoto and Mamdani gives an overview of the differences indetermining the final outcome of the process defuzzifikasi, so that the known method is more suitable for recommending the value of deposits with a limited output of certain values (lower and upper limit of deposits). Fuzzy calculations have been tested with analysis of mathematical calculations manually and generate the same value.

Keywords: FuzzyTsukamoto, FuzzyMamdani, Recommendations Savings, Average daily balance.

ABSTRAK

Upaya penghimpunan dana harus dirancang untuk menarik minat masyarakat menabung pada lembaga keuangan syariah. Tabungan syariah merupakan investasi yang menerapkan sistem bagi hasil sebagai *return of investment*. Nilai bagi hasil nasabah tidak akan pernah sama setiap bulannya meskipun jumlah simpanan mereka sama. Untuk itu diperlukan informasi berupa alternatif keputusan rekomendasi simpanan yang akan ditempatkan untuk bagi hasil tertentu . Bagi hasil dihitung

Compiler

dengan metode saldo rata-rata harian yang dikali dengan faktor lainnya seperti saldo rata-rata perklasifikasi dana, pendapatan bank, dan *nisbah* (%). Saldo rata-rata merupakan akumulasi saldo mengendap yang dibagi jumlah hari dalam satu bulan.

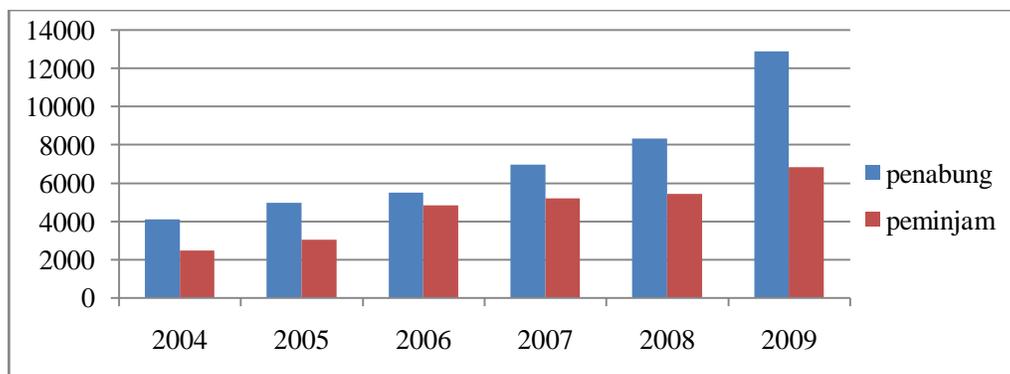
Penerapan *fuzzy* inferensi sistem tsukamoto dan mamdani akan dibandingkan untuk merekomendasikan simpanan yang akan diterapkan pada sistem. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan yang direpresentasikan dengan nilai 0 dan 1, sehingga lebih seimbang dalam perhitungan yang dibatasi oleh faktor tertentu. Faktor tersebut antara lain jumlah saldo mengendap dan lama saldo mengendap untuk menghitung nilai keluaran atau rekomendasi simpanan.

Penerapan *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani memberikan gambaran mengenai perbedaan penentuan hasil akhir yaitu pada proses *defuzzifikasi*, sehingga diketahui metode yang lebih cocok diterapkan untuk merekomendasi nilai simpanan dengan *output* yang dibatasi nilai tertentu (batas bawah dan atas simpanan). Perhitungan *fuzzy* telah diuji dengan analisa perhitungan matematis secara manual dan menghasilkan nilai yang sama.

Kata Kunci : Fuzzy Tsukamoto, Fuzzy Mamdani, Rekomendasi Simpanan, Saldo Rata-Rata Harian.

1. Pendahuluan

Perbedaan antara bank konvensional dengan lembaga syariah adalah pada teknik bagi hasil dan bunga. Prinsip bagi hasil diterapkan pada produk penghimpunan dana syariah berupa tabungan. Upaya penghimpunan dana harus dirancang sedemikian rupa untuk menarik minat masyarakat untuk menabung. Sebagai contoh perkembangan minat penabung syariah dapat dilihat pada BMT Bina Ihsanul Fikri yang mengalami perkembangan pesat dari tahun ke tahun. Tercatat di buku laporan pertanggung jawaban, jumlah penabung di BMT Bina Ihsanul Fikri di akhir tahun 2009 naik menjadi 12890 nasabah, grafik perkembangan jumlah nasabah BMT BIF tahun 2004-2009 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik Perkembangan Jumlah Nasabah BMT BIF Tahun 2004-2009

Jumlah yang diprediksi naik setiap tahun memunculkan permasalahan dalam hal pelayanan informasi. Informasi dalam bentuk alternatif keputusan berupa rekomendasi simpanan atau jumlah dana yang akan ditempatkan sehingga nasabah dapat mensimulasikan simpanannya, serta menginformasikan perkiraan bagi hasil dari setiap dana yang disimpan. Hal ini dikarenakan nilai bagi hasil nasabah tidak akan sama meskipun jumlah saldo mereka sama setiap bulannya.

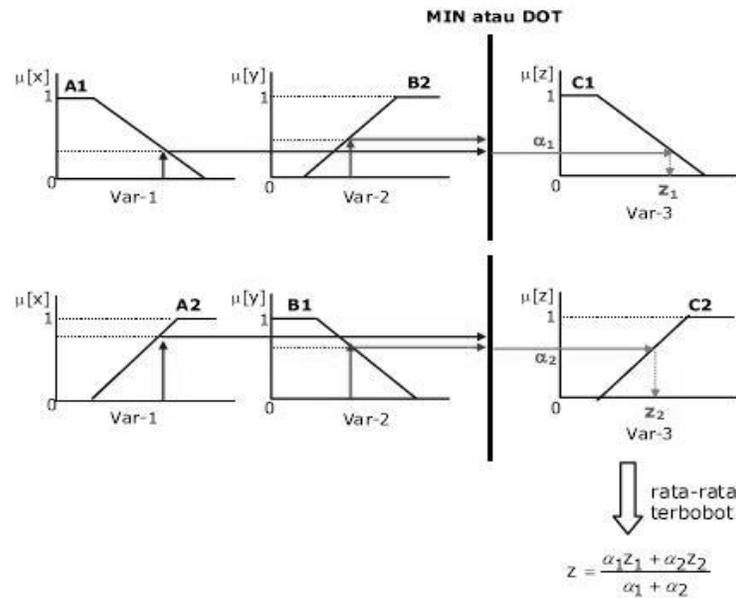
Peran nasabah untuk mendapat bagi hasil yang tinggi adalah dengan menyimpan dananya dalam jangka waktu tertentu dan akan terus mengendap setiap hari hingga akhir bulan. Nilai rekomendasi simpanan dihitung berdasarkan bagi hasil yang diharapkan dengan variabel yang mempengaruhi yaitu lama saldo mengendap dan total saldo mengendap satu bulan. Penulis membandingkan antara penerapan logika *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani untuk mengetahui metode yang lebih cocok diterapkan dalam merekomendasi simpanan yang dibatasi rentang nilai tertentu sebagai batas atas dan bawah simpanan. Pada Tsukamoto setiap konsekuen pada aturan berbentuk *if-then* direpresentasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari setiap aturan diberikan dalam bentuk nilai pasti (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*), dan hasil akhir diperoleh dengan rata-rata terbobot. Perbedaan dengan Mamdani adalah pada proses penegasan (*defuzzifikasi*). Pada Tsukamoto, proses *defuzzifikasi* atau merubah kembali data yang dijadikan *fuzzy* kedalam bentuk nilai pasti dengan rata-rata terbobot, sedangkan pada Mamdani diperlukan metode *defuzzifikasi*. Ada beberapa metode *defuzzifikasi*, penulis memilih menggunakan metode Centroid (*Composite Moment*). Pada metode ini solusi diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

2. Sistem Inferensi *Fuzzy*

Sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System/FIS*) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya.

Metode Tsukamoto

Pada metode ini setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton (Gambar 2). Sebagai hasilnya *output* hasil inferensi dari setiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (*weight average*) (Kusumadewi, 2010). Berikut merupakan gambar inferensi dengan Tsukamoto, dimana dalam penentuan akhirnya menggunakan rata-rata terbobot (*weight average*).



Gambar 2 Metode Inferensi Tsukamoto.

(Sumber : Artificial Intelegent, Sri Kusumadewi)

Metode Mamdani

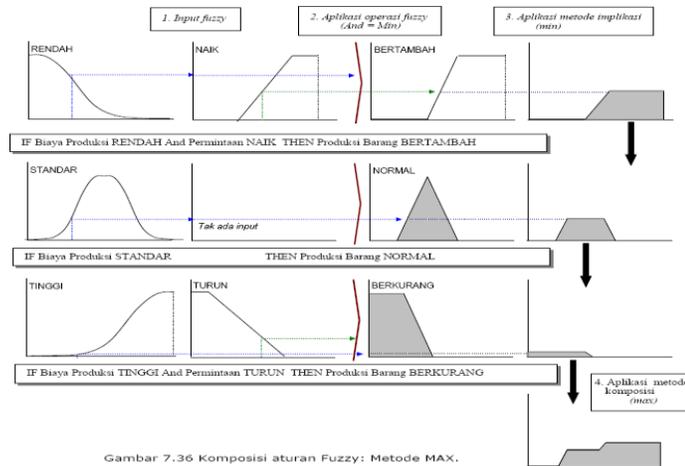
Metode ini sering juga dikenal dengan metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975.

Untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan, yaitu :

- a. Pembentukan himpunan *fuzzy*
 Pada Metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
- b. Aplikasi fungsi implikasi (Aturan)
 Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.
- c. Komposisi aturan
 Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* adalah metode *Max* (Maximum).

Pada metode Mamdani, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

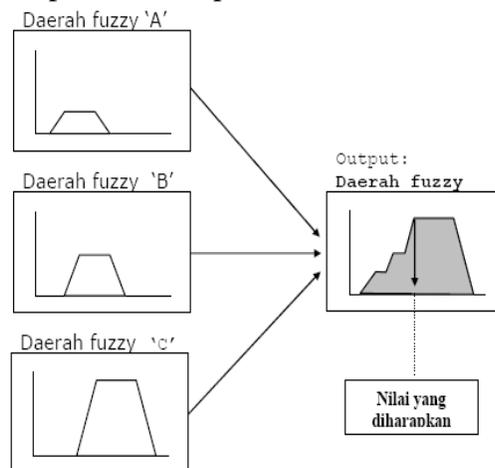
$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max(\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi])$, dengan:
 $\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i;
 $\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i;
 Proses inferensi dengan menggunakan metode *Max* dalam komposisi aturan seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Komposisi Aturan *Fuzzy* Metode *Max*

d. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai pasti tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada Gambar 4.



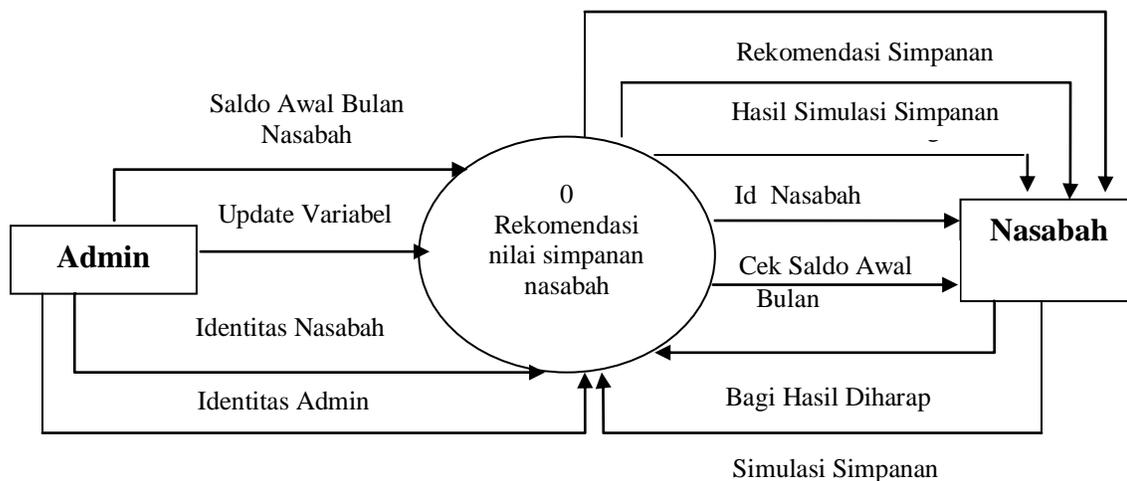
Gambar 4 Proses *Defuzzifikasi*

Metode *defuzzifikasi* pada komposisi aturan MAMDANI, yang digunakan dengan metode Centroid (*Composite Moment*). Pada metode ini, solusi *crisp* atau nilai pasti diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*.

3. Perancangan Sistem

Perancangan Sistem merupakan tahapan untuk menentukan kebutuhan sistem yang akan dibuat sehingga menjadi sebuah sistem yang dapat digunakan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahap ini meliputi perancangan diagram konteks dan diagram alir data. Adapun tahapannya sebagai berikut.

Diagram Konteks



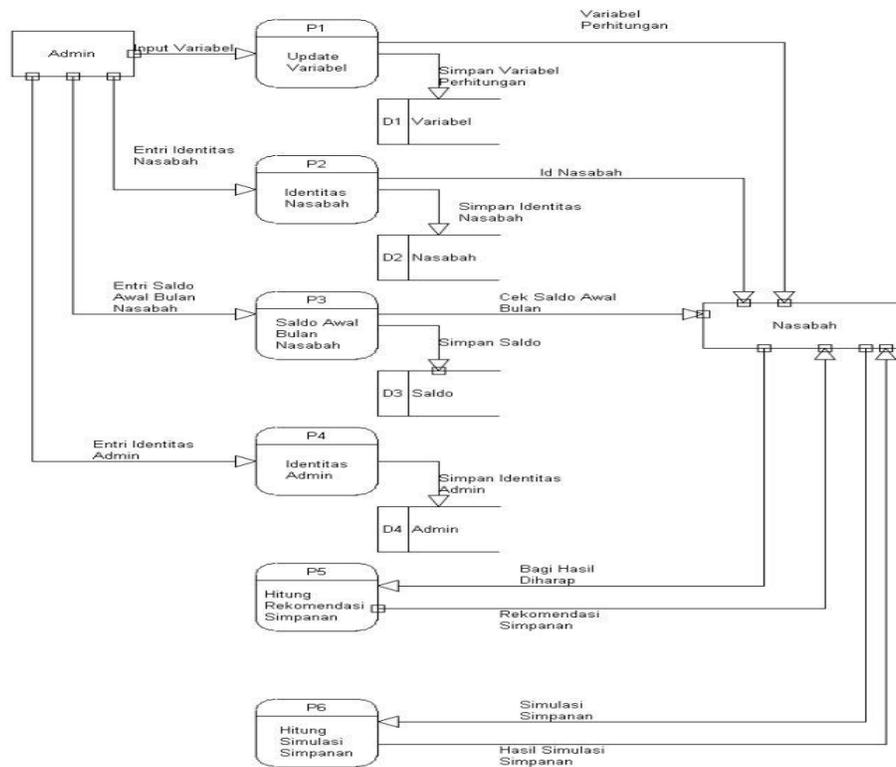
Gambar 5 Diagram Konteks

Penggunaan diagram arus data disini bertujuan memudahkan dalam melihat arus data dalam sistem. Perancangan prosedural akan digambarkan melalui diagram konteks. Pada gambar 5, diagram konteks terbagi dua entitas (nasabah dan admin). Pada sistem ini nasabah memasukan nilai bagi hasil yang diharapkan, sehingga sistem merekomendasikan nilai simpanan. Nasabah dapat mensimulasikan simpanannya pada sistem. Pada entitas lain admin akan mengentri saldo awal bulan nasabah, variabel yang mempengaruhi perhitungan, serta identitas nasabah dan admin.

Diagram Alir Data Level 1 (DAD Level 1)

Diagram alir data merupakan suatu model logika data atau proses yang dibuat untuk menggambarkan dari mana asal data, kemana tujuan data yang keluar dari sistem, serta dimana data disimpan. Simbol DAD yang digunakan oleh penulis dalam

gambar 6 adalah simbol DAD versi Gane dan Sarson.



Gambar 6 Diagram Alir data level 1

Proses-proses yang terjadi pada DFD Level 1 gambar 6, terdiri dari :

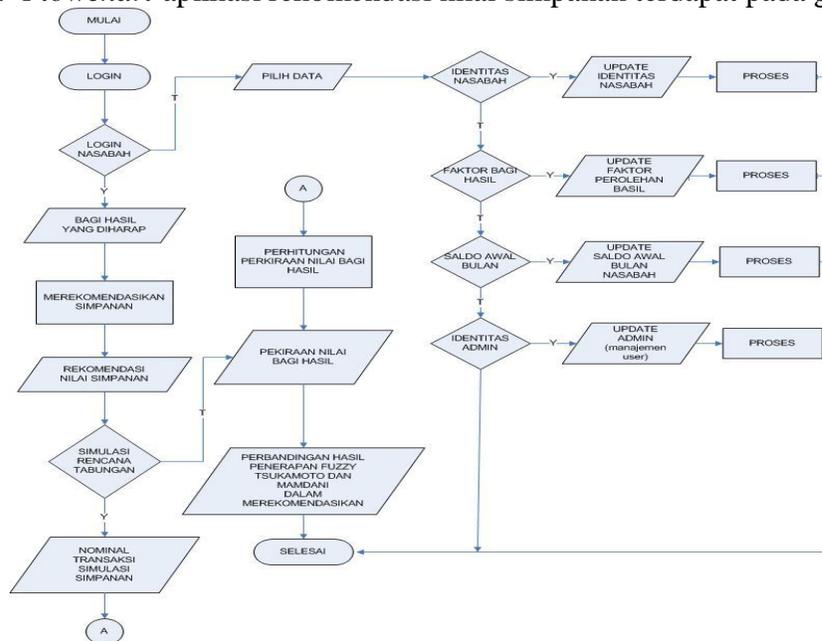
1. Proses *Update* Variabel
Proses ini dilakukan oleh admin dengan *update* nilai dari variabel yang mempengaruhi perhitungan bagi hasil dan rekomendasi simpanan nasabah.
2. Proses Identitas nasabah
Proses ini dilakukan admin dengan *update* identitas nasabah. Nasabah menerima informasi berupa *password* untuk mengakses program simulasi ini.
3. Proses Saldo Awal Bulan Nasabah
Proses ini dilakukan oleh admin dengan *update* saldo awal bulan nasabah. Nasabah menerima informasi perolehan saldo awal bulan sebagai dasar perhitungan rekomendasi nilai simpanan tabungan.
4. Proses Identitas Admin
Proses ini merupakan penyimpanan identitas *user* sebagai admin untuk memberikan otoritas lebih bagi *user* tertentu.
5. Proses Hitung Rekomendasi Simpanan
Nasabah *input* nilai bagi hasil diharap untuk menampilkan rekomendasi simpanan serta mensimulasikan rencana simpanannya.

6. Proses Hitung Simulasi Simpanan

Nasabah menerima informasi hasil perhitungan simulasi, informasi tersebut antara lain perkiraan bagi hasil dari simulasi simpanan yang dilakukan.

FlowChart Sistem

Suatu permasalahan dapat diselesaikan dengan *flowchart*, karena *flowchart* merupakan bagan alir dari proses penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis. *Flowchart* aplikasi rekomendasi nilai simpanan terdapat pada gambar 7.



Gambar 7 *FlowChart* Sistem Rekomendasi Simpanan tabungan nasabah

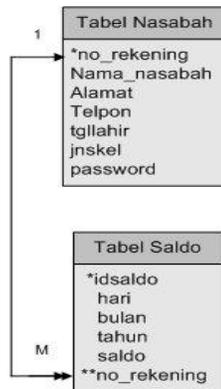
Untuk menggambarkan keseluruhan langkah kerja dan sistem yang akan dibuat, maka digunakan bagan alir atau *flowchart*. Gambar 7 menjelaskan *flowchart* sistem yang ada, terdapat pilihan login pada simbol *decission*, apabila memilih login nasabah maka sistem meminta untuk menginputkan no rekening dan *password* nasabah.

Apabila *login* nasabah sukses maka langsung menuju ke halaman nasabah, dimana terdapat proses penginputan bagi hasil yang diharapkan nasabah, untuk menghasilkan nilai rekomendasi simpanan. Dengan nilai rekomendasi tersebut dapat menjadi alternatif informasi dalam mensimulasikan rencana simpanan nasabah.

Proses yang dikerjakan admin adalah menginputkan identitas nasabah, *update* saldo nasabah, *update* nilai variabel yang mempengaruhi perhitungan, serta pemberian otoritas hak akses *user*.

Relasi Antar Tabel

Relasi antar tabel merupakan hasil perancangan basis data yang menggunakan model basis data relasional yang berbentuk sekumpulan tabel berdimensi dua (yang disebut relasi), dengan masing-masing relasi tersusun atas tupel atau baris dan atribut. Berdasar relasi tabel gambar 8, terdapat kardinalitas relasi, yaitu satu ke banyak (*one to many*).



Gambar 8 Relasi Antar Tabel

Keterangan simbol relasi antar tabel gambar 8 :

| | |
|-----------|--------------------|
| * | <i>Primary Key</i> |
| ** | <i>Foreign Key</i> |
| ↔ / 1 – M | <i>One to Many</i> |
| ↔ / 1 – 1 | <i>One to One</i> |

Kardinalitas (*cardinality*) menunjukkan jumlah maksimal tupel (*record*) yang dapat berelasi antar entitas. Relasi (*one to many*) dinyatakan dengan satu kejadian pada entitas pertama, dapat mempunyai banyak hubungan dengan kejadian pada entitas kedua. Sebaliknya kejadian pada entitas kedua hanya dapat mempunyai satu kejadian pada entitas pertama.

Terdapat sepuluh tabel pada *database* aplikasi pendukung keputusan untuk merekomendasi nilai simpanan yang diperlihatkan pada sub bab perancangan tabel. Dari sepuluh tabel, hanya empat yang merupakan tabel induk dan enam lainnya adalah tabel tampung yang menampung sementara nilai rekomendasi simpanan masing-masing metode. Isi dari tabel tampung akan terhapus secara otomatis ketika terdapat masukan untuk simulasi baru.

Tabel yang saling berelasi hanya tabel nasabah dan saldo seperti yang terlihat pada gambar 8. Pada relasi ini, nasabah memiliki satu no rekening berelasi satu ke banyak dengan tabel saldo karena nasabah dengan satu kode unik no rekening dapat memiliki data histori berupa saldo awal bulan disetiap bulannya yang berbeda yang dibedakan dengan kode unik *id_saldo* pada tabel saldo.

4. Implementasi dan Analisa Perbandingan Hasil Rekomendasi Simpanan

Halaman perbandingan akan muncul dengan memilih *link* perbandingan pada menu halaman utama nasabah. Halaman ini membandingkan informasi rekomendasi nilai simpanan antara hasil perhitungan tanpa penerapan *fuzzy* yang dibandingkan dengan penerapan *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani. Informasi perbandingan rekomendasi nilai simpanan seperti terlihat pada gambar 9.

| TABEL PERBANDINGAN HASIL REKOMENDASI NILAI SIMPANAN | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tgl Rekomendasi | 4 kali simpanan | 3 kali simpanan | 2 kali simpanan | 1 kali simpanan |
| 2 | 2.522.337,50 | 3.363.116,75 | 5.044.675,00 | 10.089.350,00 |
| 3 | 2.609.314,75 | 3.479.086,25 | 5.218.629,50 | 10.437.259,00 |
| 4 | 2.702.504,50 | 3.603.339,25 | 5.405.009,00 | 10.810.018,00 |
| 5 | 2.802.597,25 | 3.736.796,25 | 5.605.194,50 | 11.210.389,00 |
| PERHITUNGAN REKOMENDASI SIMPANAN DENGAN PENERAPAN FUZZY TSUKAMOTO | | | | |
| Tgl perkiraan transaksi | 4 kali simpanan | 3 kali simpanan | 2 kali simpanan | 1 kali simpanan |
| 2 | 2.477.068,50 | | | |
| 3 | 2.509.040,00 | | | |
| 4 | 2.537.555,00 | | | |
| 5 | 2.563.145,50 | | | |
| PERHITUNGAN REKOMENDASI SIMPANAN DENGAN PENERAPAN FUZZY MAMDANI | | | | |
| Tgl perkiraan transaksi | 4 kali simpanan | 3 kali simpanan | 2 kali simpanan | 1 kali simpanan |
| 2 | 2.489.705,50 | | | |
| 3 | 2.266.572,50 | | | |
| 4 | 2.109.158,75 | | | |
| 5 | 1.991.953,25 | | | |

Gambar 9 Halaman Perbandingan Hasil Rekomendasi Simpanan

Simulasi simpanan dapat dilakukan dengan menginputkan nilai simpanan pada tanggal tertentu. Jika hasil perhitungan nilai rekomendasi simpanan tersebut diinputkan kedalam simulasi simpanan maka hasil dari perhitungan tersebut akan dibandingkan pada halaman perbandingan hasil simulasi simpanan seperti terdapat pada gambar 10.

| Perbandingan Hasil Simulasi Transaksi Simpanan Bulan Maret | | | |
|--|----------------|---------------------|-------------------|
| Saldo Awal Bulan Anda : 1.600.000,00 | | | |
| Detail Informasi | | | |
| Hasil Simulasi Simpanan | | | |
| Dengan Rekomendasi Tanpa Penerapan Fuzzy | | Penerapan Tsukamoto | Penerapan Mamdani |
| nominal transaksi tanggal 2 | 2.522.338,00 | 2.477.069,00 | 2.489.706,00 |
| nominal transaksi tanggal 3 | 2.609.315,00 | 2.509.040,00 | 2.266.573,00 |
| nominal transaksi tanggal 4 | 2.702.504,00 | 2.537.555,00 | 2.109.159,00 |
| nominal transaksi tanggal 5 | 2.802.597,00 | 2.563.146,00 | 1.991.953,00 |
| total simpanan | 12.236.754,00 | 11.686.810,00 | 10.457.391,00 |
| perolehan saldo mengendap | 352.280.512,00 | 336.930.720,00 | 302.860.992,00 |
| perolehan Saldo rata-rata harian | 11.363.887,00 | 10.868.733,00 | 9.769.709,00 |
| perkiraan bagi hasil didapat | 100.000,00 | 95.642,74 | 85.971,54 |
| perkiraan total saldo akhir bulan | 12.336.754,00 | 11.782.453,00 | 10.543.363,00 |

Gambar 10 Halaman Perbandingan Hasil Simulasi Simpanan

Analisis Perbandingan Hasil Rekomendasi Nilai Simpanan

Hasil rekomendasi simpanan akan dibandingkan untuk perolehan tanggal 1-5 dan 16-20, dapat dilihat pada tabel 2 hingga 7.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Rekomendasi Simpanan Tanggal 1-5

| Tanggal | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Rekomendasi | 2.440.971,79 | 2.522.337,52 | 2.609.314,68 | 2.702.504,48 | 2.802.597,24 |

Tabel 3 Hasil Perhitungan Rekomendasi Penerapan *Fuzzy* Tsukamoto Tanggal 1-5

| Tanggal | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 1 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 2 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 3 | 1,00 | 0,97 | 0,93 | 0,90 | 0,87 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 4 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,13 |
| Rekomendasi | 2.440.971,79 | 2.477.068,59 | 2.509.040,03 | 2.537.555,11 | 2.563.145,56 |

Tabel 4 Hasil Perhitungan Rekomendasi Penerapan *Fuzzy* Mamdani Tanggal 1-5

| Tanggal | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 1 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 2 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 |

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| aturan 2 | | | | | |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 3 | 1,00 | 0,97 | 0,93 | 0,90 | 0,87 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 4 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,13 |
| Nilai <i>max fuzzy</i> | 1,00 | 0,97 | 0,93 | 0,90 | 0,87 |
| Rekomendasi | 2.831.527,28 | 2.489.705,51 | 2.266.572,51 | 2.109.158,85 | 1.991.953,31 |

Tabel 5 Hasil Perhitungan Rekomendasi Simpanan Tanggal 16-20

| | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tanggal | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Rekomendasi | 4.729.382,85 | 5.044.675,04 | 5.405.008,97 | 5.820.778,89 | 6.305.843,80 |

Tabel 6 Hasil Perhitungan Rekomendasi Penerapan *Fuzzy* Tsukamoto Tanggal 16-20

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tanggal | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 1 | 0,48 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,37 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 2 | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 3 | 0,50 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,37 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 4 | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,42 | 0,39 |
| Rekomendasi | 5.424.381,76 | 5.522.005,32 | 5.624.037,10 | 5.732.691,60 | 5.848.733,00 |

Berdasarkan hasil perhitungan rekomendasi yang dibandingkan dengan penerapan *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani, maka dapat diambil analisis yaitu rekomendasi simpanan dengan penerapan *fuzzy* Tsukamoto akan semakin meningkat menyesuaikan tanggal yang semakin besar atau tanggal yang mendekati akhir bulan, lihat tabel 3 dan 5 baris 5 (baris rekomendasi).

Hal ini dikarenakan perhitungan *output* pada Tsukamoto menggunakan fungsi keanggotaan monoton, secara umum ditulis: [R1] *if* (x is A1) *and* (y is B2) *then* (z is C1), dengan aturan tersebut sistem *fuzzy* dapat berjalan tanpa melalui komposisi dan dekomposisi *fuzzy* seperti yang diterapkan pada Mamdani. Hasil akhir dihitung dengan rata-rata terbobot untuk setiap variabel masukan, sehingga solusi dipengaruhi oleh kedua variabel masukan yang ada, empat aturan *fuzzy* yang digunakan antara lain :

[R1] IF Jumlah Saldo mengendap SEDIKIT And Lama Saldo Mengendap BANYAK
THEN Nilai simpanan SEDIKIT

[R2] IF Jumlah Saldo mengendap SEDIKIT And Lama Saldo Mengendap SEDIKIT
THEN Nilai simpanan BANYAK

[R3] IF Jumlah Saldo mengendap BANYAK And Lama Saldo Mengendap BANYAK THEN Nilai simpanan SEDIKIT

[R4] IF Jumlah Saldo mengendap BANYAK And Lama Saldo Mengendap SEDIKIT
THEN Nilai simpanan BANYAK

Tabel 7 Hasil Perhitungan Rekomendasi Penerapan *Fuzzy* Mamdani Tanggal 16-20

| Tanggal | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 1 | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 2 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,42 | 0,39 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 3 | 0,50 | 0,53 | 0,57 | 0,60 | 0,63 |
| Nilai min <i>fuzzy</i> aturan 4 | 0,50 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,37 |
| Nilai <i>max fuzzy</i> | 0,48 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 |
| Rekomendasi | 4.235.818,59 | 4.302.842,36 | 4.438.360,33 | 4.578.437,55 | 4.722.658,99 |

Sedangkan nilai *output* (solusi) pada Mamdani dipengaruhi oleh nilai maksimum hasil penerapan aturan yang selanjutnya diaplikasikan ke *output* menggunakan operator *OR*. Secara fungsi *max* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max(\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi]), \text{ dengan:}$$

$$\mu_{sf}[xi] = \text{nilai keanggotaan solusi } \textit{fuzzy} \text{ sampai aturan ke-}i;$$

$$\mu_{kf}[xi] = \text{nilai keanggotaan konsekuen } \textit{fuzzy} \text{ aturan ke-}i;$$

Berdasarkan fungsi maksimum, maka nilai keanggotaan solusi yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai maksimum hasil komposisi antar aturan yang dihasilkan dari fungsi Implikasi MIN pada penerapan empat aturan *fuzzy* yang digunakan. Sebagai contoh, ketika tanggal 1-5, nilai maksimum menunjukkan nilai yang semakin sedikit, lihat tabel 4 baris 5 (baris nilai maksimum), dan nilai solusi yang dihasilkan juga akan semakin sedikit, lihat tabel 4 baris 6 (baris rekomendasi).

Sebaliknya ketika tanggal 16-20 nilai maksimum semakin meningkat untuk tanggal yang lebih besar, lihat tabel 7, baris 5 (baris nilai maksimum) dan nilai solusi yang dihasilkan semakin banyak (meningkat) menyesuaikan tanggal yang mendekati akhir bulan. Dapat dilihat bahwa nilai maksimum merepresentasikan nilai keanggotaan solusi *fuzzy*, sehingga rekomendasi yang dihasilkan sesuai pergerakan nilai maksimum yang semakin menurun untuk tanggal 1-15 dan meningkat setelah tanggal 16 hingga akhir bulan.

Terdapat selisih nilai rekomendasi antara hasil perhitungan penerapan *fuzzy* dengan perhitungan tanpa penerapan *fuzzy*. Perbedaan ini dikarenakan pada perhitungan penerapan *fuzzy* hasil dibatasi oleh nilai tertentu yaitu dalam rentang batas atas dan bawah simpanan yang dipengaruhi keanggotaan himpunan banyak dan sedikit (diwakili dengan derajat keanggotaan antara 0 sampai 1) dari masing-masing variabel masukan (variabel saldo mengendap dan lama saldo mengendap).

Berdasarkan analisis dari hasil rekomendasi simpanan antara metode *fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani yang dibandingkan dengan perhitungan tanpa penerapan *fuzzy*, maka penerapan Tsukamoto relatif lebih cocok diterapkan kedalam empat aturan *fuzzy* yang digunakan untuk merekomendasi nilai simpanan dengan *output* yang dibatasi nilai tertentu (batas atas dan bawah simpanan) karena nilai rekomendasi semakin meningkat menyesuaikan tanggal yang semakin besar atau tanggal yang mendekati akhir bulan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan uji coba pada aplikasi pendukung keputusan untuk merekomendasi nilai simpanan tabungan yang dirancang dalam Tugas Akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak nominal bagi hasil yang diharapkan nasabah maka semakin banyak dana yang harus ditransaksikan sebagai simpanan. Bila semakin lama dana disimpan, maka semakin banyak pengendapan saldo dan semakin besar perolehan bagi hasil yang didapatkan.
2. Hasil nilai rekomendasi perhitungan penerapan *fuzzy* dibatasi rentang nilai sebagai batas atas dan bawah simpanan, hasil dipengaruhi variabel masukan (variabel saldo mengendap dan lama saldo mengendap).
3. Penerapan *fuzzy* Tsukamoto relatif lebih cocok diterapkan untuk merekomendasi nilai simpanan dengan *output* yang dibatasi rentang tertentu (batas atas dan bawah simpanan) karena rekomendasi yang dihasilkan semakin meningkat menyesuaikan tanggal yang mendekati akhir bulan.
4. Pada Mamdani solusi (nilai rekomendasi yang dihasilkan) dipengaruhi nilai maksimum variabel masukan hasil komposisi antar aturan. Hasil akhir merepresentasikan pergerakan nilai maksimum *fuzzy* disetiap tanggalnya sehingga nilai rekomendasi yang dihasilkan dapat semakin meningkat atau menurun, dimana hasil akan semakin menurun pada setengah bulan pertama (tanggal 1-15) dan meningkat pada pertengahan bulan hingga akhir bulan .

Saran

1. Aplikasi ini dapat dikembangkan lagi, untuk lebih banyak menampung simulasi transaksi simpanan dan penarikan tabungan disetiap tanggal dalam satu bulan.
2. Dibutuhkan masukan batas atas dan bawah pada penerapan *fuzzy* yang dilakukan oleh nasabah, yang digunakan sebagai alokasi minimal dan maksimal dana yang akan ditempatkan pada rencana tabungan nasabah.

6. Daftar Pustaka

Bin Ladjamudin.,Al-Bahra, 2005, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*, Yogyakarta, Graha Ilmu

HM.,Jogiyanto, 2005, *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis*, Yogyakarta, Andi Offset

Kusumadewi S. dan Purnomo H., 2010, ”*Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*”, Yogyakarta, Graha Ilmu

Nugroho Bunafit., 2004, “ *Database relasional dengan MySQL*“,Yogyakarta, Andi Offset

Peraturan Menteri Negara Koperasi dan Usaha Kecil Dan Menengah, 2007, *Pedoman Standar Operasional Manajemen Koperasi Jasa Keuangan Syariah dan Unit Jasa Keuangan Syariah Koperasi*, Jakarta, Kepmenkop No.91/Kep/M.KUKM/IX/2004

Ridwan.,Muhammad, 2011, *Manajemen Baitul Maal wa Tamwil (BMT)*, Yogyakarta, UII Press

Turban, Efram, Aronson, Jay E, dan Peng-Liang, Ting, 2003, *Decision Support Systems and Intelligent Systems (Sistem Pendukung Keputusan dan Sistem Cerdas)*, Yogyakarta, Andi Offset