

Peningkatan Performansi Rumah Sakit Melalui Rekomendasi Sistem Berbasis Fuzzy-Mamdani dengan Pemanfaatan Grafik Barber-Johnson

Erwien Tjipta Wijaya

Dosen STMIK AsiA Malang

ABSTRAK

Persaingan akan pelayanan rumah sakit di Indonesia sekarang ini sudah seperti menjadi persaingan bisnis antar perusahaan, dimana rumah sakit saling berlomba - lomba untuk memberikan pelayanan terbaiknya dan berlomba - lomba untuk mengikuti standar mutu pelayanan secara nasional seperti halnya akreditasi sampai dengan standar mutu pelayanan secara internasional seperti ISO (*International Standard Organization*). Maka dari itu diperlukan sebuah teknik manajemen salah satunya adalah Barber-Johnson yang digunakan untuk mengetahui idealnya pemakaian kasur pada rawat inap. Tetapi dalam kenyataannya barber-johnson tidak bisa digunakan secara langsung sehingga perlu modifikasi, salah satunya adalah dengan teknik logika fuzzy dengan inferensi mamdani. Sehingga peramalan jumlah tempat tidur yang harus disediakan mencapai nilai keakurasian 90%.

Kata kunci : Pelayanan rumah sakit, Barber Johnson, Logika Fuzzy, Mamdani

ABSTRACT

The competition existed toward to hospital care tend to be business competition recently, where the hospitals fighting to give the best services and complying both National Standart and International Standart Organization (ISO). Therefore, management technique absolutely must be required, one is by Barber-Johnson which is used to determine a number of hospital mattresses in appropriate one. Yet, Barber-Johnson can not be applied directly then it needs a modification by applying Fuzzy Logic with Mamdani Inference. Hopefully, the prediction of the mattresses number will be able to reach 90% of accuracy.

Keywords : Care Hospitals , Barber Johnson, Fuzzy Logic, Mamdani

PENDAHULUAN

Persaingan akan pelayanan rumah sakit di Indonesia sekarang ini sudah seperti menjadi persaingan bisnis antar perusahaan, dimana rumah sakit saling berlomba - lomba untuk memberikan pelayanan terbaiknya dan berlomba - lomba untuk mengikuti standar mutu pelayanan secara nasional seperti halnya akreditasi sampai dengan standar mutu pelayanan secara internasional seperti ISO (*International Standard Organization*). Pihak manajemen rumah sakit sangat yakin sekali bahwa dengan meningkatkan standar mutu pelayanan di rumah sakit-nya maka akan dapat meningkatkan *income* / pendapatan serta mendapatkan pengakuan dari masyarakat akan kualitas pelayanan di rumah sakitnya. Salah satu yang menjadi tolok ukur pelayanan dalam rumah sakit adalah efisiensi dalam pelayanan medisnya.

Kualitas pelayanan kesehatan rumah sakit dapat dilihat melalui pelayanan rawat inap suatu rumah sakit. Pelayanan rawat inap dapat dinilai melalui indikator pelayanan rawat inap seperti **BOR** (*Bed Occupancy Ratio*), **LOS** (*Length Of Stay*), **TOI** (*Turn Over Interval*), **BTO** (*Bed Turn Over*), **GDR** (*Gross Death Rate*), dan **NDR** (*Netto Death Rate*). Dimana indikator pelayanan rawat inap dapat dipakai untuk mengetahui tingkat pemanfaatan, mutu, dan efisiensi pelayanan rawat inap suatu rumah sakit (Riyadi, 1993).

Penilaian efisiensi rumah sakit, pada dasarnya menilai efisiensi pelayanan medis yang berkaitan dengan pemanfaatan tempat tidur yang tersedia dirumah sakit, serta efisiensi pemanfaatan penunjang medis rumah sakit. Untuk menilai efisiensi rumah sakit dapat dengan menggunakan grafik Barber-Johnson, Grafik barber-johnson sebagai salah satu indikator efisiensi pengelolaan rumah sakit adalah suatu pengetahuan baru yang

belum banyak diketahui, yang nampaknya saat ini sangat diperlukan oleh pengelola – pengelola rumah sakit dalam menyusun perencanaan maupun pengambilan kebijaksanaan. Disamping itu grafik Barber-Johnson merupakan salah satu prasyarat penilaian oleh tim Akreditasi Rumah Sakit (Hartono, 1991).

Grafik Barber-Johnson sebagai tolok ukur dalam menilai efisiensi pelayanan medis di rumah sakit ternyata masih belum bisa diterapkan pada beberapa rumah sakit di Indonesia, dikarenakan keadaan masyarakat di Indonesia masih banyak yang miskin dan juga karena faktor fasilitas rumah sakit yang belum memadai sehingga pasien harus dirujuk ke rumah sakit lain yang memiliki fasilitas yang lebih lengkap.

Grafik Barber-Johnson saat ini merupakan bagian atau acuan dari mekanisme manajemen rumah sakit dalam hal manajemen rawat inap, karena Barber-Johnson belum bisa diterapkan di rumah sakit – rumah sakit Indonesia maka dari itu perlu alat bantu yang bisa membuat Barber-Johnson bisa berguna dengan menambahkan sebuah kecerdasan buatan yang bisa meramalkan dengan memperbaiki salah satunya adalah nilai variabel tempat tidur pasien, sehingga variabel – variabel lain seperti BOR, BTO, TOI dan LOS menjadi lebih baik, dengan demikian evaluasi melalui Barber-Johnson akan meningkat. Selain itu juga harus di dukung dengan adanya komputerisasi pada manajemen rumah sakit agar mendapatkan data yang lebih akurat.

Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS) adalah suatu tatanan yang berurusan dengan pengumpulan data, pengolahan data, penyajian informasi, analisis dan penyimpulan serta penyampaian informasi yang dibutuhkan untuk kegiatan rumah sakit (Sabarguna, 2005).

Pengelolaan data di rumah sakit merupakan salah satu komponen yang penting dalam mewujudkan suatu sistem informasi di rumah sakit. Pengelolaan data secara manual, mempunyai banyak kelemahan, selain membutuhkan waktu yang lama, keakuratannya juga kurang dapat diterima, karena kemungkinan kesalahan sangat besar. Dengan dukungan teknologi informasi yang ada sekarang ini pekerjaan pengelolaan data dengan cara manual dapat digantikan dengan suatu sistem informasi dengan menggunakan komputer. Selain lebih cepat dan mudah,

pengelolaan data juga menjadi lebih akurat (Handoyo, 2008).

HIPOTESA

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian data untuk variabel masukan / inputan pasien rawat inap, pasien keluar karena sembuh, pasien keluar karena dipaksa, pasien keluar karena meninggal dan tempat tidur yang tersedia, sedangkan untuk keluaran / output menghasilkan jumlah tempat tidur yang harus disediakan dengan menggunakan logika fuzzy-mamdani. Hasil penelitian ini yang diharapkan adalah memiliki nilai keakuratan hingga mencapai 90%.

TUJUAN

Tujuan dalam penelitian ini adalah memperbaiki nilai / angka dari BOR, TOI dan BTO dengan menggunakan logika fuzzy – mamdani agar nantinya mendapatkan nilai ideal pada variabel – variabel tersebut menurut ukuran grafik Barber-Johnson. Variabel yang akan menjadi keluaran / output dari pada fuzzy adalah jumlah tempat tidur yang akan disediakan agar jumlah tempat tidur tidak terlalu banyak atau terlalu sedikit jumlahnya.

BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada jurnal ini adalah :

1. Meramalkan jumlah tempat tidur yang harus disediakan dengan logika Fuzzy – Mamdani.
2. Memperbaiki variabel BOR, BTO, TOI dan LOS dengan mengatur jumlah tempat tidur (TT) yang harus disediakan, rata – rata tempat tidur terisi dan jumlah pasien keluar (hidup + mati) pada rumah sakit.

GRAFIK BARBER-JOHNSON

Barry Barber dan David Johnson pada tahun 1973 berhasil menciptakan suatu metode yang digambarkan dalam sebuah grafik yang secara visual dapat menyajikan dengan jelas tingkat efisiensi pelayanan rawat inap rumah sakit. Konsep – konsep Barber – Johnson di Negara – Negara maju digunakan dalam manajemen rumah sakit untuk menilai efisiensi manajemen perawatan. Variabel – variabel yang digunakan meliputi angka hunian penderita yang di rawat inap (*Bed Occupancy Rate / BOR*), lama rata – rata perawatan penderita (*Length Of Stay / LOS*), frekuensi pengguna tempat tidur rata – rata / tahun oleh berbagai penderita (*Bed Turn Over*

/ BTO) maupun rata - rata lama sebuah tempat tidur berada dalam nilai kosong (*Turn Over Interval / TOI*). (Riyadi, 1993)

Konsep Barber - Johnson dapat di-gambar melalui suatu standar grafik dengan daerah penilaian efisiensi yang sudah ditetapkan oleh dua indikator (TOI dan LOS) secara korelatif menurut tingkat BOR dan BTO.

Untuk membuat grafik Barber - Johnson diperlukan rumus untuk meng-hitungnya antara lain adalah:

- BTO (*Bed Turn Over / B*) :
 $B = D / A$
- BOR (*Bed Occupancy Rate / P*)
 $P = O * 100 / A$
- LOS (*Length Of Stay / L*)
 $L = O * 365 / D$
- TOI (*Turn Over Interval / T*)
 $T = (A - O) * 365 / D$

Penjelasan variabel :

- 365 = Jumlah hari dalam setahun
- O = Rata - rata tempat tidur yang terisi (*average of occupied beds*) dalam setahun yang didapatkan dari hasil sensus penghitungan ((pasien awal + pasien masuk + pasien pindahan) - (pasien dipindahkan + pasien keluar karena paksa + pasien melarikan diri + pasien keluar hidup/sembuh + pasien keluar mati)) / 365 hari.
- D = Jumlah pasien yang keluar selama setahun yang didapatkan dari hasil sensus penghitungan (pasien dipindahkan + pasien keluar karena paksa + pasien melarikan diri + pasien keluar hidup/sembuh + pasien keluar mati).
- A = Rata - rata tempat tidur yang siap pakai (*average of available beds*).

BOR adalah Bed Occupancy Ratio / Angka penggunaan tempat tidur. BOR menurut Huffman (1994). adalah "*the ratio of patient service days to inpatient bed count days in a period under consideration*". Sedangkan menurut Depkes RI (2005), BOR adalah prosentase pemakaian tempat tidur pada satuan waktu tertentu. Indikator ini memberikan gambaran tinggi rendahnya tingkat pemanfaatan tempat tidur rumah sakit. Nilai parameter BOR yang ideal adalah antara 60-85% (Depkes RI, 2005).

Rumus:

$BOR = (\text{Jumlah hari perawatan rumah sakit} / (\text{Jumlah tempat tidur} \times \text{Jumlah hari dalam satu periode})) \times 100\%$

BTO (*Bed Turn Over* = Angka perputaran tempat tidur)

BTO menurut Huffman (1994) adalah "...the

net effect of changed in occupancy rate and length of stay". BTO menurut Depkes RI (2005) adalah frekuensi pemakaian tempat tidur pada satu periode, berapa kali tempat tidur dipakai dalam satu satuan waktu tertentu. Idealnya dalam satu tahun, satu tempat tidur rata-rata dipakai 40-50 kali.

Rumus:

$BTO = \text{Jumlah pasien keluar (hidup + mati)} / \text{Jumlah tempat tidur}$

AVLOS (*Average Length of Stay* = Rata-rata lamanya pasien dirawat) AVLOS menurut Huffman (1994) adalah "*The average hospitalization stay of inpatient discharged during the period under consideration*". AVLOS menurut Depkes RI (2005) adalah rata-rata lama rawat seorang pasien. Indikator ini disamping memberikan gambaran tingkat efisiensi, juga dapat memberikan gambaran mutu pelayanan, apabila diterapkan pada diagnosis tertentu dapat dijadikan hal yang perlu pengamatan yang lebih lanjut. Secara umum nilai AVLOS yang ideal antara 6-9 hari (Depkes, 2005).

Rumus:

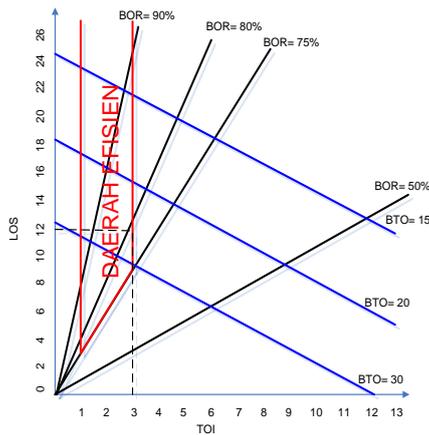
$AVLOS = \text{Jumlah lama dirawat} / \text{Jumlah pasien keluar (hidup + mati)}$

TOI (*Turn Over Interval* = Tenggang perputaran)

TOI menurut Depkes RI (2005) adalah rata-rata hari dimana tempat tidur tidak ditempati dari telah diisi ke saat terisi berikutnya. Indikator ini memberikan gambaran tingkat efisiensi penggunaan tempat tidur. Idealnya tempat tidur kosong tidak terisi pada kisaran 1-3 hari.

Rumus:

$TOI = ((\text{Jumlah tempat tidur} \times \text{Periode}) - \text{Hari perawatan}) / \text{Jumlah pasien keluar (hidup + mati)}$



Gambar 1: Grafik Barber-Johnson

PERAMALAN (*FORECASTING*)

Peramalan adalah proses perkiraan kejadian yang akan datang. (*Diktat Seri Gunadarma, Model Komputer Untuk Manajemen Operasi, Trini Saptariani*).

Perlu adanya peramalan adalah :

- Ada ketidak-pastian aktivitas produksi di masa yang akan datang.
- Kemampuan dan sumber daya perusahaan yang terbatas.
- Agar dapat melayani konsumen lebih baik, melalui tersedianya hasil produksi atau bahan baku yang baik.

Tujuan peramalan adalah :

- Mengurangi ketidak-pastian produksi atau penyediaan bahan baku.
- Agar langkah proaktif atau antisipatif dapat dilakukan.
- Keperluan penjadwalan produksi atau pengadaan bahan baku.

Sedangkan yang mempengaruhi valid atau tidaknya hasil ramalan adalah :

- Identifikasi masalahnya.
- Pemilihan dan pengumpulan datanya (tidak reliable, valid, dan lengkap).
- Pemilihan alat atau metode peramalannya.
- Interpretasi hasil atau penerjemah hasil.

Metode peramalan dapat diklasifikasi menjadi 2, yaitu :

a) Pendekatan Kualitatif

Metode ini digunakan dimana tidak adanya model matematis, biasanya dikarenakan data yang ada tidak cukup representative untuk meramalkan masa yang akan datang. (*Long term forecasting*).

b) Pendekatan Kuantitatif

Metode yang penggunaannya didasari ketersediaan data mentah disertai serangkaian kaidah matematis untuk meramalkan hasil di masa depan.

Sedangkan untuk metode kuantitatif di bagi menjadi 3 macam antara lain adalah :

- Model – Model Regresi.
- Model Ekonometrik.
- Model Time Series Analysis (deret waktu).

Pada penulisan jurnal ini peramalan menggunakan metode kecerdasan buatan yaitu Logika Fuzzy Mamdani sedangkan untuk menilai besar kesalahan dari peramalan menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

FUZZY MAMDANI

Logika fuzzy (logika samar – samar) adalah merupakan logika yang dihadapkan dengan logika yang hampir mendekati nilai kebenaran atau dalam istilah lain ke abu - abuan. Dimana logika klasik menyatakan segala hal dapat diekspresikan dalam istilah *binary* (0 atau 1) atau (hitam atau putih) atau (ya atau tidak). Logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaannya antara 0 dan 1. Berbagai teori dalam perkembangan logika fuzzy menunjukkan bahwa pada dasarnya logika fuzzy dapat digunakan untuk memodelkan berbagai sistem. Logika fuzzy dianggap mampu untuk memetakan suatu input kedalam suatu output tanpa mengabaikan faktor-faktor yang ada. Logika fuzzy diyakini dapat sangat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data-data yang ada. Dengan berdasarkan logika fuzzy, akan dihasilkan suatu model dari suatu sistem yang mampu memperkirakan misal jumlah tempat tidur pasien yang harus disediakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam menentukan jumlah tempat tidur pasien dengan logika fuzzy diantaranya adalah jumlah pasien masuk dan jumlah pasien yang keluar. Dalam kondisi yang nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasanya berada diluar model matematis dan bersifat *inexact*. Konsep ketidakpastian inilah yang menjadi konsep dasar munculnya konsep logika fuzzy.

Pencetus gagasan logika fuzzy adalah Prof.Dr Lotfi Zadeh (1965) dari California University. Logika Fuzzy dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* menuju ke ruang *output* (Gelley, 2000) kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik.

Menurut Cox (1994), ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain :

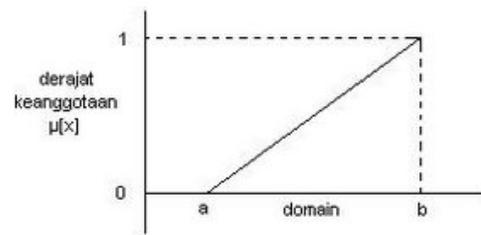
- a. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Karena logika fuzzy menggunakan dasarteori himpunan, maka konsep matematis yang didasari penalaran fuzzy tersebut cukup mudah dimengerti.
- b. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan – perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
- c. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, jika diberikan sekelompok data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data yang “eksklusif”, maka logika fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
- d. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi – fungsi nonlinier yang sangat komplek.
- e. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman – pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan nama *Fuzzy Expert Systems* menjadi bagian terpenting.
- f. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi dibidang teknik mesin maupun teknik elektro.
- g. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami. Logika fuzzy menggunakan bahasa sehari – hari sehingga mudah dimengerti.

Fungsi – fungsi keanggotaan fuzzy yang umum digunakan diantaranya adalah :

a. Representasi Linier

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear.

- Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

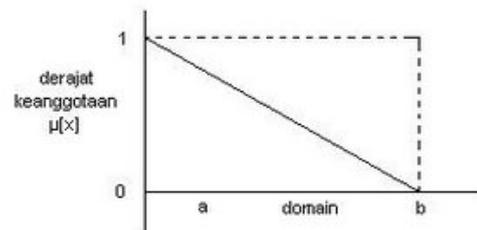


Gambar 2: Representasi Linier Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

- Merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



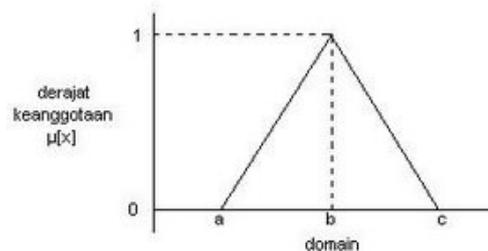
Gambar 3: Representasi Linier Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu \begin{cases} (b - x) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada gambar.



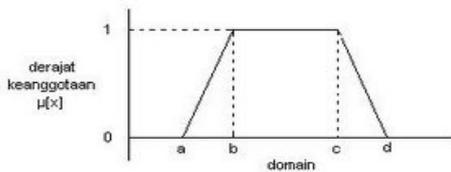
Gambar 4: Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x) / (c - b); & x \leq a \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



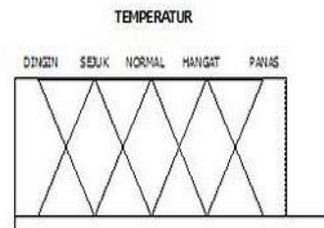
Gambar 5: Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x) / (d - c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak ditengah - tengah suatu variable yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan : DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variable tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperature akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan fuzzy 'bahu' , bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variable suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar menunjukkan variable TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



Gambar 6: Representasi Kurva Bentuk Bahu

e. Representasi Kurva S

Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu : nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau crossover (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema. Kurva-S untuk PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi.

Fungsi keanggotaan pada kurva PERTUMBUHAN adalah :

$$S(x, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x) - (\gamma - \alpha))^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & x \geq \gamma \end{cases}$$

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti terlihat Gambar. Fungsi keanggotaan pada kurva PENYUSUTAN adalah :

$$S(x, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & x \leq \alpha \\ 1 - 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 2((\gamma - x) - (\gamma - \alpha))^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & x \geq \gamma \end{cases}$$

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (Bell Curve)

Untuk merepresentasikan bilangan fuzzy, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu himpunan fuzzy π , beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

g. Representasi Kurva π

Kurva π berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai :

$$\pi(x; \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; (\gamma - \beta), (\gamma - (\beta/2)), \gamma) & x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, (\gamma + (\beta/2)), (\gamma + \beta)) & x \geq \gamma \end{cases}$$

h. Representasi Kurva Beta (β)

Seperti halnya kurva PI, kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai :

$$B(x; \gamma, \beta) = 1 / (1 + ((x - \gamma) - \beta)^2)$$

i. Representasi Kurva Gauss

Jika kurva PI dan kurva BETA menggunakan 2 parameter yaitu (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai :

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma - x)^2}$$

Sistem 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.

Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani. FIS tersebut bekerja berdasarkan kaidah-kaidah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang menyediakan sebuah

aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik.

Metode mamdani sering dikenal sebagai metode Max-Min. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

a. Pembentukan himpunan fuzzy

pada metoda mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN.

c. Komposisi aturan

Pada tahapan ini sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu : max, additive dan probabilitistik OR.

1. Metode Max (Maximum)

metode max, 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). Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(X_i) = \max(\mu_{sf}(X_i), \mu_{kf}(X_i))$$

Dengan :

$\mu_{sf}(X_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy samapai aturan ke - i

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i

Proses inferensi dengan menggunakan metode max dalam melakukan komposisi aturan. Apabila digunakan fungsi implikasi MIN, maka metode komposisi ini sering disebut dengan nama MAX-MIN atau MIN-MAX atau mamdani

2. Metode Additive (SUM)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah fuzzy. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}(X_i) = \min(1, \mu_{sf}(X_i) + \mu_{kf}(X_i))$$

Dengan:

$\mu_{sf}(X_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy samapai aturan ke - i

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i

- 3. Metode Probabilistik OR (probor)
 Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}(X_i) = (\mu_{sf}(X_i) + \mu_{kf}(X_i)) - (\mu_{sf}(X_i) * \mu_{kf}(X_i))$$

Dengan:

$\mu_{sf}(X_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy samapai aturan ke - i

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke - i

- 4. 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 *crisp* tertentu sebagai *output*. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain :
- 5. Metode Centroid (*Composite Moment*)
 Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (Z^*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$Z^* = \frac{\int_Z z\mu(z)dz}{\int_Z \mu(z)dz} \quad \text{untuk variabel kontinu, atau}$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j\mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad \text{untuk variabel diskret}$$

- 6. Metode Bisektor
 Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

Z_p sedemikian hingga

$$\int_{R1}^p \mu(Z)dz = \int_p^{Rn} \mu(Z)dz$$

- 7. Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata - rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum.

- 8. Metode Largest of Maximum (LOM)
 Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum.
- 9. Metode Smallest of Maximum (SOM)
 Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

(*Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Edisi 2, Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo,2010*).

Pada jurnal ini kurva yang akan digunakan adalah jenis kurva linier naik, kurva linier turun dan kurva segitiga, sistem inferensinya dengan fuzzy mamdani dan defuzzifikasinya menggunakan metode centroid (COG) karena yang paling umum dan banyak digunakan untuk meramalkan dalam menentukan jumlah persediaan bahan baku, dalam kasus jurnal ini adalah menentukan jumlah tempat tidur yang harus disediakan.

MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

MAPE adalah rata - rata persentase absolute dari kesalahan peramalan dengan menghitung error absolute tiap periode. Error ini kemudian dibagi dengan *m*, Rumus dari MAPE ini adalah sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left[\left(\left| ft - \hat{ft} \right| / ft \right) . 100\% \right]}{m}$$

Dimana :

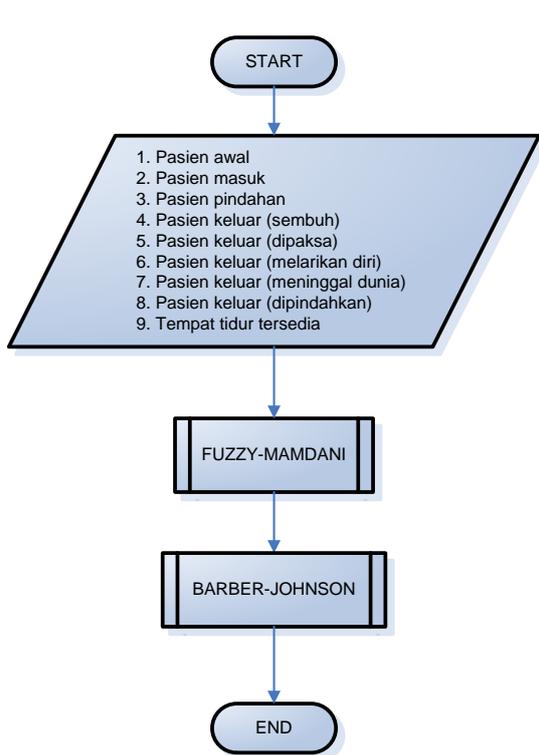
ft = permintaan aktual periode t

\hat{ft} = ramalan permintaan periode t

m = jumlah periode peramalan

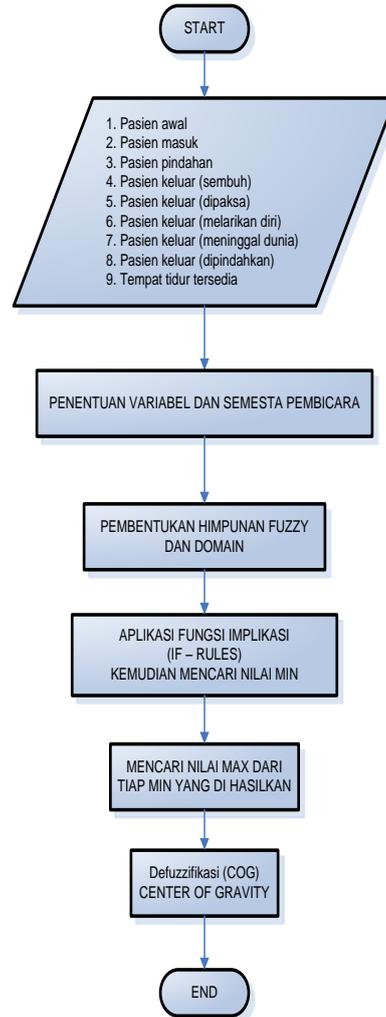
ANALISA DAN PERANCANGAN SYSTEM

Berikut ini gambaran sistem pada proses peramalan dan pengujian data yang di visualisasikan dengan simbol flowchart dan data flow diagram.



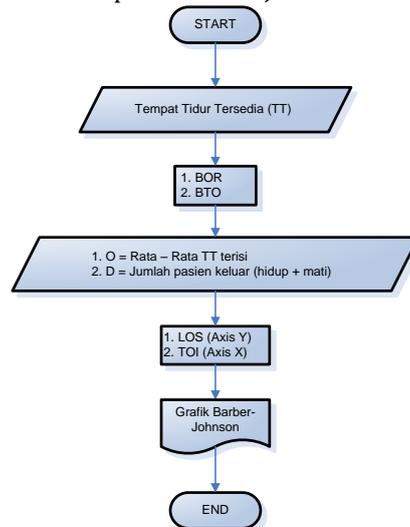
Gambar 7: Proses sistem secara umum

Proses sistem pada logika fuzzy-mamdani



Gambar 8: Proses sistem pada logika fuzzy-mamdani

Proses sistem pada Barber-Johnson



Gambar 9: Proses sistem pada Barber-Johnson

PENGUJIAN DATA

Proses pengujian data adalah proses dari pengumpulan data atau masukan kemudian data diolah atau diproses sampai menghasilkan keluaran yang diinginkan kemudian hasil keluaran di uji nilainya dengan data nyata / aktual.

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini yaitu mulai dari tahun 2007 sampai dengan 2010, antara lain adalah :

1. Pasien awal / Tempat tidur terpakai
2. Pasien masuk
3. Pasien pindahan
4. Pasien keluar (sembuh)
5. Pasien keluar (dipaksa)
6. Pasien keluar (melarikan diri)
7. Pasien keluar (meninggal dunia)
8. Pasien keluar (dipindahkan)
9. Jumlah tempat tidur yang tersedia

Data tersebut dapat dilihat pada table berikut ini, untuk menentukan jumlah pasien yang akan masuk pada periode berikutnya dengan sample data mulai dari januari 2010 sampai dengan desember 2010.

Tabel 1: Hasil Perhitungan Pasien Masuk, Keluar, Tempat Tidur terpakai dan Tempat Tidur tersedia

Periode	IN	OUT	TP (Q)	TT
01-2010	419	356	78	100
02-2010	298	217	63	100
03-2010	312	278	81	100
04-2010	219	150	34	100
05-2010	392	286	69	130
06-2010	497	399	106	130
07-2010	375	300	98	130
08-2010	300	200	75	130
09-2010	607	495	100	150
10-2010	490	380	112	150
11-2010	469	349	110	150
12-2010	426	315	120	150

Contoh kasus :

Diketahui dari data bulan terakhir bahwa jumlah pasien masuk terbanyak adalah 607 dan pasien masuk paling sedikit adalah 219. Sedangkan untuk pasien keluar terbanyak adalah 495 dan pasien keluar paling sedikit adalah 150, sedangkan untuk tempat tidur terpakai yang terbanyak dengan jumlah 120 dan paling sedikit adalah 34. Rumah sakit sakinah dapat menampung pasien rawat inap sampai dengan 150 pasien dan penerimaan pasien masuk sampai dengan 650. Berapa jumlah tempat tidur yang harus disediakan, jika pasien masuk 256, jumlah pasien keluar

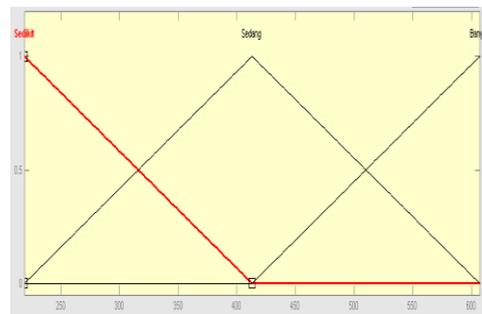
sebanyak 189 dan jumlah tempat tidur yang masih dipakai sebanyak 78.

PEMBENTUKAN HIMPUNAN FUZZY

Tabel 2: Penentuan variabel dan semesta pembicara

Fungsi	Variabel	Notasi	Semesta Pembicara
Input	Jmlh pasien msk	PM	219 – 607
	Jmlh pasien keluar	PK	150 – 495
	Tempat tidur terpakai	TP	34 – 120
Output	Tempat tidur tersedia	TT	100 – 150

Fungsi Derajat Keanggotaan Pasien Masuk

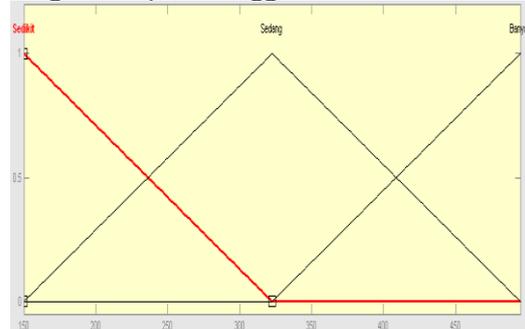


$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} \frac{413 - x}{413 - 219} ; & 219 \leq x \leq 413 \\ 0 ; & x > 413 \end{cases}$$

$$\mu_{med}(x) = \begin{cases} \frac{x - 219}{413 - 219} ; & 219 \leq x \leq 413 \\ \frac{607 - x}{607 - 413} ; & 413 \leq x \leq 607 \\ 0 ; & x < 219 \text{ atau } x > 607 \end{cases} \quad (5.2.1)$$

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} 0 ; & x < 413 \\ \frac{x - 413}{607 - 413} ; & 413 \leq x \leq 607 \end{cases}$$

Fungsi Derajat Keanggotaan Pasien Keluar

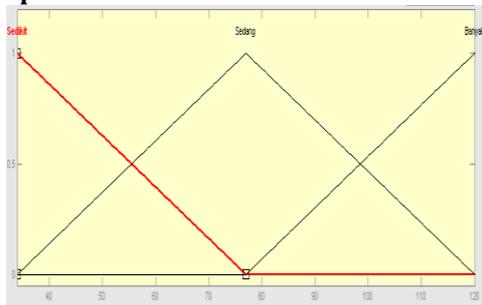


$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} 322,5 - x & ; 150 \leq x \leq 322,5 \\ 0 & ; x > 322,5 \end{cases}$$

$$\mu_{med}(x) = \begin{cases} \frac{x - 150}{322,5 - 150} & ; 150 \leq x \leq 322,5 \\ \frac{495 - x}{495 - 322,5} & ; 322,5 \leq x \leq 495 \\ 0 & ; x < 150 \text{ atau } x > 495 \end{cases} \quad (5.2.2)$$

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 322,5 \\ \frac{x - 322,5}{495 - 322,5} & ; 322,5 \leq x \leq 495 \end{cases}$$

Fungsi Derajat Keanggotaan Tempat Tidur Terpakai

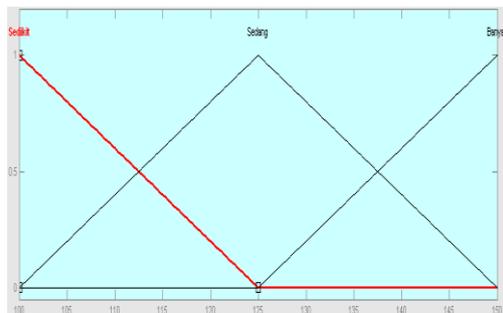


$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} \frac{77 - x}{77 - 34} & ; 34 \leq x \leq 77 \\ 0 & ; x > 77 \end{cases}$$

$$\mu_{med}(x) = \begin{cases} \frac{x - 34}{77 - 34} & ; 34 \leq x \leq 77 \\ \frac{120 - x}{120 - 77} & ; 77 \leq x \leq 120 \\ 0 & ; x < 34 \text{ atau } x > 120 \end{cases} \quad (5.2.3)$$

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 77 \\ \frac{x - 77}{120 - 77} & ; 77 \leq x \leq 120 \end{cases}$$

Fungsi Derajat Keanggotaan Tempat Tidur Yang Harus Disediakan



$$\mu_{min}(x) = \begin{cases} \frac{125 - x}{125 - 100} & ; 100 \leq x \leq 125 \\ 0 & ; x > 125 \end{cases}$$

$$\mu_{med}(x) = \begin{cases} \frac{x - 100}{125 - 100} & ; 100 \leq x \leq 125 \\ \frac{150 - x}{150 - 125} & ; 125 \leq x \leq 150 \\ 0 & ; x < 100 \text{ atau } x > 150 \end{cases} \quad (5.2.4)$$

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 125 \\ \frac{x - 125}{150 - 125} & ; 125 \leq x \leq 150 \end{cases}$$

Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min. dibawah ini adalah daftar aturannya:

1. If PM = Min and PK = Min and TP = Min then TT = Min
2. If PM = Min and PK = Med and TP = Min then TT = Min
3. If PM = Min and PK = Max and TP = Min then TT = Min
4. If PM = Min and PK = Min and TP = Med then TT = Med
5. If PM = Min and PK = Med and TP = Med then TT = Med
6. If PM = Min and PK = Max and TP = Med then TT = Med
7. If PM = Min and PK = Min and TP = Max then TT = Max
8. If PM = Min and PK = Med and TP = Max then TT = Max
9. If PM = Min and PK = Max and TP = Max then TT = Max
10. If PM = Med and PK = Min and TP = Min then TT = Med
11. If PM = Med and PK = Med and TP = Min then TT = Med
12. If PM = Med and PK = Max and TP = Min then TT = Med
13. If PM = Med and PK = Min and TP = Med then TT = Med
14. If PM = Med and PK = Med and TP = Med then TT = Med
15. If PM = Med and PK = Max and TP = Med then TT = Med
16. If PM = Med and PK = Min and TP = Max then TT = Max
17. If PM = Med and PK = Med and TP = Max then TT = Max
18. If PM = Med and PK = Max and TP = Max then TT = Max
19. If PM = Max and PK = Min and TP = Min then TT = Med
20. If PM = Max and PK = Med and TP = Min then TT = Med
21. If PM = Max and PK = Max and TP = Min then TT = Max
22. If PM = Max and PK = Min and TP = Med then TT = Max
23. If PM = Max and PK = Med and TP = Med then TT = Max
24. If PM = Max and PK = Max and TP = Med then TT = Max
25. If PM = Max and PK = Min and TP = Max then TT = Max

- 26. If PM = Max and PK = Med and TP = Max then TT = Max
- 27. If PM = Max and PK = Max and TP = Max then TT = Max

Komposisi aturan

Hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Dari inferensi metode mamdani maka didapatkan derajat kebenaran seperti data berikut ini.

Variabel output tempat tidur yang harus disediakan adalah :

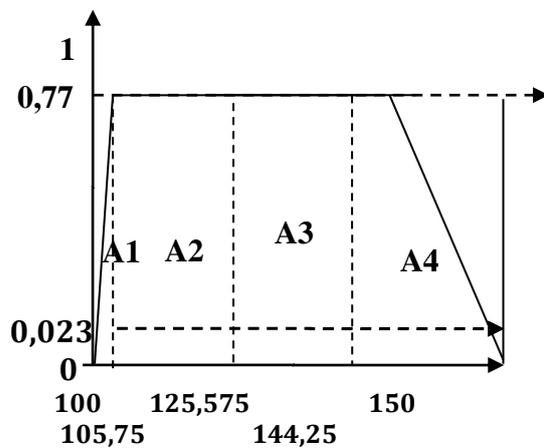
- a. Derajat kebenaran himpunan sedikit (Min)
 $Max(R1,R2,R3) = Max(0;0;0) = 0$
- b. Derajat kebenaran himpunan sedang (Med)
 $Max(R4,R5,R6,R10,R11,R12,R13,R14,R15,R19,R20)$
 $Max(0,77;0,22;0;0;0;0;0,19;0,19;0,0,0) = 0,77$
- c. Derajat kebenaran himpunan banyak (Max)
 $Max(R7,R8,R9,R16,R17,R18,R21,R22,R23,R24,R25,R26,R27)$
 $Max(0,023;0,023;0;0,023;0,023;0;0;0;0;0;0;0;0) = 0,023$

Inferensi fungsi keanggotaan variabel output tempat tidur yang harus disediakan didefinisikan persamaan dan daerah hasil inferensi terlihat pada Gambar 10:

$$\mu_{TT}(x) = \begin{cases} 0 & ; x = 125 \\ \frac{125 - x}{125 - 100} & ; 105,75 \leq x \leq 125 \end{cases}$$

(5.2.3.a)

$$\mu_{TT}(x) = \begin{cases} 0,77 & ; 125 \leq x \leq 144,25 \\ \frac{x - 125}{150 - 125} & ; 125,575 \leq x \leq 144,25 \\ 0,023 & ; 144,25 \leq x \leq 150 \end{cases}$$



Gambar 10; Daerah output fuzzy TT yang harus disediakan

Penegasan (defuzzy)

Penegasan yang akan digunakan adalah dengan metode *Centroid Of Gravity* (COG). Tahapan dalam penegasan adalah sebagai berikut:

- 1. Menghitung momen untuk daerah (A1)

$$M1 = \int_{105,675}^{125} \left(\frac{125-z}{125-100} \right) z dz$$

$$= \int_{105,675}^{125} \left(\frac{125z - z^2}{25} \right) dz$$

$$= \int_{105,675}^{125} (2,5z^2 - 0,0134z^3) dz$$

$$= 837,411$$

Menghitung luas bagian (A1)

$$L_1 = \left(\frac{0,77 + 0}{2} \right) * (125 - 105,675)$$

$$= 0,385 * 19,325 = 7,440$$

- 2. Menghitung momen untuk daerah (A2)

$$M2 = \int_{125}^{144,325} (0,77)z dz$$

$$= \int_{125}^{144,325} (0,385z^2) dz$$

$$= 2011,618$$

Menghitung luas bagian (A2)

$$L_2 = (144,325 - 125) * 0,77$$

$$= 19,325 * 0,77 = 14,938$$

- 3. Menghitung momen untuk daerah (A3)

$$M3 = \int_{125,575}^{144,325} \left(\frac{z - 125}{150 - 125} \right) z dz$$

$$= \int_{125,575}^{144,325} \left(\frac{z^2 - 125z}{25} \right) dz$$

$$= \int_{125,575}^{144,325} (0,0134z^3 - 2,5z^2) dz$$

$$= 1029,037$$

Menghitung luas bagian (A3)

$$L_3 = \left(\frac{0,77 + 0,023}{2} \right) * (144,32 - 125,575) = 0,3965 * 18,75 = 7,434$$

4. Menghitung momen untuk daerah (A4)

$$M4 = \int_{144,325}^{150} (0,023)z dz = \int_{144,325}^{150} (0,0115z^2) dz = 19,208$$

Menghitung luas bagian (A4)

$$L_4 = (150 - 144,325) * 0,023 = 5,675 * 0,023 = 0,130525$$

5. Menghitung titik pusat / COG :

$$Z^* = \frac{M1+M2+M3+M4}{L1+L2+L3+L4} = \frac{837,411 + 2011,618 + 1029,037 + 19,208}{7,440 + 14,938 + 7,434 + 0,130525} = 3897,274 / 29,942525 = 130,15$$

Jadi tempat tidur yang harus disediakan adalah **130**

Proses Pengujian Hasil Peramalan

Setelah didapatkan hasil peramalan maka akan dilakukan proses pengujian ramalan dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Procentage Error*).

No	Periode	Aktua l	Prediksi	Error
1	01-2011	150	130,15	19,85
2	02-2011	150	141,12	5,92
3	03-2011	150	140,32	6,45
4	04-2011	150	140,66	6,23
5	05-2011	150	140,28	6,48
6	06-2011	150	140,84	6,11

Total error = 44,42% / 6 = 7,403 %

Nilai akurasi = 100 % - 7,403% = 92,597 %

Proses Pengujian Hasil Peramalan

Setelah didapatkan hasil peramalan maka akan dilakukan proses penyesuaian ke Barber-Johnson hasilnya adalah seperti pada berikut ini.

$$BOR(\%) = (O * 100\%) / A = (75 * 100) / 130 = 75 / 0,769 = 97,52$$

BTO yang ideal adalah BTO > 30 dalam setahun, karena data yang digunakan adalah dalam periode bulan maka nilai BTO / t (Bulan dalam setahun), sehingga menghasilkan nilai seperti berikut ini :

$$BTO = 30 / 12 = 2,5$$

$$BTO = D / A = 325 / 130 = 2,5$$

$$avLOS = O * t / D = 75,52 * 31 / 325 = 9,30$$

$$TOI = (A - O) * t / D = (130 - 97,52) * 31 / 325 = 3,09$$

Agar mendapatkan nilai yang ideal maka rata - rata tempat tidur terisi dalam perbulan (O) adalah **97** dan jumlah pasien yang keluar (hidup + mati) dalam perbulan (D) adalah **325**.

Sebelum dilakukan proses penggambaran Barber-Johnson maka perlu dilakukan untuk penghitungan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai L (axis-Y) dan T (axis-X). Garis BOR = 75%, akan menghasilkan sumbu X dan Y dengan titik (3,1).

Penjelasan :

Jika *Average Of Occupied Beds* (O) = 75%, maka $O = \frac{3}{4} A$.

$$L = O * 31/D = \frac{3}{4} A * 31/D$$

$$T = (A - O) * 31/D = (A - \frac{3}{4} A) * 31/D = \frac{1}{4} A * 31/D$$

$$\frac{3}{4} A * 31/D : \frac{1}{4} A * 31/D$$

$$L : T = 3:1$$

Garis BTO = 2,5 yaitu akan membentuk garis dengan titik ($12\frac{1}{4}$, $12\frac{1}{4}$).

Penjelasan :

$$L = O * t/D \text{ dan } T = (A - O) * t/D$$

Persamaan :

$$T = (A * 31/D) - (O * 31/D)$$

$$T = 31 * A/D$$

Menggambar garis BTO = 2,5

$$B = D/A$$

$$2,5 = D/A$$

$$D = 2,5$$

Nilai persamaannya sebagai berikut A = 1 dan O = 1

$$L = 0 * 31/D$$

$$L = 1 * 31/2,5$$

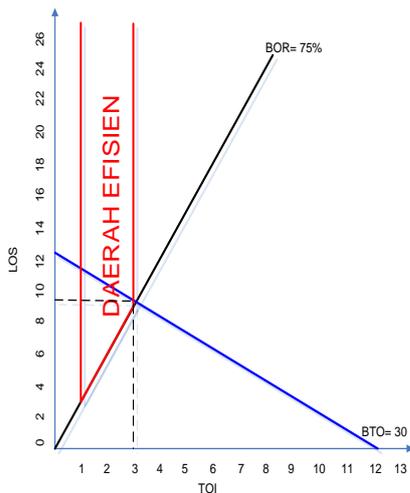
$$L = 12 \frac{1}{4}$$

$$T = 31 * A/D$$

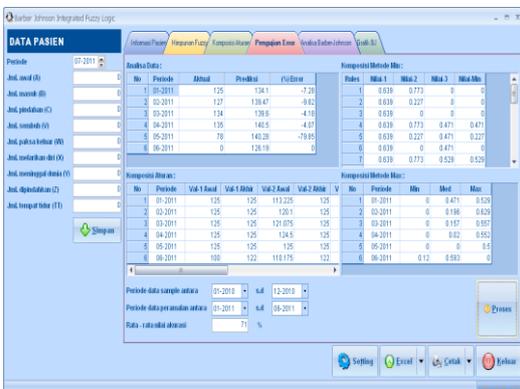
$$T = 31 * 1/ 2,5$$

$$T = 12 \frac{1}{4}$$

Berikut ini grafik Barber-Johnson yang dihasilkan seperti pada Gambar 5.3:



Gambar 11: Grafik Barber-Johnson



PENUTUP

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Fuzzi – mamdani dapat digunakan dalam proses peramalan untuk menentukan jumlah tempat tidur yang harus disediakan, tapi dengan aturan (rules) yang berdasarkan pada intuitif seorang pakar.
2. Agar mendapatkan gambar grafik Barber-Johnson yang ideal dapat dilakukan penyesuaian variabel dengan cara mencari jumlah rata – rata tempat tidur terisi (O) dengan nilai 75% pada variabel BOR dan mencari nilai jumlah pasien keluar (D) dengan nilai 2,5 (periode /bulan) atau 30 (periode /tahun) pada variabel BTO.

Dalam pengembangan penelitian berikutnya diharapkan bahwa:

1. Fuzzi – mamdani tidak hanya digunakan dalam meramalkan jumlah tempat tidur yang harus disediakan saja tapi juga harus bisa meramalkan jumlah rata – rata tempat tidur terisi dan jumlah pasien yang akan keluar.
2. Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan pada rumah sakit – rumah sakit yang ada di Indonesia agar berguna untuk mem-bantu perencanaan jumlah tempat tidur yang harus disediakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Affandie, Harun, November 1993. Penerapan Teknologi Informasi Untuk Meningkatkan Pelayanan Rumah Sakit Dalam Menyongsong PJPT - II
2. Djunaedi, dkk, 2005, "Penentuan Jumlah Produksi Dengan Aplikasi Metode Fuzzy Mamdani" dalam Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol.4, Des, hal.95 – 104. Surakarta : Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Jamaludin, 2009. Penerapan Strategi Manajemen Pengembangan Mutu Dan Hubungannya Dengan Kinerja Utilitas Fasilitas Serta Kinerja Keuangan Di RS. Haji Medan (2002 - 2007)
4. Eng. Agus Naba, 2009, Belajar Cepat Fuzzy Logic menggunakan MATLAB, Andi Offset, Yogyakarta.
5. Foster, at.all, 1999. Data sources, bed supply and performance in hospital systems: An Anglo - Czechoslovak comparison, EURO-

PEAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH VOL. 9
NO. 2

6. Kusumadewi, Sri. Purnomo Hari. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Graha Ilmu. Yogyakarta.
7. Riyadi, L. Slamet November 1993. *Penilaian Kembali Penggunaan Metoda Barber-Johnson Dalam Penilaian Efisiensi Pelayanan Rumah Sakit di Indonesia)*
8. Sari, Indah, 2009. *Gambaran Penilaian Efisiensi Pelayanan Rawat Inap Berdasarkan Grafik Barber-Johnson Di Rumah Sakit Haji Medan Tahun (2003 - 2007)*