

Penerapan Metode *Fuzzy* Tsukamoto Dalam Sistem Keputusan Jadwal Penerbangan Pesawat

Nindi Ernawati¹, Nurrahman²

^{1,2}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Darwan Ali Sampit, Jl. Batu Berlian No. 10, Mentawa Baru Hulu, Ketapang, Kab. Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah, 74312

nindiernawati@gmail.com¹ nurrahman.ikhtiar@gmail.com²

Abstrak

*Pesawat adalah transportasi yang banyak digunakan oleh kalangan masyarakat dan telah menjadi transportasi pilihan yang cepat dan nyaman. Meskipun dengan harga yang dibayarkan jauh lebih mahal daripada transportasi lainnya, pesawat masih menjadi pilihan yang terbaik. Seringkali karena banyaknya orang menggunakan transportasi ini membuat manajemen tidak mudah untuk menentukan jumlah keberangkatan maupun kedatangan. Penelitian ini berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan suatu metode. Metode yang dipakai oleh penulis pada penelitian ini yaitu metode *Fuzzy* Tsukamoto. Dari keseluruhan hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat diperoleh hasil yaitu 1.825 penerbangan pesawat. Dapat disimpulkan dari hasil perhitungan tersebut bahwa jumlah keberangkatan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah kedatangan. Sehingga penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk menghitung banyaknya jumlah penerbangan kedepannya.*

Kata kunci: *Jadwal Penerbangan, Fuzzy Tsukamoto, Sistem Pendukung Keputusan*

A. Pendahuluan

Transportasi merupakan suatu alat yang digunakan manusia untuk melakukan perjalanan dari suatu tempat ketempat lainnya. Alat transportasi secara umum dapat dibagi menjadi 3 bagian seperti : transportasi darat, laut dan udara. Transportasi udara biasanya digunakan untuk melakukan perjalanan cukup jauh yaitu dengan menggunakan pesawat.

Pesawat adalah transportasi yang cukup banyak dipilih untuk perjalanan jauh karena waktu tempuh yang cukup singkat dibandingkan dengan transportasi lainnya. Terlebih lagi belakangan ini, industri penerbangan saling bersaing menyediakan penerbangan murah. Hal ini mendorong popularitas pesawat menjadi transportasi yang cukup ekonomis. Meskipun dengan harga yang dibayarkan jauh lebih mahal daripada transportasi lainnya, pesawat masih menjadi pilihan yang terbaik.

Pesawat juga merupakan satu-satunya alat transportasi yang dapat digunakan untuk menjangkau lokasi atau suatu tempat yang sulit dijangkau atau diketahui oleh orang lain, seperti pulau-pulau kecil yang kondisi lautnya tidak mendukung, atau tempat-tempat yang tidak memiliki jalan raya dan harus melewati hutan atau medan yang tidak rata.

Penumpang transportasi udara setiap bulannya mengalami perubahan yang cukup pesat. Menurut PT. Angkasa Pura 1 tentang nilai penerbangan Domestik jumlah kedatangan penumpang pada bulan januari 2019 mencapai 2350 dan nilai keberangkatan 2340. Kemudian tentang nilai penerbangan internasional kedatangan mencapai 38 dengan keberangkatan 57. Salah satu penyebab terjadinya peningkatan penumpang itu banyak terjadi saat memasuki hari-hari besar seperti Hari Raya Idul Fitri.

Untuk dapat mengetahui peningkatan penumpang yang terjadi, maka dilakukan penelitian pada data keberangkatan dan kedatangan penumpang. Salah satu metode penelitian yang akan digunakan ialah metode logika *Fuzzy* Tsukamoto. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengambilan keputusan tentang persentase terbaik keberangkatan dan kedatangan mulai dari tahun 2017 sampai tahun 2019.

B. Metode

Fuzzy Tsukamoto merupakan metode dimana aturan konsekuen yang dihasilkan diwakili oleh fungsi keanggotaan yang monoton. Dimana setiap hasil dasar harus direpresentasikan sebagai IF-THEN dengan suatu himpunan *fuzzy*. *Output* dari kesimpulan setiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan predikat (fire strength). Proses penjumlahan (penggabungan) aturan dilakukan dan hasil akhir diperoleh menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata tertimbang.

IF dan THEN adalah bagian dari rule, aturan tersebut digunakan sebagai dasar dari teknologi implikasi *fuzzy*. IF digunakan sebagai fakta dan THEN digunakan sebagai kesimpulan. Jika A adalah fakta dari variabel x maka B adalah kesimpulan dari variabel y, yang dapat ditulis sebagai:

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } B$$

Aturan tersebut biasanya memiliki banyak fakta yang terkait dengan operasi gabungan atau AND. Contoh aturan yang menggunakan banyak fakta adalah berikut:

$$\text{IF } a \text{ is } X \text{ AND } a \text{ is } Y \text{ AND } a \text{ is } Z \text{ THEN } B.$$

Metode *Fuzzy* Tsukamoto dapat digunakan dalam membuat keputusan dari hasil keberangkatan dan kedatangan pesawat dengan menggunakan metode *Fuzzy* Tsukamoto. Metode ini merupakan metode pengambilan keputusan yang memasukkan nilai privasi tertentu atau nilai preferensi untuk keberangkatan dan kedatangan pesawat dan memperoleh nilai persentase untuk setiap keputusan. Keputusan terbaik adalah memiliki persentase nilai prioritas yang lebih besar.

Aplikasi sistem digunakan sebagai alat pengambilan keputusan untuk menentukan keberangkatan dan kedatangan terbaik berdasarkan nilai-nilai variabel yang ditetapkan oleh departemen manajemen bandara. Kemudian digunakan metode *fuzzy* Tsukamoto untuk menghitung nilai variabel dan nilai yang sama antara *fuzzy* diperoleh pada sistem pendukung keputusan dengan perhitungan *fuzzy* manual. Dalam metode *fuzzy*

Tsukamoto terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. *Fuzzifikasi* merupakan perhitungan dalam memberikan perubahan masukan sistem yang memiliki nilai input atau crisp menjadi himpunan *fuzzy* dan menetapkan derajat keanggotaan dengan himpunan *fuzzy*.
2. Inferensi merupakan sistem aturan berdasarkan logika *fuzzy*, yang dimana menggunakan penalaran *fuzzy* input atau masukan dan *fuzzy rule* atau aturan yang telah ditetapkan menjadi *fuzzy output*.
3. *Defuzzifikasi* adalah metode penting dari pemodelan sistem *fuzzy*. *Defuzzifikasi* adalah suatu metode untuk mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tetap sesuai dengan derajat keanggotaan yang ditentukan.

C. Hasil dan Pembahasan

Dalam menyelesaikan sebuah permasalahan yang ada di kasus ini terlebih dahulu dilakukan perhitungan system *infrenzy* untuk mengetahui tentang nilai penerbangan yang akan dijadikan sebuah data dalam jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang pesawat, baik penerbangan domestik dan penerbangan internasional. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) kota Balikpapan yang sesuai dari jumlah penerbangan domestik dan internasional pada Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian kota Balikpapan. Berikut ini adalah data dari Badan Pusat Statistik (BPS) kota Balikpapan.

Tabel 1
Tentang nilai penerbangan Domestik

Bulan	2017		2018		2019	
	kedatangan	keberangkatan	kedatangan	keberangkatan	kedatangan	keberangkatan
Januari	2292	2896	2726	2710	2350	2340
Februari	2515	2503	2420	2409	2030	2033
Maret	2816	2775	2783	2741	2343	2293
April	2713	2693	2742	2736	2153	2143
Mei	2720	2703	2727	2724		
Juni	2580	2565	2759	2738		
Juli	2889	2867	2877	2861		
Agustus	2805	2788	2899	2873		
September	2691	2677	2810	2790		
Oktober	2769	2734	3333	2321		
November	2669	2640	2838	2833		
Desember	2782	2769	2688	2673		
Max	2922	2896	3333	2873	2350	2340
Min	2292	2503	2420	2409	2030	2033

Sumber: PT. Angkasa Pura 1 (Persero), Kantor Cabang Balikpapan

Tabel 2
Tentang nilai penerbangan Internasional

Bulan	2017		2018		2019	
	kedatangan	keberangkatan	kedatangan	keberangkatan	kedatangan	keberangkatan
Januari	45	71	44	61	38	57
Februari	37	57	38	53	34	46
Maret	45	84	48	69	38	75
April	41	60	42	61	32	48
Mei	42	61	41	57		
Juni	36	49	41	49		
Juli	38	57	39	62		
Agustus	46	65	44	63		
September	42	48	47	63		
Oktober	35	62	125	143		
November	41	65	55	65		
Desember	45	57	40	56		
Max	46	84	125	143	38	75
Min	35	48	38	49	32	46

Sumber: PT. Angkasa Pura 1 (Persero), Kantor Cabang Balikpapan

Berdasarkan tabel di atas dengan menggunakan metode Tsukamoto terdapat 2 variabel *fuzzy* yaitu :

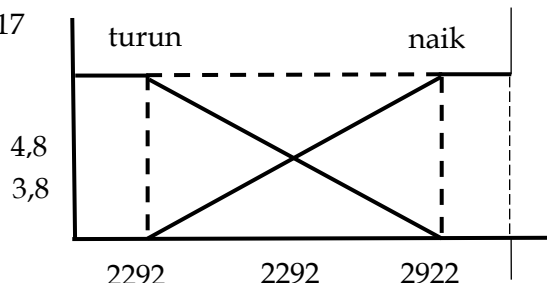
- Kedatangan : terdiri 2 himpunan *fuzzy*, yaitu turun dan naik.
- Keberangkatan : terdiri dari 2 himpunan *fuzzy*, yaitu bertambah dan berkurang.

Tabel 3. Aturan penerbangan *fuzzy* Tsukamoto

Proses penerbangan memakai 4 aturan/ rule <i>fuzzy</i>	
R1	IF (apabila) suatu nilai kedatangan turun and nilai keberangkatan naik THEN (maka) suatu nilai kedatangan penumpang berkurang
R2	IF (apabila) suatu nilai kedatangan naik and nilai keberangkatan turun THEN (maka) suatu nilai kedatangan penumpang bertambah
R3	IF (apabila) suatu nilai keberangkatan turun and nilai kedatangan naik THEN (maka) suatu nilai keberangkatan penumpang berkurang
R4	IF (apabila) suatu nilai keberangkatan naik and nilai kedatangan turun THEN (maka) suatu nilai keberangkatan penumpang bertambah

a Fuzzyfikasi

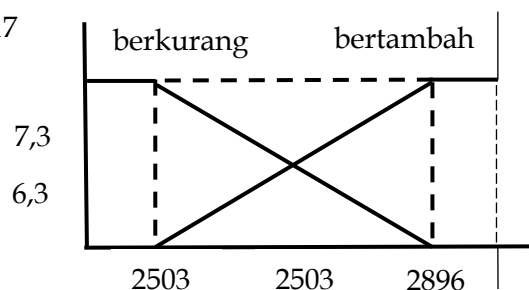
- Kedatangan Penerbangan Domestik tahun 2017
 Kedatangan turun = 2292
 Kedatangan naik = 2922
 Permasalahan kedatangan = 2292



$$\mu_{\text{kedatangan-turun}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2292 \\ \frac{2922-x}{2292} & 2292 \leq x \leq 2922 \\ 0 & x \geq 2922 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kedatangan-naik}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2292 \\ \frac{x-2292}{2922} & 2292 \leq x \leq 2922 \\ 1 & x \geq 2922 \end{cases}$$

- Keberangkatan Penerbangan Domestik Tahun 2017
 Keberangkatan berkurang = 2503
 Keberangkatan bertambah = 2896
 Permasalahan keberangkatan = 2503

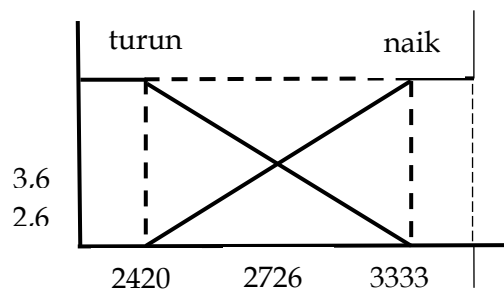


$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2503 \\ \frac{2896-x}{2503} & 2503 \leq x \leq 2896 \\ 0 & x \geq 2896 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2503 \\ \frac{x-2503}{2896} & 2503 \leq x \leq 2896 \\ 1 & x \geq 2896 \end{cases}$$

2. Kedatangan Penerbangan Domestik tahun 2018

Kedatangan turun = 2420
 Kedatangan naik = 3333
 Permasalahan kedatangan = 2726

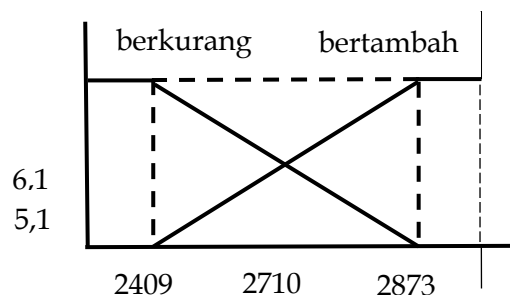


$$\mu_{\text{kedatangan-turun}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2420 \\ \frac{3333-x}{2726} & 2420 < x < 3333 \\ 0 & x \geq 3333 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kedatangan-naik}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2420 \\ \frac{x-2420}{2726} & 2420 < x < 3333 \\ 1 & x \geq 3333 \end{cases}$$

Keberangkatan Penerbangan Domestik tahun 2018

Keberangkatan berkurang = 2409
 Keberangkatan bertambah = 2873
 Permasalahan keberangkatan = 2710

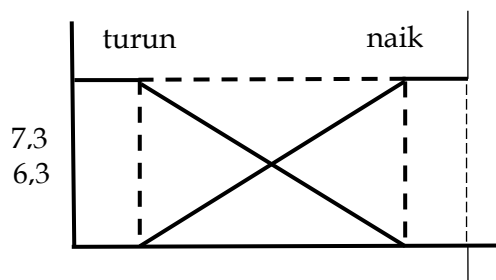


$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2409 \\ \frac{2873-x}{2710} & 2409 < x < 2873 \\ 0 & x \geq 2873 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2409 \\ \frac{x-2409}{2710} & 2409 < x < 2873 \\ 1 & x \geq 2873 \end{cases}$$

3. Kedatangan Penerbangan Domestik tahun 2019

Kedatangan turun = 2030
 Kedatangan naik = 2350
 Permasalahan kedatangan = 2350

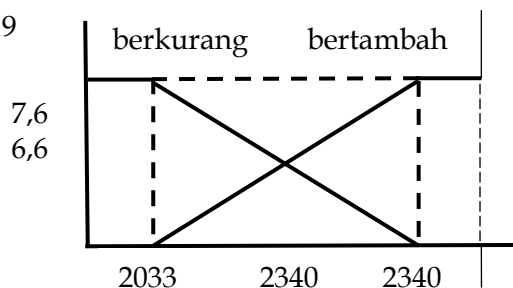


$$\mu_{\text{kedatangan - turun}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2030 \\ \frac{2350 - x}{2030} & 2030 \leq x \leq 2350 \\ 0 & x \geq 2350 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kedatangan - naik}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2030 \\ \frac{x - 2030}{2350} & 2030 \leq x \leq 2350 \\ 1 & x \geq 2350 \end{cases}$$

2030 2350 2350

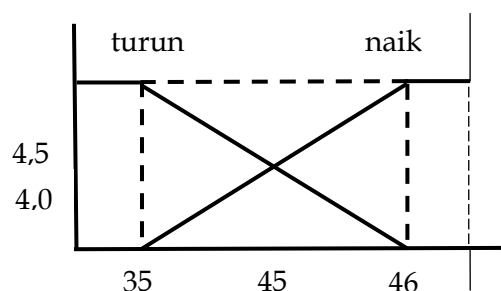
Keberangkatan Penerbangan Domestik tahun 2019
 Keberangkatan berkurang = 2033
 Keberangkatan bertambah = 2340
 Permasalahan keberangkatan = 2340



$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}} [x] = \begin{cases} 1 & x \leq 2033 \\ \frac{2340 - x}{2033} & 2033 \leq x \leq 2340 \\ 0 & x \geq 2340 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}} [x] = \begin{cases} 0 & x \leq 2033 \\ \frac{x - 2033}{2340} & 2033 \leq x \leq 2340 \\ 1 & x \geq 2340 \end{cases}$$

4. Kedatangan penerbangan Internasional tahun 2017
 kedatangan turun = 35
 kedatangan naik = 46
 permasalahan kedatangan = 45

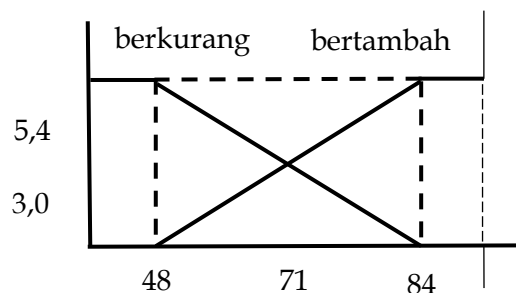


$$\mu_{\text{kedatangan - turun}} [x] = \begin{cases} 1 & x \geq 35 \\ \frac{46 - x}{45} & 35 \leq x \leq 46 \\ 0 & x \geq 46 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kedatangan - naik}} [x] = \begin{cases} 0 & x \geq 35 \\ \frac{x - 35}{45} & 35 \leq x \leq 46 \\ 1 & x \geq 46 \end{cases}$$

Keberangkatan penerbangan internasional tahun 2017

keberangkatan berkurang = 48
 keberangkatan bertambah = 84
 permasalahan keberangkatan = 71

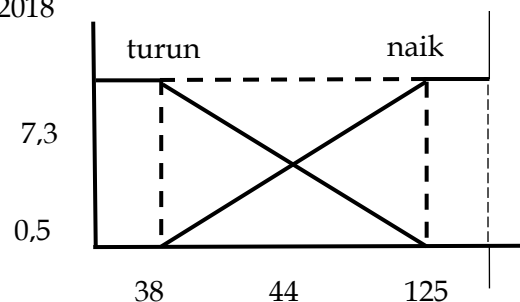


$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}} [x] \begin{cases} 1 & x \leq 48 \\ \frac{84-x}{71} & 48 \leq x \leq 84 \\ 0 & x \geq 84 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}} [x] \begin{cases} 0 & x \leq 48 \\ \frac{x-48}{71} & 48 \leq x \leq 84 \\ 1 & x \geq 84 \end{cases}$$

5. Kedatangan penerbangan internasional tahun 2018

Kedatangan turun = 38
 Kedatangan naik = 125
 Permasalahan kedatangan = 44

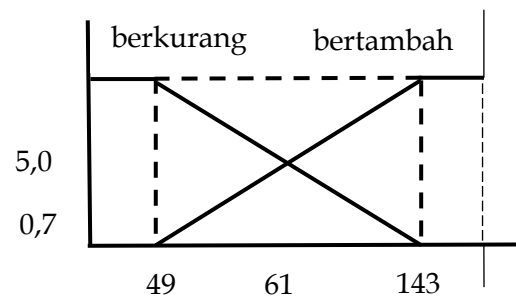


$$\mu_{\text{kedatangan - turun}} [x] \begin{cases} 1 & x \leq 38 \\ \frac{125-x}{44} & 38 \leq x \leq 125 \\ 0 & x \geq 125 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{kedatangan - naik}} [x] \begin{cases} 0 & x \leq 38 \\ \frac{x-38}{44} & 38 \leq x \leq 125 \\ 1 & x \geq 125 \end{cases}$$

Keberangkatan penerbangan internasional tahun 2018

Keberangkatan berkurang = 49
 Keberangkatan bertambah = 143
 Permasalahan kedatangan = 61



$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}}[x] \begin{cases} 1 & x \leq 49 \\ \frac{143-x}{61} & 49 \leq x \leq 143 \\ 0 & x \geq 143 \end{cases}$$

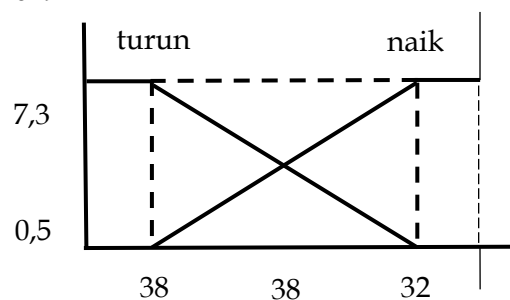
$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}}[x] \begin{cases} 0 & x \leq 49 \\ \frac{x-49}{61} & 49 \leq x \leq 143 \\ 1 & x \geq 143 \end{cases}$$

6. Kedatangan penerbangan internasional tahun 2019

Kedatangan turun = 38

Kedatangan naik = 32

Permasalahan kedatangan = 38



$$\mu_{\text{kedatangan - turun}} [x] \begin{cases} 1 & x \leq 38 \\ \frac{32-x}{38} & 38 \leq x \leq 32 \\ 0 & x \geq 38 \end{cases}$$

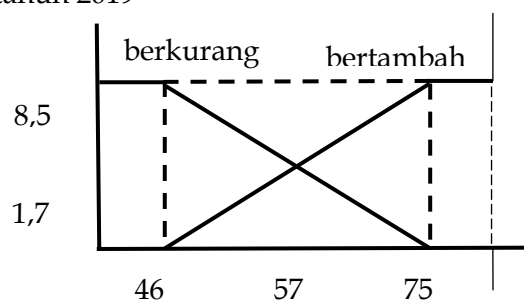
$$\mu_{\text{kedatangan - naik}} [x] \begin{cases} 0 & x \leq 38 \\ \frac{x-38}{38} & 38 \leq x \leq 32 \\ 1 & x \geq 38 \end{cases}$$

Keberangkatan penerbangan internasional tahun 2019

Keberangkatan berkurang = 46

Keberangkatan bertambah = 75

Permasalahan kedatangan = 57



$$\mu_{\text{keberangkatan-berkurang}}[x] \begin{cases} 1 & x \leq 46 \\ \frac{75-x}{57} & 46 \leq x \leq 75 \\ 0 & x \geq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{keberangkatan-bertambah}}[x] \begin{cases} 0 & x \leq 46 \\ \frac{x-46}{57} & 46 \leq x \leq 75 \\ 1 & x \geq 75 \end{cases}$$

b Inferensi

Dari uraian di atas terbentuk 2 himpunan fuzzy yaitu : kedatangan naik, kedatangan turun, keberangkatan terendah, keberangkatan tertinggi.

[R1] IF (apabila) suatu nilai kedatangan turun and nilai keberangkatan naik THEN (maka) suatu nilai kedatangan penumpang berkurang :

Predikat 1

$$\begin{aligned} &= \mu_{\text{Kedatangan TURUN}} [X] \cap \mu_{\text{Keberangkatan Bertambah}} [Y] \\ &= \min(\mu_{\text{Kedatangan TURUN}}, [2292], \mu_{\text{keberangkatan bertambah}} [2896]) \\ &= \min(4,8 : 3,8) \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

Himpunan keberangkatan berkurang

$$(2922-x)/2292=48$$

$$\text{Hitung } X1 = 4,8 \times 2292 = 1100$$

$$2922 - 1100 = 1822$$

$$\text{Jadi } X1 = 1822$$

[R2] IF (apabila) suatu nilai kedatangan naik and nilai keberangkatan turun THEN (maka) suatu nilai kedatangan penumpang bertambah.

Predikat 2

$$\begin{aligned} &\mu_{\text{kedatangan NAIK}} \cap \mu_{\text{keberangkatan TURUN}} \\ &= \min(\mu_{\text{kedatangan NAIK}} [3333], \mu_{\text{kedatangan TURUN}} [2420]) \\ &= \min(2,6 : 3,6) \\ &= 3,6 \end{aligned}$$

Himpunan keberangkatan berkurang

$$(3333-x)/2420=3,6$$

$$\text{Hitungan } X2 = 3,6 \times 2420 = 8,712$$

$$3333 - 8,712 = 3.324$$

$$\text{Jadi } X2 = 3.324$$

[R3] IF (apabila) suatu nilai keberangkatan turun and nilai kedatangan naik THEN (maka) suatu nilai keberangkatan penumpang berkurang.

Predikat 3

$$\begin{aligned} &= \min(\mu_{\text{keberangkatan TURUN}} [2033], \mu_{\text{kedatangan NAIK}} [2350]) \\ &= \min(6,6 : 7,6) \\ &= 6,6 \end{aligned}$$

Himpunan keberangkatan berkurang

$$(2033-x)/2350=6,6$$

$$\text{Hitungan } X2 = 6,6 \times 2350 = 15.510$$

$$2350 - 15.510 = 2.334$$

$$\text{Jadi } X3 = 2.334$$

[R4] IF (apabila) suatu nilai keberangkatan naik and nilai kedatangan turun THEN (maka) suatu nilai keberangkatan penumpang bertambah.

Predikat 4

$$\begin{aligned} &= \min(\mu_{\text{keberangkatan NAIK}} [84], \mu_{\text{kedatangan TURUN}} [35]) \\ &= \min(4,0 : 5,4) \\ &= 5,4 \end{aligned}$$

Himpunan keberangkatan berkurang

$$(84-x)/35=5,4$$

$$\text{Hitungan } X4 = 5,4 \times 35 = 189$$

$$189-35 = 154$$

$$\text{Jadi } X4 = 154$$

c *Defuzzifikasi* (Menentukan output crisp)

$$x = \frac{a \text{ predikat } 1 * x1 + a \text{ predikat } 2 * x2 + a \text{ predikat } 3 * x3 + a \text{ predikat } 4 * x4}{a \text{ predikat } 1 + a \text{ predikat } 2 + a \text{ predikat } 3 + a \text{ predikat } 4}$$

$$\frac{4,8 * 1822 + 3,6 * 3324 + 6,6 * 2334 + 5,4 * 154}{4,8 + 3,6 + 6,6 + 5,4}$$

$$x = \frac{37.236}{20,4}$$

$$x = 1.825$$

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy Tsukamoto dapat diimplementasikan untuk membantu memprediksi jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat. Hasil terbang yang diperoleh dari perhitungan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto yaitu 1.825 pesawat. Sehingga hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk menentukan banyaknya jumlah penerbangan di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- Ikhsan, F. (2014). Penerapan Fuzzy Tsukamoto Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang. *Proseding Sembistek*.
- Juliana, E., & Kurniawan, R. (2021). Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Memprediksi Jumlah Produksi TMG. *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO - Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 2621-4970.
- Kusuma, A., Puspitasari, W. D., & Gustiyoto, T. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Jumlah Produksi Seragam Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Antivirus*.
- Maria, S. (2016). Penerapan Kualitas Ruang Rawar Inap Dengan Menggunakan Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*.
- Novita, N. (2016). Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Beasiswa. *Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*.
- Parewe, A., & Mahmudy, W. (2016). *Seleksi Calon Karyawan Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto*. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (SENTIKA 2016).
- Ragestu, F., & Sibarani, A. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Pemilihan Siswa Teladan Sekolah. *Teknika*, 9-15.

Zuraini, N. (2021). Sistem Pendukung Keputusan Uji Kelayakan Pesawat Terbang Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada PT. GFM Aeroasia TBK. *Pelita Informatika : Informasi dan Informatika*, 2301-9425.