Sistem Prediksi Jumlah Armada Bus DAMRI Menggunakan Logika Fuzzy

Sri Nurhayati[1], Padli Wijaya[2]

[1,2]Jurusan Sistem Komputer Universitas Komputer Indonesia, Bandung
[1]serieid@yahoo.com, [2] padliw@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan yang sering terjadi di dunia transportasi adalah sering terjadinya lonjakan atau kenaikan penumpang yang bisa terjadi kapan saja, terutama pada hari-hari penting seperti Lebaran. Untuk itu pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem prediksi jumlah armada bus DAMRI menggunakan logika fuzzy, yang bertujuan untuk mempermudah dalam memprediksi jumlah armada bus. Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk soft computing dan ilmu yang mempelajari ketidakpastian. Sistem yang dibuat bekerja dengan memanfaatkan data tahun-tahun kebelakang sebagai inputan yang akan melalui 3 tahapan proses yaitu Fuzzification, Fuzzy Logic Inference dan Defuzzification. Setiap masukan akan diproses secara bertahap mulai dari menentukan membership function hingga menghasilkan output. Dari hasil pengujian terhadap sistem yang dibuat, sistem sudah dapat mempermudah pengguna dalam menentukan jumlah armada bus DAMRI yang akan dipakai. Pengujian yang dilakukan pada 2 buah jurusan menghasilkan error data yang berbeda. Pada jurusan Kemayoran presentase error dalam memprediksi jumlah armada bus yaitu (18.60%) sedangkan pada jurusan antar kota dalam provinsi (AKDP) presentase error dalam memprediksi jumlah armada bus yaitu (15.03%).
Kata kunci : Transportasi, Prediksi, Logika Fuzzy, Metode Mamdani

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi dan perkembangan ekonomi yang cukup pesat saat ini, alat transportasi dan komunikasi merupakan kebutuhan yang cukup penting. Terutama alat transportasi jarak jauh maupun dekat yang banyak memberikan kontribusi paling banyak untuk kebutuhan masyarakat maupun pemerintah. Bus DAMRI merupakan kendaraan angkutan yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat dari semua kalangan. Tentunya dalam pelayanan, keamanan dan kenyamanan merupakan hal penting yang harus diperhatikan oleh perusahaan tersebut.

Pada hari-hari tertentu seperti Lebaran dan tahun baru jumlah penumpang yang menaiki bus DAMRI bisa saja mengalami lonjakan-lonjakan. Pada tahun 2015 ini, perusahan bus DAMRI Kota Bandung memiliki armada sekitar 320 unit bus terdiri dari beberapa rute di dalam kota Bandung dan luar kota Bandung. Dalam mengatasi setiap lonjakan-lonjakan penumpang untuk setiap rutenya, saat ini perusahaan bus DAMRI akan mempergunakan armada bus rute lain bilamana terjadi lonjakan penumpang. Misalnya, terjadi lonjakan penumpang jurusan Bandung - Kemayoran disini perusahaan bus DAMRI akan mengambil armada bus dengan rute lain seperti jurusan Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) atau mungkin sebaliknya. Akan tetapi bila kedua rute ini mengalami lonjakan penumpang, perusahaan bus DAMRI akan meminta armada bus yang ada diluar kota Bandung yang masih kosong. Tentu cara ini memerlukan banyak waktu dan penumpang bus tidak mau bila harus menunggu lama.

Untuk itulah dibuat sebuah sistem yang dapat memprediksikan jumlah penumpang bus DAMRI sehingga perusahaan dapat mempersiapkan berapa armada bus yang harus digunakan pada tahun-tahun kedepan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi jumlah armada bus damri adalah logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian.. Dengan demikian kita dapat memprediksikan jumlah armada yang akan digunakan oleh penumpang bus damri menggunakan logika fuzzy. Sehingga penyedia layanan bus DAMRI bisa langsung sigap bila mana terjadi lonjakan/kenaikan penumpang.

2. TEORI PENUNJANG

2.1 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut [3].

2.2 Metode Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapat *output*, diperlukan 4 tahapan [3]:

1. Pembentukan himpunan fuzzy
   Pada metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antara aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan *inferensi* sistem fuzzy, yaitu: max, *additive* dan *probabilistik* OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

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

$\mu_{sf}(xi) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(xi))$ (2.10)

dengan:

$\mu_{sf}(xi)$= nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

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

Apabila digunakan fungsi implikasi MIN, maka metode komposisi ini sering disebut dengan nama MAX-MIN atau MIN-MAX atau MAMDANI.

b. Metode *Additive* (*Sum*)

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

$\mu_{sf}[x_i] = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i))$ (2.11)

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-i;

c. Metode Probabilistik OR *(probor)*

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

$$|\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (|\mu_{sf}[x_i] + |\mu_{kf}[x_i]) - (|\mu_{sf}[x_i] * |\mu_{kf}[x_i]) \quad (2.12)$$

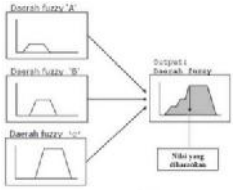
dengan:

$\mu_{sf}(xi)$=nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

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

d. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses *defuzifikasi* 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* seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut [3].



Gambar 2.1 *Proses Defuzzifikasi*

Metode defuzzy yang dipakai pada komposisi aturan mamdani, adalah:

a. Metode *Centroid* (*Composite Moment*) Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$ untuk *variable kontinu*, atau (2.14)

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)}$$ untuk *variable diskrit*. (2.15)

2.2 Perhitungan Mean Squared Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Hasil prediksi yang akurat adalah prediksi yang bisa meminimalkan kesalahan memprediksi. Karena itu dalam menghitung kesalahan dalam memprediksi digunakan [8]:

a. *Mean Squred Error* (MSE)

Mean Squred Error (MSE) adalah rata-rata kesalahan meramal yang dikuadratkan

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n} (X_t - F_t)^2}{n}$$ (2.17)

Keterangan:
Xt = Nilai data *periodic* ke-t (Data Asli)
Ft = Nilai prediksi *periodic* ke-t (Data Hasil Prediksi)
N = Banyaknya data

b. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan nilai tengah kesalahan *persentase absolute* dari suatu peramalan.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \quad (2.18)$$

Keterangan:

Xt = Nilai data *periodic* ke-t (Data Asli)

Ft = Nilai prediksi *periodic* ke-t (Data Hasil Prediksi)

N = Banyaknya data

.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Analisis Masalah

Permasalahan yang sering terjadi diperusahaan bus DAMRI pada saat memasuki Lebaran adalah sering mengalami lonjakan-lonjakan penumpang yang bisa membuat penumpang kecewa jika tidak ditangani dengan baik.

3.2 Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan jumlah penumpang dan armada bus yang dipakai dari tahun 2012 sampai 2014 sejak Hari ke-7 sebelum Lebaran sampai Hari ke-7 sesudah Lebaran bisa dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.1. Data Armada Bus DAMRI dan Penumpang Jurusan Kemayoran Tahun 2012-2014

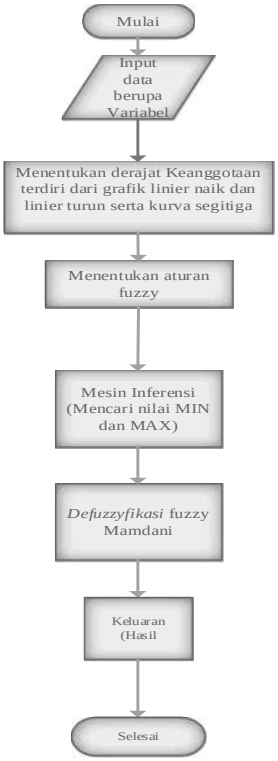
No	Hari	Jurusan Kemayoran					
		Armada Bus			Jumlah Penumpang		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
1	H-7	15	11	4	749	542	194
2	H-6	10	5	5	243	242	246
3	H-5	8	14	8	371	701	361
4	H-4	7	7	14	362	354	704
5	H-3	18	16	16	860	705	692
6	H-2	14	7	11	686	217	546
7	H-1	6	6	4	280	48	74
8	L1	11	19	13	536	633	577
9	L2	9	2	7	403	108	278
10	H+1	4	1	4	163	44	97
11	H+2	6	10		205	72	
12	H+3	13	36		361	876	
13	H+4	26	25	5	585	183	200
14	H+5	20		9	514		427
15	H+6	30		11	639		530
16	H+7			10			465

Tabel 3.2 Data Armada Bus DAMRI dan Penumpang Jurusan Antar Kota Dalam Provinsi Tahun 2012-2014

No	H	Jurusan Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP)					
		Armada Bus			Jumlah Penumpang		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
1	H-7	14	12	15	771	537	581
2	H-6	13	16	14	739	611	554
3	H-5	12	16	15	645	742	707
4	H-4	16	25	16	802	1018	877
5	H-3	19	22	16	1166	1109	869
6	H-2	26	23	17	1557	1114	934
7	H-1	21	19	17	1019	932	802
8	L1	15	9	15	623	485	503
9	L2	16	19	21	955	1369	1212
10	H+1	17	19	17	1107	1065	1030
11	H+2	19	25	18	1389	1354	1103
12	H+3	21	21	21	1282	1272	1191
13	H+4	23	21	21	1162	1100	1000
14	H+5	20	24	20	1112	1257	1255
15	H+6	24		22	1429		1264
16	H+7	21		16	1373		705

3.3 Analisis Logika Fuzzy Mamdani

Dalam membangun sistem ini terdapat metode yaitu menggunakan Logika fuzzy mandani yang bertujuan untuk memprediksi jumlah penumpang bus DAMRI agar proses prediksi bisa dilakukan dengan baik. Pada Gambar 3.1 terdapat gambar *flowchart* dari logika fuzzy mamdani



Gambar 3.1 *Flowchart* Logika Fuzzy Mamdani

Untuk memprediksi jumlah armada bus DAMRI ada beberapa parameter-parameter diantaranya yaitu:

1. Sedikit: < 150 penumpang
2. Sedang: ≥ 151 – 400 penumpang
3. Banyak: > 400 penumpang

[R1] IF Penumpang tahun 2012 BANYAK And tahun 2013 BANYAK And tahun 2014 SEDANG THEN Jumlah Penumpang SEDIKIT;

α_predikat 1 = μBANYAK∩μBANYAK
μSEDANG
= min(μBANYAK(749),
μBANYAK(542), μSEDANG(194)
= min(0,6275;0,7085;0,28)
= 0,28

Setelah nilai implikasi diperoleh, maka tahap selanjutnya adalah komposisi aturan seperti persamaan dibawah:

μ = (X=A1) = 0,28

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah:

Kemudian tahap terakhir dialkukan proses defuzzyfikasi dengan menggunakan metode *centroid* pada persamaan (2.14) dan (2.15) sehingga menghasilkan.

$$\frac{(0+7\ +1\ \ )x\ .2}{0.2\ +0.2\ +0.2} = \frac{6}{0.8} = 75$$

Jadi hasil prediksi dari perhitungan yang dilakukan pada Hari ketujuh sebelum lebaran pada trayek Kemayoran yaitu 75 penumpang. Jika dibagi kedalam jumlah armada bus yaitu 2 armada bus.

4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian logika fuzzy ini bertujuan untuk mengetahui proses logika fuzzy sebagai inti dari sistem prediksi yang telah dibuat dan seberapa akuratkah hasil yang akan diperoleh menggunakan logika fuzzy. Logika fuzzy yang digunakan yaitu model mamdani dan i*nput*-an logika fuzzy pada tugas akhir ini berupa data jumlah penumpang tiga tahun sebelum prediksi dilakukan. Pengujian dari logika fuzzy ini dilakukan dengan membandingkan hasil *output* yang didapat menggunakan sistem yang telah dibuat dengan data asli yang ada. Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa tahapan membangun sebuah logika *Fuzzy* terdiri dari 3 tahapan yaitu *Fuzzification, Fuzzy Logic Inference* dan *Defuzzification.* Setiap *input*-an akan diproses secara bertahap mulai dari menentukan *membership function* hingga menghasilkan *output.*

1. Pengujian dengan menggunakan sistem fuzzy H-7 sebelum Lebaran. Jika jumlah penumpang tahun 2012 = 749 dan penumpang tahun 2013 = 524 dan 2014 = 194 maka hasil yang didapat berjumlah 75 penumpang. Karena setiap armada bus berjumlah maksimal 50 orang di div maka armada bus yang harus disediakan yaitu 2 buah armada.
2. Pengujian dengan menggunakan sistem fuzzy Hari ke-6 sebelum Lebaran. Jika jumlah penumpang tahun 2012 = 243 dan penumpang tahun 2013 = 242 dan 2014 = 246 maka hasil yang didapat berjumlah 188 penumpang. Karena setiap armada bus berjumlah maksimal 50 orang di div maka armada bus yang harus disediakan yaitu 4 buah armada.
3. Pengujian dengan menggunakan sistem fuzzy Hari ke-5 sebelum Lebaran. Jika jumlah penumpang tahun 2012 = 371 dan penumpang tahun 2013 = 701 dan 2014 = 361 maka hasil yang didapat berjumlah 430 penumpang. Karena setiap armada bus berjumlah maksimal 50 orang di div maka armada bus yang harus disediakan yaitu 9 buah armada.
4. Pengujian dengan menggunakan sistem fuzzy Hari ke-4 sebelum Lebaran. Jika jumlah penumpang tahun 2012 = 362 dan penumpang tahun 2013 = 354 dan 2014 = 704 maka hasil yang didapat berjumlah 223 penumpang. Karena setiap armada bus berjumlah maksimal 50 orang di div maka armada bus yang harus disediakan yaitu 5 buah armada.

4.2 Pengujian Data

Pengujian data ini dimaksudkan untuk mengetahui jumlah error pada hasil prediksi. Data hasil prediksi akan dibandingkan dengan data asli dari perusahaan bus DAMRI kemudian dihitung Mean Squred Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menggunakan persamaan (2.17) dan (2.18) sehingga menghasilkan data sebagai berikut:

1. Hasil perbandingan jumlah penumpang dan armada bus DAMRI jurusan Kemayoran

Tabel 4.1 Perbandingan Data Asli dan Hasil Prediksi Jurusan Kemayoran

Hari	Jurusan AKDP				Squared Error	
	Hasil Prediksi 2015		Data Asli 2015			
	Armada Bus	Penumpang	Armada Bus	Penumpang	Armada Bus	Penumpang
H-7	11	524	14	550	9	676
H-6	14	525	17	600	9	5625
H-5	17	811	16	760	1	2601
H-4	19	925	17	729	4	38416
H-3	19	935	16	779	9	24336
H-2	20	967	20	1,169	0	40804
H-1	19	925	20	978	1	2809
L1	15	775	13	463	4	97344
L2	20	953	20	1,182	0	52441
H+1	23	1150	26	1,277	9	16129
H+2	24	1174	23	1,267	1	8649
H+3	24	1165	23	1,249	1	7056
H+4	24	1154	20	1,109	16	2025
H+5	24	1160	23	989	1	29241
H+6	11	521	23	970	144	201601
H+7	11	523	21	895	100	138384
Rata-Rata Error					19.3125	41758.5625
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)					15.03%	19.60%

Jadi dari hasil *presentase* pada sistem prediksi jumlah armada bus DAMRI jurusan Kemayoran menghasilkan *error* data sebesar 18.60%.

2. Hasil perbandingan jumlah penumpang dan armada bus DAMRI jurusan AKDP (Antar Kota Dalam Provinsi)

Tabel 4.2 Perbandingan Data Asli dan Hasil Prediksi Jurusan AKDP

Hari	Jurusan Kemayoran				Squared Error	
	Hasil Prediksi 2015		Data Asli 2015			
	Armada Bus	Penumpang	Armada Bus	Penumpang	Armada Bus	Penumpang
H-7	2	75	1	48	1	729
H-6	4	188	4	190	0	4
H-5	9	430	8	377	1	2809
H-4	5	223	6	276	1	2809
H-3	10	462	9	449	1	169
H-2	9	446	9	431	0	225
H-1	2	75	2	60	0	225
L1	5	550	6	273	1	76729
L2	2	222	4	171	4	2601
H+1	2	81	2	51	0	900
H+2	2	87	2	45	0	1764
H+3	5	203	0	0	25	41209
H+4	5	224	7	282	4	3364
H+5	9	217	6	249	9	1024
H+6	9	218	8	330	1	12544
H+7	5	217	5	225	0	64
Rata-Rata Error					3	9158.75
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)					18.60%	27.55%

Jadi dari hasil presentase pada sistem prediksi jumlah armada bus DAMRI jurusan AKDP menghasilkan *error* data sebesar 15.03%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian yang dilakukan pada jurusan kemayoran menghasilkan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar (18.60%) dan Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) sebesar (15,03%). Menunjukan bahwa sistem prediksi menggunakan logika fuzzy ini cukup baik.
2. Dari hasil wawancara menunjukan bahwa sistem prediksi jumlah armada bus DAMRI menggunakan logika fuzzy ini sudah sesuai dengan tujuannya, yaitu dapat mempermudah dalam memprediksi jumlah armada bus yang akan digunakan bila mana terjadi lonjakan atau kenaikan penumpang dan menghasilkan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) jumlah armada bus tidak lebih dari 20%..

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan dalam penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Agar dapat memperoleh hasil yang lebih akurat, maka diperlukan data yang lebih lengkap.karena berpengaruh banyak dalam menentukan hasil prediksi.
2. Mencoba menggunakan metode logika fuzzy yang lain seperti Sugeno dan Tsukamoto

DAFTAR PUSTAKA

[1] DAMRI (2015). *Sejarah Singkat*, diakses pada tanggal 5 Oktober 2015, dari word wide web: http://www.damri.co.id/tentang-perusahaan/sejarah

[2] Fajriah,A, N. "*Rancang bangun Aplikasi Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Algoritma Genetik*", Politeknik Elektronika Negri Surabaya.

[3] Kusumadewi, Sri, & Hari, P. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.

[4] Munir, Rinaldi, (Tanpa Tahun). *Bahan Ajar Kuliah Sistem Inferen Fuzzy Teknik Informatika* - ITB, Bandung.

[5] Widiarsono, Teguh (2005). *Tutorial Praktis Belajar Matlab*, diakses pada tanggal 10 Oktober 2015, dari word wide web: https://7seasons.wordpress.com/tag/ebook-matlab-berbahasa-indonesia/

[6] _____, *Build Mamdani Systems* (GUI), diakses pada tanggal 8 November 2015, dari word wide web: http://www.mathworks.com/help/fuzzy/building-systems-with-fuzzy-logic-toolbox-software.html

[7] _____, (2012). *Pengertian Prediksi*, diakses pada tanggal 10 Oktober 2015, dari word wide web: http://www.prediksi.web.id/pengertian-prediksi/

[8] _____, *BAB 2 TINJAUAN TEORI*, diakses pada tanggal 12 Oktober 2015, dari word wide web: http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/19126/4/Chapter%20II.pdf