

Membandingkan Tingkat Efisiensi Metode Tsukamoto dan Sugeno untuk kasus Pneumonia

Elyza Gustri Wahyuni^{1*}

¹ Jurusan Informatika, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
elyza@uii.ac.id

Abstrak. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan Fuzzy Inference System (FIS), yaitu Tsukamoto, Mandani dan Sugeno. Ketiga metode tersebut masing-masing memiliki karakteristik dan kelebihan masing-masing, hanya saja metode Tsukamoto dan Sugeno memiliki tahapan proses yang hampir sama sehingga lebih relevan untuk dibandingkan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat metode yang paling efisien dengan membandingkan dua metode FIS yaitu Tsukamoto dan Sugeno berdasarkan kasus medis dari penelitian sebelumnya yang telah diuji validitas hasil dari spesialis paru. Data dan variabel yang digunakan sama dengan penelitian sebelumnya yaitu mengenai diagnosis pneumonia. Metode analisis yang digunakan adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk mendapatkan nilai akurasi seberapa dekat suatu hasil pengukuran dengan angka sebenarnya. Berdasarkan kasus yang diuji, kunci dari metode Sugeno menghasilkan MAPE yang lebih kecil dari Tsukamoto yaitu 3,15% yang berarti metode Sugeno menghasilkan skor pneumonia/nilai aktual yang lebih baik sehingga mendekati nilai sebenarnya.

Keywords: Fuzzy Inferensi Sistem (FIS), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Perbandingan tsukamoto dan sugeno.

Abstract. There are three methods that can be used to implement the Fuzzy Inference System (FIS), namely Tsukamoto, Mandani and Sugeno. Each of the three methods has its own characteristics and advantages, only the Tsukamoto and Sugeno methods have almost the same process stages so that they are more relevant to compare. This study aims to see the most efficient method by comparing the two FIS methods, namely Tsukamoto and Sugeno based on medical cases from previous studies that have tested the validity of the results from pulmonary specialists. The data and variables used are the same as the previous research, namely regarding the diagnosis of pneumonia. The analytical method used is Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to get the accuracy value of how close a measurement result is to the actual number. Based on the tested cases, the key from the Sugeno method produces a smaller MAPE than Tsukamoto, namely 3.15%, which means that the Sugeno method produces a pneumonia score/actual value that is better so that it is closer to the real value.

Keywords: Fuzzy Inference System (FIS), Comparison of tsukamoto and sugeno, Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Received July 2021 / Revised October 2021 / Accepted December 2021

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



PENDAHULUAN

Metode *Fuzzy Inference System* (FIS) sudah banyak digunakan serta diterapkan untuk beberapa kasus dalam penelitian, terutama penelitian yang sifatnya “kurang jelas/samar” atau dapat diartikan untuk permasalahan yang menalar dengan cara pendekatan serta masalah yang sulit didefinisikan dengan model matematis, dan hal lain nya yang menjadikan *Logika Fuzzy* banyak digunakan untuk penerapan kasus nyata adalah karena *Logika Fuzzy* dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami)[1].

Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk merepresentasikan logika fuzzy diantaranya yaitu metode Sugeno, Mandani dan Tsukamoto. Sifat metode Tsukamoto yaitu setiap konsekuen atau *output* direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* yang memiliki fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan α – predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya. Sedangkan dua metode lain nya yaitu Sugeno dan mamdani yang cenderung mirip yaitu, *output* (konsekuen) yang di hasilkan tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Ada dua model metode Sugeno

yaitu model fuzzy sugeno orde nol dan model fuzzy sugeno orde satu [2]. Hanya metode Tsukamoto dan Sugeno memiliki tahapan proses yang hampir sama sehingga lebih relevan untuk dibandingkan.

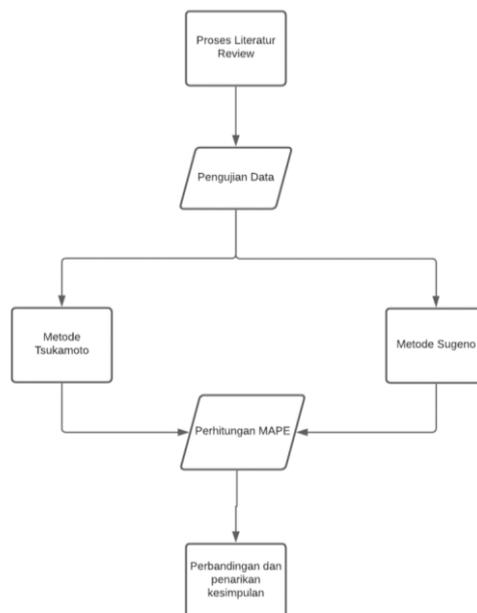
Penelitian lainnya di lingkup medis banyak menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) dikarenakan memang dalam kasus medis paling sering menggunakan teknik pendekatan terutama untuk diagnosis. Beberapa penelitian medis yang menggunakan metode Fuzzy oleh Wahyuni dan Ramadhan [3], dan juga Wahyuni dan Ramadhan [4] dengan kasus yang sama yaitu mengenai Pneumonia yang mana di katakan bahwa berdasarkan gejala maupun hasil diagnosis Pneumonia menurut dokter spesialis paru sering dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu “ringan” dan “berat” sehingga sangat tepat jika metode yang digunakan adalah dengan pendekatan FIS.

Kasus lain yang berbeda yaitu mengenai seleksi pegawai teladan yang juga membandingkan metode Tsukamoto dan Mamdani [5] pada penelitian ini yang bertujuan untuk mengukur tingkat kecepatan hasil yang diperoleh dari dua metode tersebut. Kasus berikutnya yang dilakukan oleh [6] yaitu mengenai prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru dengan membandingkan nilai error terkecil dari metode Tsukamoto, Mamdani dan sugeno. Penelitian lain yang juga membandingkan ketiga metode FIS untuk penentuan jumlah distribusi raskin dengan melihat nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) terkecil yang dianggap paling baik [7]. Penelitian yang juga membandingkan metode Tsukamoto dan sugeno dalam kasus prediksi penentuan harga jual sepeda motor yang juga melihat nilai MAPE terkecil [8].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dalam penelitian kali ini juga bertujuan melihat metode yang paling efisien dalam mendapatkan hasil diagnosis medis yaitu dengan membandingkan dua metode yang berbeda yaitu FIS Tsukamoto, dan FIS Sugeno. Karena dalam kedua penelitian [3] dan [4] belum dapat diketahui metode mana yang paling baik diterapkan untuk mendiagnosis kasus medis terutama mengenai Pneumonia.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari hasil wawancara pakar yaitu Dokter Spesialis Paru salah satu Rumah Sakit di Balikpapan, Kalimantan Timur. Pengambilan data dilakukan pada tahun 2017. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan dua metode *Fuzzy Inference System* yaitu *Tsukamoto* dan *Sugeno* dengan menggunakan perhitungan *MAPE (Mean Absolute Percent Error)* untuk menentukan nilai akurasi dengan nilai sebenarnya yang terkecil adalah nilai yang terbaik. Untuk mengetahui tahapan proses penelitian ini secara lebih jelas dapat dilihat diagram alur penelitian seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

Tahapan proses penelitian yang dilakukan pertama kali adalah melakukan *review* dari beberapa literature yang bersesuaian dengan perbandingan metode *Fuzzy Inference System*, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian data untuk dua metode FIS yaitu *Tsukamoto* dan *Sugeno*, setelah mendapatkan hasil uji terhadap dua metode FIS tersebut maka dilakukan proses perhitungan *MAPE* yang mana hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai perbandingan metode yang paling efektif untuk kasus ini, dan tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil perbandingan *MAPE*.

A. Fuzzy Inference System

Menurut istilah *fuzzy* dapat diartikan kabur atau tidak jelas. Jadi, *fuzzy Logic* dapat diartikan sebagai logika kabur atau logika yang memiliki ketidakpastian [9]. Penjelasan lain terkait *fuzzy Logic* adalah merupakan cara memetakan ruang *input* kedalam suatu ruang *output* [10].

Lotfi A. Zadeh adalah seorang professor dari *University of California* yang pertama kali menemukan konsep *Fuzzy logic* dimana dikatakan bahwa *Fuzzy logic* memiliki nilai toleransi dan rentang dari 0 sampai 1, konsep tersebut sangat berbeda dengan logika diskrit yang memiliki nilai tegas yaitu hanya dua nilai yaitu 1 atau 0 saja. Salah satu keunggulan logika fuzzy lain nya yaitu sifat nya yang menggunakan Bahasa alami (linguistik), beberapa contoh misal nya suhu ruangan panas, dingin, sejuk [11]. Logika *fuzzy* juga memiliki satu kemampuan yang tidak dimiliki system konvensional yaitu dapat mengembangkan sistem *inteligent* yang dapat bekerja di lingkungan yang penuh ketidakpastian. Proses dalam logika *fuzzy* pertama adalah penentuan himpunan *fuzzy*, kedua adalah penerapan aturan *IF-THEN* dan yang terakhir adalah proses inferensi *fuzzy* [12].

B. Metode Tsukamoto

Menurut Sutojo, et al., (2011) sebagaimana yang dikutip oleh [13] proses pengolahan data jika dilakukan dengan metode Tsukamoto dapat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Fuzzyfikasi* : Proses pertama yang berfungsi untuk mengubah nilai *Input* yang awalnya nilai Crisp (tegas) menjadi variabel linguistic dengan menyesuaikan fungsi keanggotaan *fuzzy*.
- Basis pengetahuan *fuzzy*: proses kedua yang dilakukan yaitu membuat basis pengetahuan dalam bentuk IF...THEN.
- Mesin Inferensi : tahap ketiga adalah melakukan proses fungsi implikasi MIN agar mendapatkan nilai α predikat untuk setiap rule ($\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_i$). Yang mana di dalam mesin inferensi nilai α predikat tersebut digunakan untuk mendapatkan *output* inferensi dengan nilai Crisp untuk setiap rule (z_1, z_2, \dots, z_i).
- Defuzzyfikasi : tahap terakhir yang dilakukan untuk proses mengubah *Output fuzzy* yang sudah di hasilkan oleh mesin inferensi menjadi nilai Crisp dengan menggunakan rata-rata terbobot (*Average*) yang sesuai dengan fungsi keanggotaan nya.

Berikut hasil keluaran Aplikasi menggunakan metode Tsukamoto dengan menggunakan data sekunder yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya [3] dapat ditunjukkan pada gambar 2.

Detail Data Pasien		Hasil Laboratorium	
id	354000	PH	7.4
Nama	Amrullah Siddiq	Bloode Urea Nitrogen	20
Suhu	37	Natrium	138
Nadi	80	Glukosa	200
Pernafasan	20	Hematokrit	40
Usia	50	Pao2	100
Riwayat Penyakit Pasien		Sistolik	90
Keganasan	tidak	Efusi Pleura	tidak
Penyakit Hati	iya	Hasil Pemeriksaan	
Penyakit Jantung Kongestif	tidak	Skor Pneumonia	101
Penyakit Serebrovaskular	tidak	Kesimpulan Penyakit Pasien	ringan
Penyakit Ginjal	tidak	Saran Perawatan	Rawat Jalan
Penyakit Gangguan Kesadaran	tidak		

Gambar 2. hasil perhitungan menggunakan metode Tsukamoto [3]

C. Metode Sugeno

Pada penelitian ini menggunakan metode Sugeno orde-satu. Menurut [14] tahapan yang dapat dilakukan untuk metode sugeno adalah sebagai berikut :

- a) Tahapan pertama untuk masing-masing atribut linguistic ditentukan range dan fungsi keanggotaannya.
- b) Tahapan berikutnya adalah untuk mendapatkan aturan implikasi maka menentukan fungsi di konsekuennya.
- c) Tahapan ketiga adalah untuk mendapatkan aturan implikasi *fuzzy* maka setiap atribut linguistik dikombinasikan pada setiap variabel *input*.
- d) Tahapan terakhir sama seperti metode Tsukamoto yaitu melakukan proses defuzzyfikasi (rata-rata terbobot) dari setiap aturan implikasi *fuzzy*.

Berikut hasil keluaran Aplikasi menggunakan metode Sugeno dengan menggunakan data sekunder yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya [4] dapat dilihat pada Gambar 3.

Patient Details Data		Laboratorium Results	
id	354000	PH	7.4
Name	Jaka P	Blood Urea Nitrogen	20
Date of Examination	02 July, 2018 at 02:26 PM	Natrium	135
Temperature	36	Glucose	200
Pulse Rate	110	Hematocrit	40
Respiratory	25	Pao2	70
Age	23	Systolic	90
		pleural effusion	no

Medical Records		Examination's Result	
Disease Level	no	Pneumonia Score	65
Liver Attack	no	Conclusion	light pneumonia
congestive heart Attack	no	treatment advice	outpatient
Serebrovascular Illness	no		
Kidney illness	no		
awareness disorder	yes		

Gambar 3. hasil perhitungan menggunakan metode Sugeno [4]

D. MAPE (Mean Absolute Percent Error)

Langkah penelitian berikutnya setelah didapatkan hasil analisis data untuk setiap metode Tsukamoto dan Sugeno, maka tahapan berikutnya adalah melakukan proses pengukuran akurasi hasil perkiraan dengan MAPE. Tujuan pengukuran MAPE adalah untuk melihat akurasi nilai hasil pengukuran terhadap angka sebenarnya [15]. Formula MAPE didefinisikan sebagai berikut:

$$MAPE = \sum (| \text{Aktual} - \text{Forecast} | / \text{Aktual}) * 100 / n \quad (1)$$

Dengan: Aktual = nilai asli data ke-*i*
 Forecast = nilai ramalan data ke-*i*
n = banyaknya data,

Dengan melakukan perhitungan MAPE untuk semua data maka dapat ditarik kesimpulan yaitu dengan menjadikan nilai persentase untuk masing-masing metode, dan hasil tersebut berdasarkan pengukuran MAPE dapat dikatakan akurat atau mendekati nilai sebenarnya jika nilai persentase yang dihasilkan

memiliki nilai persentase yang kecil. Berikut table range MAPE yang dapat digunakan untuk standar pengukuran mengenai kemampuan dari suatu model peramalan, yang dapat dilihat pada Tabel 1 [16].

Tabel 1. Range nilai MAPE

Range MAPE	Arti
< 10%	Kemampuan model peramalan Sangat Baik
10 – 20%	Kemampuan model peramalan Baik
20 – 50%	Kemampuan model peramalan Layak
>50%	Kemampuan model peramalan Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data variable, himpunan dan nilai domain Fuzzy yang ada pada penelitian [3] dan [4] serta menggunakan skor pneumonia severity index (PSI) yang didapat dari komunitas [17]. Yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat Pneumonia serta jenis pengobatan yang tepat untuk pasien [18]. Berikut table derajat skor risiko PSI berdasarkan Ikatan Dokter Paru Indonesia:

Tabel 2. Tingkat skor resiko psi

Total nilai	Tingkat resiko	Kelompok resiko	Angka kematian	Jenis terapi
Tidak dapat diprediksi	Rendah	I	0.1%	Rawat jalan
< 70	Rendah	II	0.6%	Rawat jalan
70-90	Rendah	III	2.8%	Rawat inap/ Rawat jalan
91-130	Sedang	IV	8.2%	Rawat inap
>130	Tinggi	V	29.2%	Rawat inap

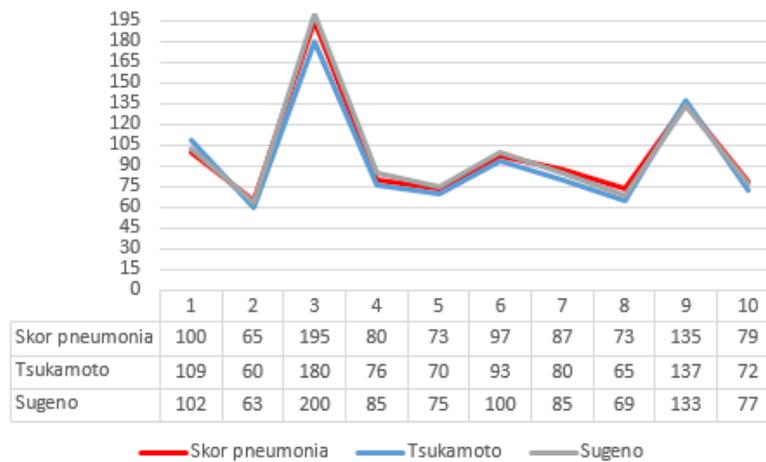
*Data diambil dari panduan Ikatan Dokter Paru Indonesia

Berdasarkan Table 1 maka dapat dilakukan perbandingan data hasil score Pneumonia yang didapatkan dari data sekunder, dengan membandingkan hasil perhitungan dua metode yaitu Tsukamoto dan Sugeno pada Table berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan Output hasil score Pneumonia dengan Tsukamoto dan Sugeno

No	Nama	Skor pneumonia	Tingkat resiko*	Tsukamoto	Sugeno	Mape tsukamoto	Mape Sugeno
1.	Pasien 1	100	Sedang	109	102	9.000	2.000
2.	Pasien 2	65	Rendah	60	63	7.692	3.077
3.	Pasien 3	195	Tinggi	180	200	7.692	2.564
4.	Pasien 4	80	Rendah	76	85	5.000	6.250
5.	Pasien 5	73	Rendah	70	75	4.110	2.740
6.	Pasien 6	97	Sedang	93	100	4.124	3.093
7.	Pasien 7	87	Rendah	80	85	8.046	2.299
8.	Pasien 8	73	Rendah	65	69	10.959	5.479
9.	Pasien 9	125	Sedang	137	133	1.481	1.481
10	Pasien 10	79	Rendah	72	77	8.861	2.532
						6.70%	3.15%

Pada tahap akhir setelah mendapatkan nilai MAPE metode Tsukamoto dan MAPE metode Sugeno dengan menggunakan rumus (1), maka dapat dilakukan evaluasi dengan melihat metode yang paling efektif dengan menggunakan kriteria Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Berikut Gambar 4 adalah perbandingan data dari dua metode dan data actual.



Gambar 4. Perbandingan data dua metode dengan skor pneumonia/data aktual

Dari perbandingan nilai MAPE kedua metode tersebut dan berdasarkan range nilai MAPE di Tabel 1 maka nilai yang dihasilkan kedua nya <10% yang artinya kemampuan model peramalan kedua nya Sangat Baik, berdasarkan sifat dari MAPE yang menentukan nilai terbaik berdasarkan persentase yang terkecil sehingga dapat disimpulkan diantara kedua metode tersebut yang sudah dihitung dalam Tabel 3 maka metode yang paling baik yaitu Sugeno karena menghasilkan nilai persentase yang lebih kecil dari Tsukamoto yaitu sebesar 3.15%, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kasus yang sama penerapan metode Sugeno lebih mendekati hasil data aktual nya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) terhadap kedua metode FIS yang sudah di uji tingkat kevalidan data dari penelitian sebelumnya, maka didapatkan hasil bahwa metode Sugeno menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil dari Tsukamoto yaitu sebesar 3.15% yang arti nya bahwa metode Sugeno hasilnya lebih mendekati score pneumonia/nilai aktual nya.

REFERENSI

- [1] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [2] S. Kusumadewi, *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Tool Box Matlab*, edisi pertama, Jakarta: Graha Ilmu, 2002.
- [3] E. G. Wahyuni and A. Ramadhan, "Aplikasi Diagnosis Tingkatan Pneumonia dan Saran Pengobatan dengan Fuzzy Tsukamoto," *JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi)*, pp. 115-122, 2019.
- [4] E. G. Wahyuni and A. Ramadhan, "Application for the diagnosis of pneumonia based on Pneumonia Severity Index (PSI) values," in *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, Malang, Indonesia, 2018.
- [5] A. Triyanto, F. B. Kesuma and S. Puspasari, "Studi Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Mamdani Untuk Seleksi Pegawai Teladan Pada Pt Gracia Pharmindo," in *STMIK GI MDP*, 2014.
- [6] L. P. Ayuningtias, M. Irfan and Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," *Jurnal Teknik Informatika*, pp. 9-16, 2017.

- [7] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Jurnal Informatika dan Manajemen STMIK*, vol. 11, no. 1, pp. 51-65, 2017.
- [8] D. P. P. Astuti and Mashuri, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor," *UNNES Journal of Mathematics*, vol. 9, no. 2, pp. 74-84, 2020.
- [9] A. Saelan, "Logika Fuzzy," *Makalah If 2091 Struktur Diskrit*, no. 1, 2009.
- [10] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi logika fuzzy untuk mendukung keputusan*, Yogyakarta: Graha ilmu, 2004.
- [11] W. Budiharto and D. Suhartono, *Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya*, Yogyakarta: ANDI, 2014.
- [12] Marimin, *Teori dan aplikasi sistem pakar dalam teknologi manajerial*, Bogor: IPB – Press, 2005.
- [13] A. Triyanto, B. K. Febri and P. Shinta, "Studi Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Mamdani Untuk Seleksi Pegawai Teladan Pada PT Gracia Pharmindo," *Jurnal STMIK GI MDP*, 2010.
- [14] A. H. Agustin, G. K. Gandhiadi and T. B. Oka, "Penerapan Metode Fuzzy Sugeno untuk Menentukan Harga Jual Sepeda Motor Bekas," *E-Jurnal Matematika*, vol. 178, 2016.
- [15] Y. Yudihartanti, "Analisis Komparasi Metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno dalam Penjadwalan Mata Kuliah," *Progresif*, vol. 7, no. 2, pp. 731-780, 2012.
- [16] A. H. Hutasuhut, W. Anggraeni and R. Tyasnurita, "Pembuatan Aplikasi Pendukung Keputusan untuk Peramalan Persediaan Bahan Baku Produksi Plastik Blowing dan Inject Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) di CV. Asia," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 3, no. 2, pp. 169-174, 2014.
- [17] M. Fine, T. Auble, D. Yealy, B. Hanusa, L. Weissfeld, D. Singer, C. Coley, T. Marrie and W. Kapoor, "A prediction rule to identify low-risk patients with community acquired pneumonia," *N Engl J Med*, vol. 336, no. 4, p. 243–250, 1997.
- [18] M. Williams, S. A. Flanders and W. F. Whitcomb, "Comprehensive hospital medicine: an evidence-based approach," *Elsevier Health Sciences*, vol. 273, 2007.