



JURNAL TEKNIK ELEKTRO

P-ISSN : 1411-0059
E-ISSN : 2549-1571

Gedung E11 lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati,
Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229
Telp: +62 24 8508104
Email: jte@mail.unnes.ac.id

Nationally Accredited (SINTA 2), SK: 36/E/KPT/2019

OPEN JOURNAL SYSTEMS

USER

Username

Password

Remember me

NOTIFICATIONS

- View
- Subscribe

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope

All

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals

CURRENT ISSUE

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

HOME ABOUT LOGIN REGISTER SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS

Home > Vol 13, No 1 (2021)

Jurnal Teknik Elektro

Jurnal Teknik Elektro (JTE) is an open access, a peer-reviewed journal published by Electrical Engineering Department, Universitas Negeri Semarang, Indonesia. JTE is published with a frequency of 2 (two) times a year with the amount of volume that varies, [p-ISSN 1411-0059 | e-ISSN 2549-1571]. Articles can be the results of research, scientific studies, and the analysis and solving issues relevant to the field of electrical engineering and computer sciences. It was first published in 2009. In 2019, JTE has been accredited (SINTA 2) by Directorate General of Research Empowering and Developments, Ministry of Research, Technology and Higher Education through SK 36/E/KPT/2019 for the period of 2019-2023. JTE collaborates with Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI).

All submitted articles should report original, previously unpublished research results, experimental or theoretical that are not published and under consideration for publication elsewhere. The publication of submitted manuscripts is subject to peer review. Both general and technical aspects of the submitted paper are reviewed before publication. Manuscripts should follow the style of the journal and are subject to both review and editing. Online submission and publishing system using Open Journal Systems (OJS). Submissions should be made online via JTE submission site. Accepted papers will be available on line and will not be charged a publication fee.

Call for Papers

This journal has been covered by following indexing and abstracting services:



**JURNAL
TEKNIK ELEKTRO**

P-ISSN : 1411-0059
E-ISSN : 2549-1571

Ketenagaan, Elektronika, Instrumentasi, Kendali,
Pengolahan Isyarat, serta Komputer dan Informatika

Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

JTE	Vol.	No.	Hal:	Semarang.	P-ISSN : 1411-0059 E-ISSN : 2549-1571
-----	------	-----	------	-----------	--

Focus and Scope

Editorial Policies

Editorial Team

Peer Reviewer

Author Guidelines

Ethics Statement

Open Access Policy

Important Dates

Online Submissions

Call for Reviewers

Contact Us



Visitors

	255,697		330
	17,993		326
	1,084		291
	941		181
	686		163
	389		158



View My Stats

Pengembang Jurnal

Announcements

Call For Paper 2021

We would like to invite you to contribute your research paper for publication in JTE. Submissions should be made online via JTE [submission site](#). Accepted papers will be available on line and will not be charged a publication fee.

Volume 13 No 1

- We have one article slot available for Volume 13 No 1.
- Fast handling: 6 weeks.
- All authors will be considered as priority for the next publication of JTE.

Volume 13 No 2

- Submission Deadline: 15 October 2021
- Notification of Acceptance: 15 November 2021
- Publish: 20 December 2021

Posted: 2021-06-21

Best Paper and Best Reviewer 2020

Best Paper

JTE would like to thank all the authors for entrusting it with their research works and appreciate their involvement in JTE. The Best Paper 2020 goes to:

Ramadoni Syahputra and Indah Soesanti

"Optimisasi Multi-objektif pada Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dengan Integrasi Pembangkit Terdistribusi Menggunakan Metode Sistem Kekebalan Buatan" (Vol. 12, No. 2, pp. 57-71)

Best Reviewer

JTE would like to thank all reviewers for their effort, time, and expertise made themselves available for the Journal. The Best Reviewer 2020 goes to:

Agus Ulinuha (Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia)

Posted: 2021-04-07

JTE Accreditation

In 2019, JTE has been accredited (SINTA 2) by Directorate General of Research Empowering and Developments, Ministry of Research, Technology and Higher Education through SK 36/E/KPT/2019 for the period of 2019-2023.



Posted: 2020-01-14

[More Announcements...](#)

Vol 13, No 1 (2021): Jurnal Teknik Elektro

Table of Contents

Articles

Optimalisasi Pengereman Regeneratif dengan Perubahan Sudut Eksitasi pada Pulsa Tunggal
Nazila Kusumaningrum, Slamet Riyadi, Leonardus Heru Pratomo, Florentinus Budi Setyawan PDF
1-9

10.15294/jte.v13i1.28600 Views of Abstract: 162 | PDF: 161

Penyelesaian Masalah Economic Dispatch Menggunakan Equilibrium Optimizer
Osea Zebua, I Made Ginarsa, I Made Ari Nrartha PDF
10-17

10.15294/jte.v13i1.28698 Views of Abstract: 82 | PDF: 104

Segmentasi Citra Pembuluh Darah Retina Menggunakan Operasi Morfologi Iteratif PDF
Vita Nurdinawati, Atika Hendryani, Thareq Barasabha 18-24

 10.15294/jte.v13i1.29747  Views of Abstract: 128 | PDF: 96

Strategi Pengisian Baterai pada Sistem Panel Surya Standalone Berbasis Kontrol PI Multi-Loop PDF
Khusnul Hidayat, Mohammad Chasrun Hasani, Nur Alif Mardiyah, Machmud Effendy 25-33

 10.15294/jte.v13i1.29765  Views of Abstract: 177 | PDF: 163

Otomatisasi Sistem Fertigasi Tetes untuk Tanaman Berbasis Mikrokontroler PDF
Iswadi Hasyim Rosma, Dian Yayan Sukma, Ikham Minata Solihin 34-41

 10.15294/jte.v13i1.31123  Views of Abstract: 76 | PDF: 29

Address:

Gedung E11 Lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229.

Telp.: +62248508104

Email: jte@mail.unnes.ac.id



JURNAL TEKNIK ELEKTRO

P-ISSN : 1411-0059
E-ISSN : 2549-1571

Gedung E11 lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati,
Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229
Telp: +62 24 8508104
Email: jte@mail.unnes.ac.id

Nationally Accredited (SINTA 2), SK: 36/E/KPT/2019

OPEN JOURNAL SYSTEMS

USER

Username

Password

Remember me

NOTIFICATIONS

- View
- Subscribe

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope

All

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

[HOME](#) [ABOUT](#) [LOGIN](#) [REGISTER](#) [SEARCH](#) [CURRENT](#) [ARCHIVES](#)
[ANNOUNCEMENTS](#)

Home > About the Journal > Editorial Team

Editorial Team

Editor-in-Chief

1. Aryo Baskoro Utomo, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Associate Editor

1. Esa Apriaskar, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
2. Anan Nugroho, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Editorial Board

1. Prof. Subiyanto Subiyanto, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
2. Dr. Zulfatman Zulfatman, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia
3. Dr. Hanung Adi Nugroho, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (DTETI), Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
4. Dr. Amin Suharjono, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia
5. Dr. Feddy Setio Pribadi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
6. Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
7. Gunawan Gunawan, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

English Proofreader

1. Sita Nurmasitah, Scopus ID: 57201504321 Universitas Negeri Semarang, Indonesia

IT Supports

1. Yoris Adi Maretta, (SINTA ID : 257418, SCOPUS ID: 57192943122) Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Address:

Gedung E11 Lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229.

Telp.: +62248508104

Email: jte@mail.unnes.ac.id

[Focus and Scope](#)

[Editorial Policies](#)

[Editorial Team](#)

[Peer Reviewer](#)

[Author Guidelines](#)

[Ethics Statement](#)

[Open Access Policy](#)

[Important Dates](#)

[Online Submissions](#)

[Call for Reviewers](#)

[Contact Us](#)



[View My Stats](#)

[Pengembang Jurnal](#)



JURNAL TEKNIK ELEKTRO

P-ISSN : 1411-0059
E-ISSN : 2549-1571

Gedung E11 lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati,
Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229
Telp: +62 24 8508104
Email: jte@mail.unnes.ac.id

Nationally Accredited (SINTA 2), SK: 36/E/KPT/2019

OPEN JOURNAL SYSTEMS

USER

Username

Password

Remember me

NOTIFICATIONS

- View
- Subscribe

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope

All

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

[HOME](#) [ABOUT](#) [LOGIN](#) [REGISTER](#) [SEARCH](#) [CURRENT](#) [ARCHIVES](#)

ANNOUNCEMENTS

Home > About the Journal > **People**

People

Peer Reviewer

Prof. Arif Nur Afandi, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Prof. Dr. Arif Muntasa, Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura, Indonesia

Prof. Subiyanto Subiyanto, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Ramadoni Syahputra, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

Dr. Dewa Gede Hendra Divayana, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

Dr. Zulfatman Zulfatman, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

Dr. Hanung Adi Nugroho, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (DTETI), Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Fahmi Fahmi, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Dr. Eng. Rudi Kurnianto, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Dr. Muhammad Suryanegara, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia

Dr. Evizal Abdul Kadir, Universitas Islam Riau, Indonesia

Dr. Achmad Rizal, Telkom University, Bandung, Indonesia

Dr. Awan Uji Krismanto, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

Dr. Agus Ulinuha, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Dr. Adhistrya Erna Permanasari, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Triwiyanto Triwiyanto, Department of Electromedical Engineering, Politeknik Kesehatan Negeri Surabaya, Kementerian Kesehatan Indonesia, Indonesia

Dr. Abdul Muis, Universitas Indonesia, Indonesia

Dr. Supriyanto Praptodiyono, Electrical Engineering Department, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Dr. Nur Uddin, Universitas Pembangunan Jaya, Indonesia

Dr. Dimas Anton Asfani, Electrical Engineering Department of Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Dr. Erwin Susanto, School of Electrical Engineering, Telkom University, Indonesia

Dr. Rini Nur Hasanah, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Indonesia

Dr. Yusnita Rahayu, Universitas Riau, Indonesia

Dr. Maman Abdurrohman, Telkom University, Indonesia

Dr. I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Dr. Vita Lystianingrum, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Dr. Zainul Abidin, Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Indonesia

Dr. Anindita Septiarini, Prodi Ilmu Komputer, Universitas Mulawarman, Indonesia

Dr. Amin Suharjono, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Fitri Maya Puspita, Universitas Sriwijaya, Indonesia

Dr. Samuel Lukas, Universitas Pelita Harapan, Indonesia

Dr. Eng. Mokh. Sholihul Hadi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Dr. Unan Yusmaniar Oktiawati, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Fakhriy Hario Partiansyah, Universitas Brawijaya, Indonesia

Dr. Eng. Tresna Dewi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Dr. Misfa Susanto, Department of Electrical Engineering, the University of Lampung, Indonesia

[Focus and Scope](#)

[Editorial Policies](#)

[Editorial Team](#)

[Peer Reviewer](#)

[Author Guidelines](#)

[Ethics Statement](#)

[Open Access Policy](#)

[Important Dates](#)

[Online Submissions](#)

[Call for Reviewers](#)

[Contact Us](#)



[View My Stats](#)

[Pengembang Jurnal](#)

Dr. Kurnianingsih Kurnianingsih, Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Romi Wiryadinata, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Dr. Mujiono Sadikin, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Dr. Wahmisari Priharti, Telkom University, Indonesia

Dr. Ni Made Ary Esta Dewi Wirastuti, Universitas Udayana, Indonesia

Dr. Sri Ratna Sulistyanti, Dept. of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lampung, Indonesia

Dr. Mohammad Yanuar Hariyawan, Politeknik Caltex Riau, Indonesia

Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro, Politeknik Manufaktur Bandung, Indonesia

Dr. Eni Dwi Wardihani, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Harry Ramza, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

Dr. Feddy Setio Pribadi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Waluyo Waluyo, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Dr.Eng Agus Hendra Wahyudi, Pusat Penerbangan, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Indonesia

Dr. Edhy Sutanta, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Indonesia

Dr. Indah Kurniawati, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

Dr. Anita Ahmad Kasim, Universitas Tadulako, Indonesia

Dr. Adi Wijaya, Departement of Health Information Management, STIKES Indonesia Maju, Indonesia

Dr. Oktariani Nurul Pratiwi, Telkom University, Indonesia

Dr. Ratna Wardani, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Dr. Sutedi Sutedi, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, Indonesia

Dr. Hari Wibawanto, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Teguh Firmansyah, Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Muhammad Arrofiq, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Syah Alam, Universitas Trisakti, Indonesia

M. Reza Hidayat, Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia

Regina Lionnie, Department of Electrical Engineering, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Inung Wijayanto, Telkom University, Indonesia

Erick Paulus, Universitas Padjadjaran, Indonesia

Rolly Maulana Awangga, Politeknik Pos Indonesia, Indonesia

Amrul Faruq, Universitas Muhammadiyah Malang

Ida Wahyuni, Institut Teknologi dan Bisnis Asia, Indonesia

Hadha Afrisal, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Diponegoro, Indonesia

Wijaya Kurniawan, Universitas Brawijaya, Indonesia

Muhammad Ridho Rosa, Telkom University, Indonesia

Riky Tri Yunardi, Universitas Airlangga, Indonesia

Wahri Sunanda, Department of Electrical Engineering, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

Gunawan Gunawan, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

Presa Perdana Surya Saputra, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

Diah Priyawati, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Indonesia

Gembong Edhi Setyawan, Universitas Brawijaya, Indonesia

Ronald Adrian, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Isa Hafidz, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Indonesia

Fahri Firdausillah, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

Fetty Fitriyanti Lubis, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Herman Yuliansyah, Program Studi Informatika, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

Fandy Setyo Utomo, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia

Alexander Setiawan, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia

Muhsin Muhsin, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Indonesia

Mera Kartika Delimayanti, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Wahyu Andhyka Kusuma, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

Adnan Rafi Al Tahtawi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

Kuntoro Adi Nugroho, Departemen Teknik Komputer, Universitas Diponegoro, Indonesia

Tengku Ahmad Riza, Telkom Applied Science Schooll, Telkom University, Indonesia

Dwi Wahyu Prabowo, Universitas Darwan Ali, Indonesia

Yun Tonce Kusuma Priyanto, Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

Anggraini Mulwinda, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Devi Handaya, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Eko Rudiawan Jamzuri, Politeknik Negeri Batam, Indonesia

Hasvienda Mohammad Ridwan, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Jans Hendry, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Jimmy Trio Putra, Department of Electrical Engineering and Informatics, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Suhono Suhono, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Budi Sumanto, Departemen Teknik Elektro dan Informatika (DTEDI), Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Irene Astuti Lazarusli, Universitas Pelita Harapan, Indonesia

Muhammad Ridwan Arif Cahyono, Politeknik Gajah Tunggal, Indonesia

Alfa Faridh Suni, Scopus ID: 57194130896 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Arimaz Hangga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Ahmad Fashiha Hastawan, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Dean Corio, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

Puji Catur Siswipraptini, Institut Teknologi PLN, Indonesia

Riza Alfita, Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Indonesia

Intan Purnamasari, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

Saluky Saluky, IAIN Syekh Nurjati Cirebon, Indonesia

Erika Devi Udayanti, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

Muhammad Rofiq, Institut Teknologi dan Bisnis Asia, Indonesia

Raka Yusuf, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Khoirudin Fathoni, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Itmi Hidayat Kurniawan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

Isnan Nur Rifai, Department of Electrical Engineering and Informatics, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Prima Asmara Sejati, Department of Electrical and Informatics Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Mochammad Iskandar Riansyah, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Indonesia

Address:

Gedung E11 Lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229.

Telp.: +62248508104

Email: jte@mail.unnes.ac.id



JURNAL TEKNIK ELEKTRO

P-ISSN : 1411-0059
E-ISSN : 2549-1571

Gedung E11 lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati,
Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229
Telp: +62 24 8508104
Email: jte@mail.unnes.ac.id

Nationally Accredited (SINTA 2), SK: 36/E/KPT/2019

OPEN JOURNAL SYSTEMS

USER

Username

Password

Remember me

NOTIFICATIONS

- View
- Subscribe

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope

All

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals

CURRENT ISSUE

1.0

2.0

1.0

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

HOME ABOUT LOGIN REGISTER SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS

Home > Archives > Vol 1, No 2 (2009)

Vol 1, No 2 (2009)

Jurnal Teknik Elektro

DOI: <https://doi.org/10.15294/jte.v1i2>

Table of Contents

Articles

ANALISIS KERUGIAN DAYA PADA SALURAN TRANSMISI EHV (EXTRA HIGH VOLTAGE) DI PT. PLN PERSERO PENYALURAN DAN PUSAT PENGATURAN BEBAN JAWA BALI REGIONAL JAWA TENGAH DAN DIY UNIT PELAYANAN TRANSMISI UNGARAN
Fathoni Azis, I Nengah Sumerti, - Ngadirin

[10.15294/jte.v1i2.1591](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1591) Views of Abstract: 653 | PDF: 651

ARESTER SEBAGAI SISTEM PENGAMAN TEGANGAN LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH 20KV
Tri Cahyaningsih, Hamzah Berahim, - Subiyanto

[10.15294/jte.v1i2.1592](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1592) Views of Abstract: 2885 | PDF: 731

ANALISIS PENGARUH KEADAAN SUHU TERHADAP TEGANGAN TEMBUS AC DAN DC PADA MINYAK TRANSFORMATOR
Sugeng Nur Singgih, Hamzah Berahim

[10.15294/jte.v1i2.1593](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1593) Views of Abstract: 7106 | PDF: 1935

SISTEM INFORMASI TRANSAKSIONAL DI SPBU 44-555-13 JL. GODEAN KM. 4.5 YOGYAKARTA dengan VISUAL BASIC 6.0.
Titik Hinayah, Teguh Baratha Adji

[10.15294/jte.v1i2.1594](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1594) Views of Abstract: 1886 | PDF: 384

PENGATURAN SUHU DALAM RUANGAN SECARA DIGITAL
Sakti Nur Huda

[10.15294/jte.v1i2.1595](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1595) Views of Abstract: 1573 | PDF: 506

SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN MESIN INFERENSI FUZZY
Wilis Kaswidjanti

[10.15294/jte.v1i2.1596](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1596) Views of Abstract: 798 | PDF: 490

PERANCANGAN ALAT UKUR IMPEDANSI PEMBUMIHAN
Riana Devi Hamardji Putri

[10.15294/jte.v1i2.1597](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1597) Views of Abstract: 679 | PDF: 319

STUDI KOMPARASI JARINGAN SOFTSWITCH DENGAN JARINGAN PUBLIC SWITCHED TELEPHONE NETWORK (PSTN) DALAM HAL EFISIENSI BANDWIDTH SEBAGAI JARINGAN TELEKOMUNIKASI MASA DEPAN
Catur Hendratmono, - Selo

[10.15294/jte.v1i2.1598](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1598) Views of Abstract: 1809 | PDF: 360

PENGARUH DURASI WAKTU TERHADAP PEMBENTUKAN PAKET CALL DATA RECORD PADA SERVING GPRS SUPPORT NODE DI P.T TELKOMSEL REGIONAL JAWA TENGAH DAN D.I. YOGYAKARTA
Andyan Susilo Wirati, Wahyu Dewanto

[10.15294/jte.v1i2.1599](https://doi.org/10.15294/jte.v1i2.1599) Views of Abstract: 533 | PDF: 142

Address:

Gedung E11 Lantai 1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50229.

Telp.: +62248508104

Email: jte@mail.unnes.ac.id

Focus and Scope

Editorial Policies

Editorial Team

Peer Reviewer

Author Guidelines

Ethics Statement

Open Access Policy

Important Dates

Online Submissions

Call for Reviewers

Contact Us



Visitors

	255,697		330
	17,993		326
	1,084		291
	941		181
	686		163
	389		158



View My Stats

Pengembang Jurnal

SISTEM PAKAR MENGUNAKAN MESIN INFERENSI FUZZY

Wilis Kaswidjanti

Abstrak

Salah satu cara untuk menangani ketidakpastian pada bidang sistem pakar dapat digunakan logika fuzzy, yang juga merupakan salah satu bidang kecerdasan buatan. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dan didasarkan pada bahasa alami. Dengan menggunakan mesin inferensi fuzzy, dapat dibuat aturan-aturan if-then fuzzy untuk menurunkan pernyataan yang bersifat linguistik. Metode defuzzifikasi yang digunakan berbagai metode seperti max-min dan center average.

Kata kunci : *Sistem Pakar, Mesin Inferensi Fuzzy, Metode Defuzzifikasi.*

PENDAHULUAN

Suatu permasalahan dapat dimodelkan secara lengkap dan konsisten. Tapi, pada kenyataannya banyak masalah di dunia ini yang tidak dapat dimodelkan secara lengkap dan konsisten. Salah satu bidang kecerdasan buatan, yaitu sistem pakar, juga mengalami hal tersebut. Sistem Pakar merupakan alat bantu yang berperan sebagai seorang pakar dalam bidang keahlian tertentu. Pada dasarnya sistem pakar terdiri atas 2 bagian utama, yaitu bagian input basis pengetahuan, dan bagian konsultasi. Namun ketika user berkonsultasi, tidak seratus persen apa yang disarankan oleh sistem pakar itu benar, dikarenakan mengandung ketidakpastian pada data dan pengetahuan yang ada. Logika fuzzy, yang juga salah satu bidang dalam kecerdasan buatan, dapat menangani ketidakpastian tersebut.

2. SISTEM PAKAR

2.1 Konsep Dasar Sistem Pakar

Konsep dasar sistem pakar mengandung keahlian (*expertise*), pakar (*expert*), pengalihan keahlian (*transferring expertise*), inferensi (*inferencing*), aturan (*rules*) dan kemampuan menjelaskan (*explanation capability*) [5]. Keahlian (*expertise*) adalah suatu kelebihan penguasaan pengetahuan di bidang tertentu yang diperoleh dari pelatihan, membaca atau pengalaman. Pengetahuan tersebut memungkinkan para ahli untuk dapat mengambil keputusan lebih cepat dan lebih baik daripada seseorang yang bukan ahli. Pakar (*Expert*) adalah seseorang yang mampu menjelaskan suatu tanggapan, mempelajari hal-hal baru seputar topik permasalahan (*domain*), menyusun kembali pengetahuan jika dipandang perlu, memecah

aturan-aturan jika dibutuhkan, dan menentukan relevan tidaknya keahlian mereka. Pengalihan keahlian (*transferring expertise*) dari para ahli ke komputer untuk kemudian dialihkan lagi ke orang lain yang bukan ahli, hal inilah yang merupakan tujuan utama dari sistem pakar. Proses ini membutuhkan 4 aktivitas yaitu :

1. Tambahan pengetahuan (dari para ahli atau sumber-sumber lainnya)
2. Representasi pengetahuan (ke komputer)
3. Inferensi pengetahuan
4. dan pengalihan pengetahuan ke user.

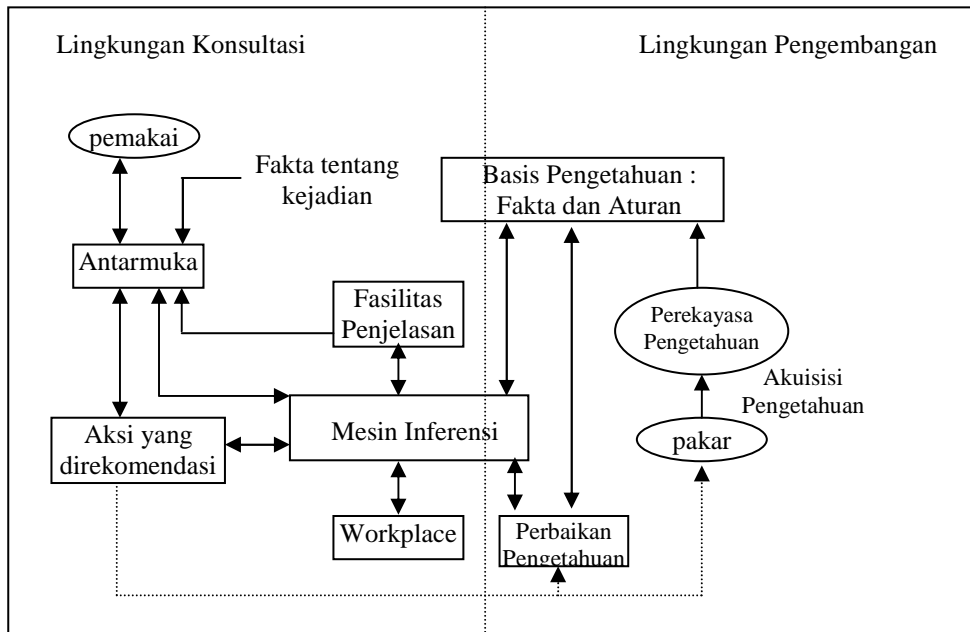
Pengetahuan yang disimpan di komputer disebut dengan nama basis pengetahuan. Ada dua tipe pengetahuan, yaitu fakta dan prosedur (biasanya berupa aturan).

Salah satu fitur yang harus dimiliki oleh sistem pakar adalah kemampuan untuk menalar. Jika keahlian-keahlian sudah tersimpan sebagai basis pengetahuan dan sudah tersedia program yang mampu mengakses basis data, maka komputer harus dapat diprogram untuk membuat inferensi. Proses inferensi ini dikemas dalam bentuk mesin inferensi (*inference engine*).

Sebagian besar sistem pakar komersial dibuat dalam bentuk *rule based systems*, yang mana pengetahuan disimpan dalam bentuk aturan-aturan. Aturan tersebut biasanya berbentuk IF-THEN.

Fitur lainnya dari sistem pakar adalah kemampuan untuk memberikan nasehat atau merekomendasi. Kemampuan inilah yang membedakan sistem pakar dengan sistem konvensional.

2.2 Struktur Sistem Pakar



Gambar 1. Arsitektur Sistem Pakar [5].

Sistem pakar terdiri dari dua bagian pokok [5], yaitu : lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Lingkungan pengembangan digunakan sebagai pembangun sistem pakar baik dari segi pembangun komponen maupun basis pengetahuan. Lingkungan konsultasi digunakan oleh seseorang yang bukan ahli untuk berkonsultasi. Komponen-komponen yang ada pada sistem pakar sebagai berikut (Gambar 1) :

1. Subsistem penambahan pengetahuan (Akuisisi Pengetahuan).

Akuisisi pengetahuan adalah akumulasi, transfer dan transformasi keahlian dalam menyelesaikan masalah dari sumber pengetahuan ke dalam program komputer. Pengetahuan diperoleh dari pakar, dilengkapi dengan buku, basis data, laporan penelitian dan pengalaman pemakai.

2. Basis pengetahuan (*Knowledge Base*)

Basis pengetahuan merupakan bagian yang sangat penting dalam proses inferensi, yang di dalamnya menyimpan informasi dan aturan-aturan penyelesaian suatu pokok bahasan masalah beserta atributnya. Pada prinsipnya, basis pengetahuan mempunyai dua (2) komponen yaitu fakta-fakta dan aturan-aturan.

3. Mesin Inferensi (*Inference Engine*).

Program yang berisi metodologi yang digunakan untuk melakukan penalaran terhadap informasi-informasi dalam basis pengetahuan dan blackboard, serta digunakan untuk memformulasikan konklusi.

4. *Workplace / Blackboard*

Merupakan area dari sekumpulan memori kerja (*working memory*). *Workplace* digunakan untuk merekam kejadian yang sedang berlangsung termasuk keputusan sementara.

5. *Antarmuka (user interface)*

Digunakan untuk media komunikasi antara user dan program.

6. Subsistem penjelasan (*Explanation Facility*)

Explanation Facility memungkinkan pengguna untuk mendapatkan penjelasan dari hasil konsultasi. Fasilitas penjelasan diberikan untuk menjelaskan bagaimana proses penarikan kesimpulan. Biasanya dengan cara memperlihatkan rule yang digunakan.

7. Perbaikan Pengetahuan (*Knowledge Refinement*)

Sistem ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pakar itu sendiri untuk melihat apakah pengetahuan-pengetahuan yang ada masih cocok untuk digunakan di masa mendatang.

2.3 Basis Pengetahuan (*Knowledge base*)

Basis pengetahuan mengandung pengetahuan untuk pemahaman, formulasi, dan penyelesaian masalah. Komponen sistem pakar ini disusun atas dua elemen dasar yaitu fakta dan aturan. Fakta merupakan informasi tentang obyek dalam area permasalahan tertentu, sedangkan aturan merupakan informasi tentang cara bagaimana memperoleh fakta baru dari fakta yang telah diketahui.

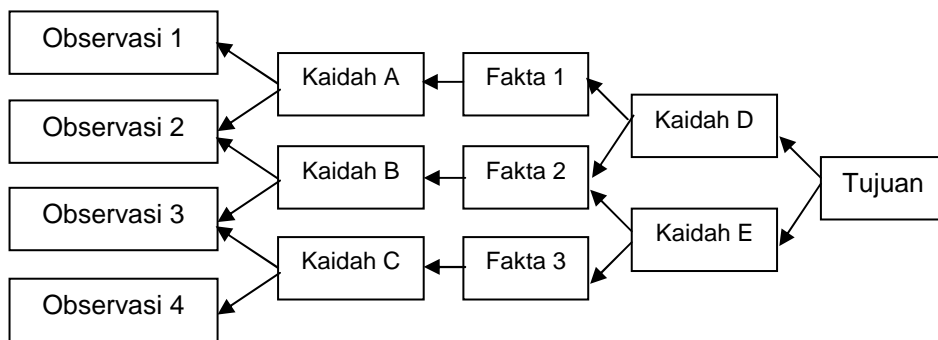
2.4 Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Komponen ini mengandung mekanisme pola pikir dan penalaran yang digunakan oleh pakar dalam menyelesaikan suatu masalah. Mesin inferensi adalah program komputer yang memberikan metodologi untuk penalaran tentang informasi yang ada dalam basis pengetahuan dan dalam *workplace*, dan untuk memformulasikan kesimpulan [5]. Secara deduktif mesin inferensi memilih pengetahuan yang relevan dalam rangka mencapai kesimpulan. Dengan demikian sistem ini dapat menjawab pertanyaan pemakai meskipun jawaban tersebut tidak tersimpulkan secara eksplisit di dalam basis pengetahuan. Mesin inferensi memulai pelacakannya dengan mencocokkan kaidah-kaidah dalam basis

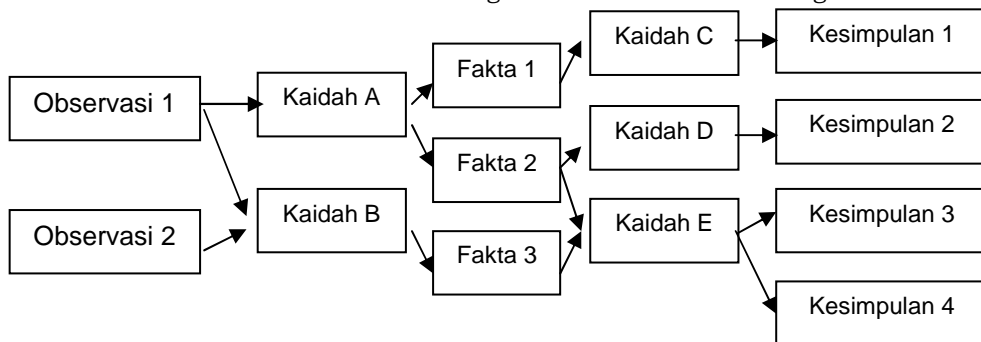
pengetahuan dengan fakta-fakta yang ada dalam basis data.

Karena pengetahuan dalam sistem berbasis pengetahuan diperoleh dari sumber kepakaran termasuk didalamnya pakar (*human expert*), dan banyak pengetahuan pakar yang samar (tidak jelas), maka fakta dan aturan dalam basis pengetahuan mengandung informasi yang tidak jelas [4]. Dalam kasus demikian, proposisi yang digunakan untuk menyusun aturan-aturan dalam basis pengetahuan dinyatakan sebagai proposisi fuzzy dan proses inferensi dilakukan dengan menggunakan logika fuzzy. Proses ini dinamakan inferensi fuzzy.

Terdapat dua pendekatan untuk mengontrol inferensi dalam sistem pakar, yaitu pelacakan ke belakang (*Backward Chaining*) yang memulai penalarannya dari sekumpulan hipotesa menuju fakta yang mendukung hipotesa-hipotesa tersebut (gambar 2), dan pelacakan ke depan (*Forward Chaining*) yang merupakan kebalikan dari pelacakan ke belakang, yaitu memulai dari sekumpulan fakta menuju kesimpulan (gambar 3).



Gambar 2. Diagram Pelacakan ke Belakang



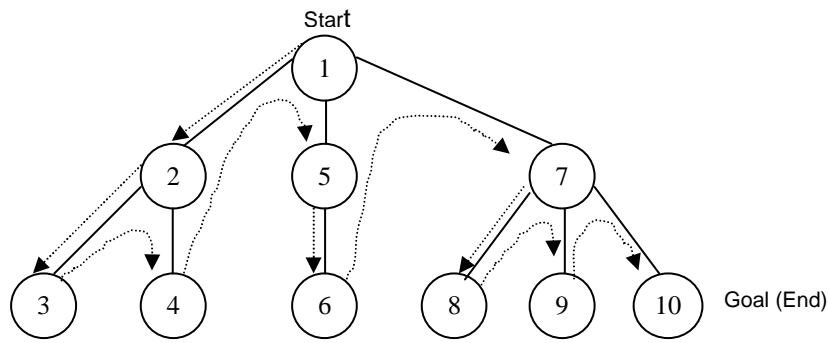
Gambar 3. Diagram Pelacakan ke depan

Kedua metode inferensi tersebut dipengaruhi oleh dua macam penelusuran, yaitu *Depth-first search* dan *Breadth-first search*.

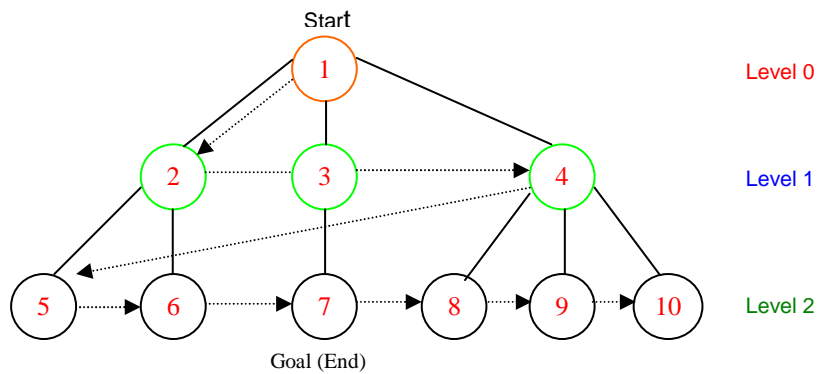
a. *Depth-first search*, melakukan penelusuran kaidah secara mendalam dari simpul akar

bergerak menurun ke tingkat dalam yang berurutan (gambar 4).

b. *Breadth-first search*, bergerak dari simpul akar, simpul yang ada pada setiap tingkat diuji sebelum pindah ke tingkat selanjutnya (gambar 5).



Gambar 4. Diagram Alir Teknik Penelusuran *Depth First Search*



Gambar 5. Diagram Alir Teknik Penelusuran *Breadth First Search*

Dalam memilih apakah akan menggunakan pelacakan ke depan atau pelacakan ke belakang, semuanya bergantung masalah yang akan dibuat sistem pakarnya, dan belum dapat dibuktikan mana yang lebih baik di antara kedua metode inferensi ini. Untuk sebuah sistem pakar yang besar, dengan jumlah rule yang relatif banyak, metode pelacakan ke depan akan dirasakan sangat lamban dalam pengambilan kesimpulan, sehingga untuk sistem-sistem yang besar digunakan metode pelacakan ke belakang.

1.5 Representasi Pengetahuan

Dalam pembangunan sistem pakar, pengetahuan yang telah diekstrak direpresentasikan ke dalam bentuk yang dapat diproses oleh komputer. Terdapat empat teknik

yang telah dibuktikan efektif untuk representasi pengetahuan, yaitu jaringan semantik, bingkai (*Frame*) dan naskah (*script*), serta aturan produksi [1]. Aturan produksi merupakan aturan (*rules*) yang merupakan kalimat kondisional, untuk merepresentasikan *rules of thumb*. Metode aturan produksi biasanya dituliskan dalam bentuk jika-maka (*if-then*). Aturan ini dapat dikatakan sebagai hubungan implikasi dua bagian, yaitu bagian premis (jika) dan bagian konklusi (maka), seperti berikut ini :

Jika (premis/kondisi) Fakta1,
 Fakta2, ...

Maka (konklusi) Fakta9, Fakta10,
 ...

Apabila bagian premis dipenuhi maka bagian konklusi akan bernilai benar. Sebuah aturan

terdiri dari klausa-klausa. Sebuah klausa mirip dengan sebuah kalimat dengan subyek, kata kerja dan obyek yang menyatakan suatu fakta. Suatu aturan juga dapat terdiri dari beberapa premis dan lebih dari satu konklusi. Untuk merumuskan beberapa domain pengetahuan secara akurat diperlukan banyak aturan produksi. Aturan-aturan ini menyediakan rincian obyek, karakteristik, dan tindakan-tindakan yang harus diambil. Untuk dapat meliputi suatu obyek diperlukan banyak rincian aturan. Aturan-aturan ini biasanya saling berkaitan dan saling mengacu. Aturan ini membentuk pangkalan pengetahuan yang kemudian menjadi bagian sistem produksi.

Biasanya pengetahuan diturunkan dalam bentuk pernyataan linguistik dari pakar [4], contoh :

bercak pada daun is sangat banyak

ujung daun kering is banyak

Dalam contoh pertama variabel linguistik “bercak pada daun” memiliki nilai linguistik “sangat banyak”, sedangkan pada contoh kedua, variabel linguistik “ujung daun kering” memiliki nilai linguistik “banyak”. Bagian premis dalam aturan produksi dapat memiliki lebih dari satu proposisi. Proposisi-proposisi tersebut dihubungkan dengan menggunakan operator logika AND atau OR, sebagai contoh :

bercak pada daun is sangat banyak **AND** ujung daun kering is banyak

Aturan produksi digunakan untuk menyatakan hubungan antara dua bentuk pernyataan linguistik yang masing-masing merupakan bagian premis dan konklusi/kesimpulan, sebagai contoh :

IF bercak pada daun is sangat banyak **AND** ujung daun kering is banyak

THEN penyakit bercak ungu is puso

3. INFERENSI FUZZY

Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh professor Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. Logika fuzzy merupakan generalisasi dari logika klasik yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1. Dalam logika fuzzy, nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. Dengan teori himpunan fuzzy, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan. Konsep ini berbeda dengan teori himpunan biner (crisp). Teori himpunan biner tergantung pada logika dua-nilai

(two-valued logic) untuk menentukan apakah sebuah objek merupakan suatu anggota himpunan atau bukan [3]. Berikut adalah konsep-konsep dalam logika fuzzy.

3.1 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah kurva yang mendefinisikan bagaimana masing-masing titik dalam ruang input dipetakan ke dalam nilai keanggotaan (derajat keanggotaan) antara 0 dan 1. Fungsi keanggotaan μ memetakan elemen x dari himpunan semesta X ke sebuah bilangan $\mu(x)$, yang menentukan derajat keanggotaan dari elemen dalam himpunan fuzzy A .

$$A = \{x, \mu_A(x) \mid x \in X\}$$

Berdasarkan Klir & Bo (1995), kisaran nilai fungsi keanggotaan yang paling umum digunakan adalah interval $[0, 1]$. Dalam kasus ini, masing-masing fungsi keanggotaan memetakan elemen-elemen dari himpunan semesta X yang diberikan, yang selalu merupakan suatu himpunan crisp, ke dalam bilangan nyata dalam interval $[0, 1]$.

3.2 Operasi Dasar dalam Himpunan Fuzzy

Terdapat 3 operasi dasar dalam himpunan fuzzy yaitu komplemen (*complement*), irisan (*intersection*), dan gabungan (*union*) [6]. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy baru yang dihasilkan dari operasi-operasi tersebut diberikan dalam tabel 1,

Tabel 1. Operasi-operasi dasar dalam himpunan fuzzy

Operasi	Fuzzy keanggotaan
Complement	$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x)$
Intersection	$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)]$
Union	$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Dimana A dan B adalah himpunan fuzzy, $x \in X$.

3.3 Variabel Linguistik

Suatu variabel linguistik adalah sebuah variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata dalam bahasa alamiah [6]. Setiap variabel linguistik berkaitan dengan sebuah fungsi keanggotaan. Sebagai contoh, orang dapat menyatakan sebagai variabel linguistik yang memiliki nilai-nilai linguistik seperti muda, pertengahan, tua dan sangat tua dengan fungsi keanggotaan untuk semua umur di antara 10 dan 100 ditunjukkan dalam Gambar 6.

Gambar 6. Contoh Fungsi Keanggotaan
 Definisi formal dari variabel linguistik diberikan sebagai berikut [6] :

Sebuah variabel linguistik ditentukan oleh (X,T,U,M) , dengan

- a. X adalah nama dari variabel linguistik,
- b. T adalah himpunan nilai-nilai linguistik yang dapat diambil oleh X,
- c. U adalah domain fisik aktual dimana variabel linguistik X mengambil nilai-nilai kuantitatifnya (crisp),
- d. M adalah suatu aturan semantik yang menghubungkan masing-masing nilai linguistik dalam T dengan suatu himpunan fuzzy dalam U.

Dari contoh di atas diperoleh :

- a. X adalah umur orang,
- b. $T = \{muda, pertengahan, tua, sangat\ tua\}$,
- c. $U = [0, 100]$,
- d. M menghubungkan “muda”, “pertengahan”, “tua”, “sangat tua” dengan fungsi keanggotaan seperti dalam gambar 6.

3.4 Aturan IF-THEN Fuzzy

Logika fuzzy menggunakan himpunan fuzzy dalam merepresentasikan dan memanipulasi informasi yang samar (tidak jelas) untuk keperluan penarikan kesimpulan. Proses penarikan kesimpulan dengan menggunakan logika fuzzy dinamakan inferensi fuzzy.

Sistem berbasis pengetahuan atau sistem berbasis aturan dimana basis pengetahuannya direpresentasikan sebagai sekumpulan aturan produksi yaitu aturan-aturan IF-THEN fuzzy dinamakan sistem fuzzy [6]. Aturan IF-THEN fuzzy adalah pernyataan IF-THEN dimana beberapa kata-kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan. Aturan

- Aturan 1 : IF x_1 is A_1^1 and x_2 is A_2^1 and ... and x_n is A_n^1 THEN y is B^1
 - Aturan 2 : IF x_1 is A_1^2 and x_2 is A_2^2 and ... and x_n is A_n^2 THEN y is B^2
 - ...
 - Aturan M : IF x_1 is A_1^M and x_2 is A_2^M and ... and x_n is A_n^M THEN y is B^M
- Fakta : x_1 is A_1' and x_2 is A_2' and ... and x_n is A_n'
-
- Kesimpulan : y is B

Terdapat empat tahap dalam pembangunan sistem fuzzy, yaitu fuzzifikasi, inferensi, komposisi, dan defuzzifikasi (Gambar 7) [2].

produksi fuzzy adalah relasi fuzzy antara dua proposisi fuzzy. Aturan tersebut dinyatakan sebagai berikut :

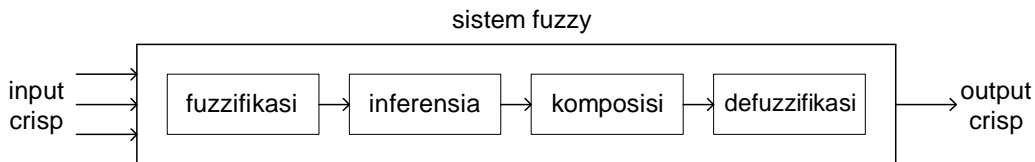
IF <proposisi fuzzy 1> THEN <proposisi fuzzy 2>

Bagian IF dari aturan yaitu proposisi 1 dinamakan antecedent atau premis, sedangkan bagian THEN dari aturan yaitu proposisi 2 dinamakan consequent atau kesimpulan. Proposisi fuzzy adalah proposisi yang memiliki derajat kebenaran yang dinyatakan oleh suatu bilangan dalam interval $[0,1]$, dimana benar dinyatakan oleh nilai 1 dan salah dinyatakan oleh nilai 0 [3]. Premis dari aturan fuzzy dapat memiliki lebih dari satu bagian. Semua bagian dari premis dihitung secara simultan dan diselesaikan untuk sebuah nilai tunggal dengan menggunakan operator fuzzy dalam himpunan fuzzy.

Secara khusus, basis aturan fuzzy terdiri dari aturan-aturan IF-THEN fuzzy berikut :

$$R_U^{(k)} = \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^k \text{ and ... and } x_n \text{ is } A_n^k \text{ THEN } y \text{ is } B^k \tag{1}$$

Dimana A_i^k dan B^k berturut-turut adalah himpunan fuzzy dalam $U_i \subset R$ dan $V \subset R$ (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$, dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$ dan $y \in V$ berturut-turut adalah variabel input dan output (linguistik) dari sistem fuzzy. Misalkan M adalah banyaknya aturan dalam basis aturan fuzzy, yaitu $k = 1, 2, \dots, M$ dalam persamaan (1). Skema umum penentuan kesimpulan dari M aturan dinyatakan dalam bentuk



Gambar 7. Empat tahap dalam pembangunan sistem fuzzy

Fuzzifikasi

Dalam fuzzifikasi, variabel input (crisp) dari sistem fuzzy ditransfer ke dalam himpunan fuzzy untuk dapat digunakan dalam perhitungan nilai

kebenaran dari premis pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai.

Setelah fungsi keanggotaan dari nilai-nilai crisp ditentukan, selanjutnya nilai kebenaran dari premis dihitung. Premis dari aturan dapat terdiri dari lebih dari satu proposisi yang dihubungkan dengan operasi seperti konjungsi (AND) dan disjungsi (OR). Untuk menghitung nilai kebenaran premis, operator fuzzy digunakan untuk memperoleh satu bilangan yang merepresentasikan hasil dari premis. Jika sebuah premis dari suatu aturan memiliki derajat kebenaran tidak nol maka aturan dikatakan terpicu (*fired*).

3.6 Inferensi

Inferensi diimplementasikan untuk masing-masing aturan dalam basis pengetahuan. Dalam inferensi, nilai kebenaran premis dari aturan-aturan yang terpicu digunakan untuk menentukan nilai kebenaran bagian kesimpulan dari aturan yang terpicu. Dengan demikian input untuk proses inferensi adalah nilai yang diberikan oleh premis, dan output adalah suatu himpunan fuzzy. Metode yang biasa digunakan dalam proses inferensi adalah *min* dan *product* [2]. Dalam metode inferensi min, fungsi keanggotaan output dipotong pada ketinggian fungsi yang disesuaikan dengan nilai kebenaran dari premis. Dalam metode inferensi product, fungsi keanggotaan output diberi skala sesuai dengan nilai kebenaran dari premis [2].

3.7 Komposisi

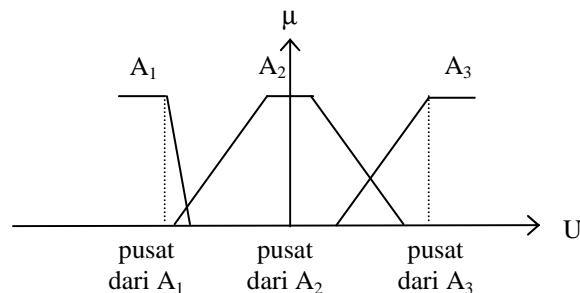
Komposisi adalah proses dimana himpunan fuzzy yang menyatakan output dari setiap aturan dikombinasikan bersama ke dalam sebuah himpunan fuzzy. Metode komposisi yang umum digunakan adalah *max* (*maximum*) dan *sum*. Dalam komposisi max, himpunan fuzzy untuk output ditentukan dengan mengambil titik maksimum dari semua himpunan fuzzy yang dihasilkan oleh proses inferensi untuk masing-masing aturan. Dalam komposisi sum, himpunan fuzzy untuk output ditentukan dengan mengambil penjumlahan titik dari semua himpunan fuzzy yang dihasilkan oleh proses inferensi untuk masing-masing aturan.

3.8 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi sebagai suatu pemetaan dari himpunan fuzzy B^k dalam $V \subset R$ (yang merupakan output dari inferensi fuzzy) ke titik crisp $y^* \in V$ [6]. Terdapat tiga teknik yang paling umum digunakan yaitu *center of gravity* (*centroid*) *defuzzifier*, *center average defuzzifier*, dan *maximum defuzzifier*. Dalam *center of gravity*

(*centroid*) *defuzzifier*, nilai crisp dari variabel output dihitung dengan menemukan nilai variabel dari pusat gravitasi dari fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy. Dalam *maximum defuzzifier*, salah satu dari nilai-nilai variabel dimana subset fuzzy memiliki nilai kebenaran maksimum dipilih sebagai nilai crisp untuk variabel output. *Center average defuzzifier* adalah metode yang umum digunakan dalam sistem fuzzy dan kontrol fuzzy [6].

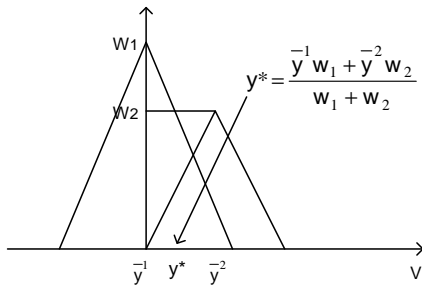
Metode *center average defuzzifier* menggunakan nilai pusat (*center*) dan tingginya (*height*) dari himpunan fuzzy dalam menentukan nilai crisp hasil. Pusat dari suatu himpunan fuzzy didefinisikan sebagai berikut : jika nilai titik tengah dari semua titik dimana fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy mencapai nilai maksimumnya adalah berhingga, maka didefinisikan nilai titik tengah tersebut sebagai pusat dari himpunan fuzzy; jika nilai titik tengah adalah bilangan positif (negatif) tak berhingga, maka pusat didefinisikan sebagai nilai terkecil (terbesar) di antara semua titik yang mencapai nilai keanggotaan maksimum [6]. Gambar 8 menunjukkan pusat dari beberapa himpunan fuzzy. Tinggi dari suatu himpunan fuzzy adalah nilai keanggotaan terbesar yang dicapai oleh suatu titik. Jika tinggi dari himpunan fuzzy adalah 1, maka himpunan fuzzy tersebut dikatakan himpunan fuzzy normal.



Gambar 8. Pusat dari himpunan fuzzy
 Secara khusus, misalkan y^k adalah pusat dari himpunan fuzzy ke-k dan w_k adalah tingginya, *center average defuzzifier* menentukan y^* sebagai

$$y^* = \frac{\sum_{k=1}^M y^k w_k}{\sum_{k=1}^M w_k} \quad (2)$$

Gambar 9 mengilustrasikan operasi ini secara grafis untuk contoh yang sederhana dengan banyaknya aturan $M=2$,



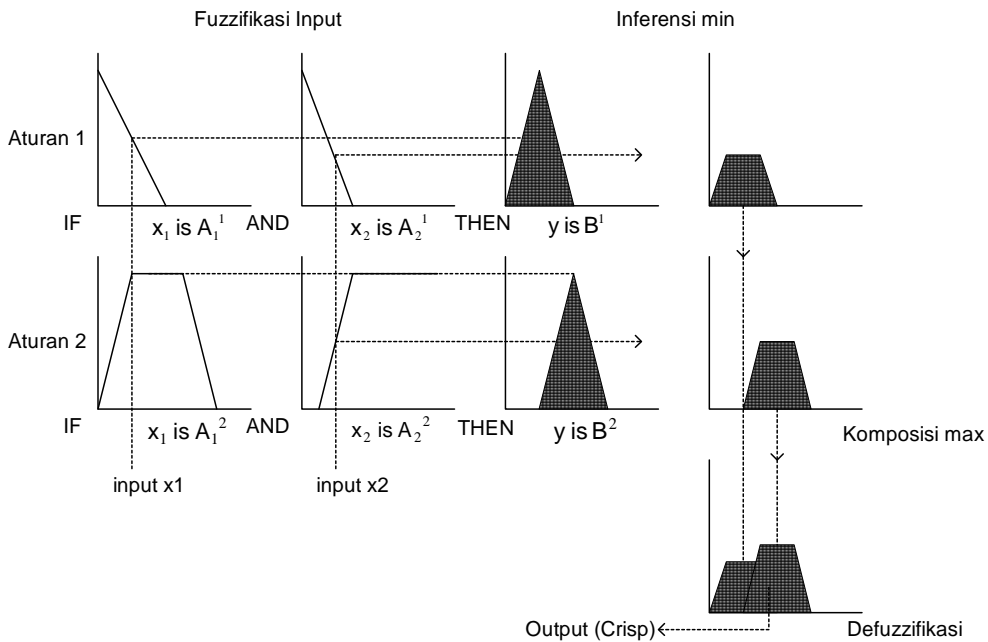
Gambar 9. Representasi grafis dari *center average defuzzier*

Variabel input dalam sistem fuzzy dinyatakan dalam nilai crisp. Sebagai gambaran, diberikan dua aturan IF-THEN fuzzy berikut :

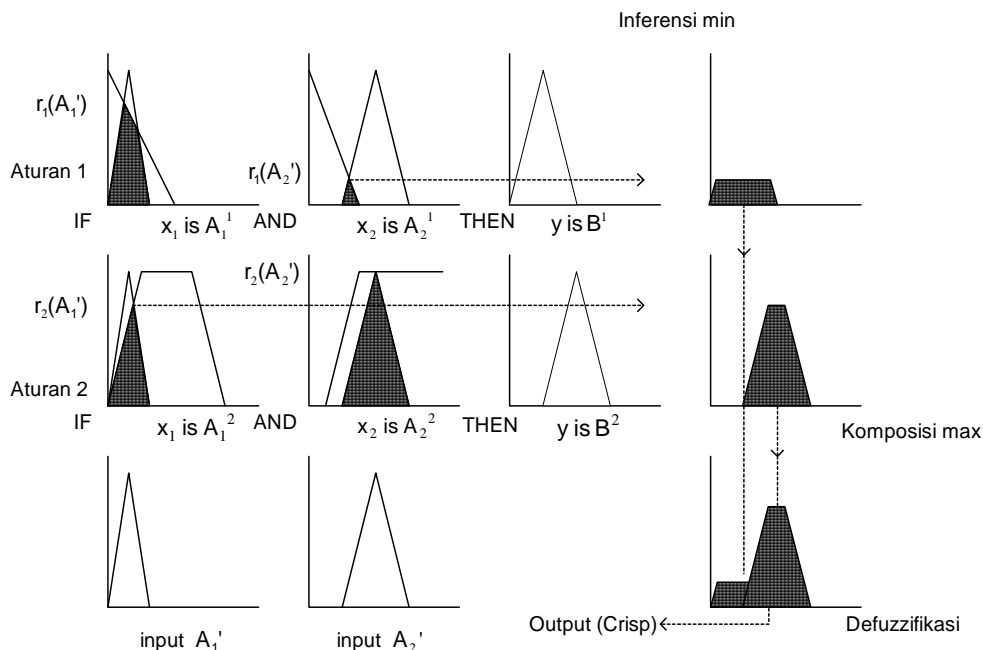
- Aturan 1 : IF x_1 is A_1^1 and x_2 is A_2^1 THEN y is B^1
- Aturan 2 : IF x_1 is A_1^2 and x_2 is A_2^2 THEN y is B^2

Sistem fuzzy akan menentukan himpunan fuzzy B' untuk input nilai crisp atau himpunan fuzzy A_1' dan A_2' yang diberikan. Untuk input nilai crisp, kesimpulan diperoleh melalui empat tahap yaitu fuzzifikasi, inferensi *min*, komposisi *max*, dan defuzzifikasi, seperti diilustrasikan dalam Gambar 10. Sedangkan untuk input himpunan fuzzy, kesimpulan diperoleh melalui tahap-tahap yaitu penentuan derajat konsistensi (*degree of consistency*) antara fakta yang diberikan dan bagian premis dari setiap aturan, inferensi *min*, komposisi *max*, dan defuzzifikasi, seperti diilustrasikan dalam Gambar 11. Derajat konsistensi antara fakta yang diberikan dan bagian premis dari setiap aturan, $r_k(A_i')$ untuk $k = 1, 2; i = 1, 2$, adalah tinggi perpotongan dari himpunan fuzzy A_i' dengan A_i^k (Klir & Bo, 1995).

$$r_k(A_i') = h(A_i' \cap A_i^k).$$



Gambar 10. Penentuan kesimpulan dalam sistem fuzzy dua aturan IF-THEN fuzzy untuk input nilai crisp.



Gambar 11. Penentuan kesimpulan dalam sistem fuzzy dua aturan IF-THEN fuzzy untuk input himpunan fuzzy.

5. PENUTUP

Data-data yang tidak tepat dapat ditoleransi dengan menggunakan logika fuzzy. Oleh karena itu dalam pengembangan sistem pakar dapat digunakan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian yang terjadi. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami, oleh sebab itu logika fuzzy lebih dekat pada masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam pembangunan sistem fuzzy ada empat tahapan yang dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti metode fuzzifikasi, inferensi, komposisi dan defuzzifikasi. Metode-metode tersebut dapat diterapkan tergantung masalah yang dihadapi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Firebaugh M. W., 1989, *Artificial Intelligence. A Knowledge-Based Approach*, PWS-Kent Publishing Company, Boston.

[2] Havinga H.N.J, van der Veer P., Brouwer, J. Cser., 1999, *Fuzzy Logic*, Technical Report. Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Netherlands.

[3] Klir, G. J & Y. Bo., 1995, *Fuzzy Set and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice-Hall International, Inc, New Jersey.

[4] Negoita, C. V., 1985, *Expert Systems and Fuzzy Systems*. The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc. California.

[5] Turban, Efraim, 1995, *Decision Support System and Expert System*, 4th ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp 472-679

[6] Wang, L. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.

Biografi

Wilis Kaswidjanti, dosen Jurusan Teknik Informatika UPN "Veteran" Yogyakarta
 e-mail : wilis@if.upnyk.ac.id