



**IMPLEMENTASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM*
MENGUNAKAN METODE MAMDANI DALAM
MENENTUKAN LAJU DOSIS RADIASI DI
LABORATORIUM FISIKA MEDIK UNNES**

Skripsi
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

oleh
Riameinda Br. Bangun
4211412014

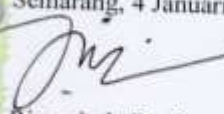
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.



Semarang, 4 Januari 2017


Riameinda Br. Bangun

4211412014

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Implementasi *Fuzzy Inference System* Menggunakan Metode Mamdani dalam
Menentukan Laju Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes

Disusun oleh

Riameinda Br. Bangun

4211412014

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES
pada tanggal 4 Januari 2017.



Zaenuri, S.E., M.Si., Akt

NIP. 195412231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Limwih, M.Si.

NIP.196807221993031005

Ketua Penguji

Prof. Dr. Sutikno, S.T., M.T.

NIP. 197411201999031003

Anggota Penguji/

Pembimbing 1

Prof. Dr. Sisilo, M.S

NIP. 195208011976031006

Anggota Penguji/

Pembimbing 2

Dr. Sujarwata, M.T.

NIP. 196101041989031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- “Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan shalat, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.” (Al-Baqarah: 153)
- “Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain.” (HR Qudha’i dari Jabir Ra)
- “Apabila telah di tunaikan shalat, maka bertebarlah kamu di muka bumi, dan carilah karunia Allah dan ingatlah Allah banyak-banyak supaya kamu beruntung.” (QS. Al-Jumu’ah 10)

Atas anugrah Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk

1. Bapak dan ibu yang telah menyayangi, memotivasi, dan mendo’akan saya.
2. Adik-adikku
3. Bapak-Ibu guru dan Bapak-Ibu dosen
4. Sahabat-sahabat.
5. Almamaterku

PRAKATA

Puji syukur senantiasa tercurahkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Implementasi *Fuzzy Inference System* Menggunakan Metode Mamdani dalam Menentukan Laju Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes”. Saya menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si,Akt., dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
4. Prof. Dr. Susilo, M.S., Pembimbing I yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan selalu memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Dr. Sujarwata, M.T., Pembimbing II yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan selalu memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Prof. Dr. Sutikno, S.T., M.T., Penguji yang telah menguji seperti dosen pembimbing, banyak memberikan pengetahuan dan saran yang membangun.
7. Dr. Ngurah Made Darma Putra, M.Si., Kepala Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang.

8. Roudhotul Muttaqin S.Si, Wasi Sakti Wiwit P, S.Pd, dan Natalia S.Pd teknisi Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang yang telah membantu dalam penelitian.
9. Bapak, Ibu tercinta dan terkasih yang merawat, membesarkan, dan mendidik dengan penuh kasih sayang.
10. Ketiga adikku Yuri, Amar dan Rifki yang selalu menyemangatiku.
11. Sahabat terkasih Heri Fadli yang tak lelah memberi motivasi, dukungan dan saran untukku selama penyusunan skripsi.
12. Sahabat-sahabatku Osi, Esti, Afif, Yesika, itsna, Pamungkas, Ivan, Aji, Margi, Yui, Dani, Rohmad dan Tiko yang telah membantu dalam penelitian dan tak lelah memberi semangat untukku.
13. Teman-teman Fisika Medik yang selalu memberi semangat dan membantu selama penelitian.
14. Teman-teman Fisika angkatan 2012 yang selalu menjadi teman diskusi.
15. Semua pihak yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini.

Saya menyadari keterbatasan kemampuan yang dimiliki sehingga skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca. Amin.

Penulis

ABSTRAK

Bangun, R. B. 2016. Implementasi *Fuzzy Inference System* Menggunakan Metode Mamdani dalam Menentukan Laju Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Susilo, M.S, Dr. Sujarwata, M.T.

Kata Kunci: Sinar-X, Laju dosis radiasi, *fuzzy*, Mamdani.

Penelitian ini membahas tentang besar laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes dan penerapan *fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi. Penelitian ini bertujuan mempermudah pekerja radiasi dalam memperoleh besar laju dosis radiasi tanpa melakukan pengukuran menggunakan *surveymeter*. Pengukuran besar laju dosis dilakukan sebagai data uji pada sistem dan informasi untuk membangun aturan pada *fuzzy inference system* yang akan dibuat. Pengukuran laju dosis dilakukan dengan menggunakan variasi tegangan yaitu 40 kV, 65 kV dan 80 kV. Variasi arus yaitu 16 mA, 63 mA dan 100 mA. Ketinggian yaitu 50 cm, 75 cm dan 150 cm. Sumbu x yaitu -140 cm, 0 cm dan 140 cm. Sumbu y yaitu -100 cm, 0 cm dan 100 cm. Besar tegangan dan arus sebanding dengan besar laju dosis yang dihasilkan, sedangkan untuk ketinggian dan koordinat objek pada ruang Laboratorium Fisika Medik berbanding terbalik yaitu semakin jauh jaraknya maka laju dosis akan semakin kecil. *Fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi telah dibangun menggunakan fasilitas *Fuzzy Logic Toolbox* pada Matlab R2014a. Sistem ini menggunakan metode Mamdani dengan *defuzifikasi centroid*. Variabel input pada *fuzzy inference system* yang dibangun adalah tegangan, arus, ketinggian dan koordinat ruang Laboratorium Fisika Medik yaitu sumbu x dan sumbu y, sedangkan variabel outputnya berupa laju dosis. Analisis manual pada sistem yang telah dibangun menggunakan kasus tegangan 40 kV, arus 16 mA, ketinggian 75 cm dan sumbu x 0 cm dan sumbu y 0 cm menghasilkan laju dosis sebesar 5717.87 $\mu\text{Sv/h}$. Dari analisis manual diketahui bahwa *fuzzy inference system* yang telah dibangun memiliki prosedur penyelesaian yang sesuai. Kelayakan sistem juga telah di uji menggunakan standar ukuran akurasi MAPE dengan hasil 9.03%. Dapat disimpulkan *fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi dikatakan layak untuk digunakan.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG	i
PERNYATAAN	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB	
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Radiasi	7
2.2 Besaran dan Satuan Radiasi	8
2.2.1 Nilai Paparan (<i>Exposure</i>)	8
2.2.2 Dosis Serap	9
2.2.3 Dosis Ekuivalen	9
2.2.4 Laju Dosis	11
2.3 <i>Surveymeter</i>	11
2.4 Sinar-X	14

2.5 Pesawat Sinar-X	17
2.5.1 Tabung Sinar-x	17
2.5.2 Generator Sinar-x	18
2.6 <i>Fuzzy logic</i>	20
2.7 Himpunan <i>Fuzzy</i>	21
2.8. Fungsi Keanggotaan	23
2.8.1 Representasi Linear	23
2.8.2 Representasi Kurva Segitiga	25
2.8.3 Representasi Kurva Trapesium	26
2.8.4 Representasi Kurva Gaussian	26
2.9 Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	27
2.10. Fungsi Implikasi	28
2.10.1 Min (<i>Minimum</i>)	29
2.10.2 Dot (<i>Product</i>)	29
2.11 <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS)	30
2.12 <i>Matrix Laboratory</i>	33
2.13 Ukuran Ketepatan Nilai Prediksi	34
3. METODE PENELITIAN	36
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2 Prosedur Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan	37
3.3.1 Alat Penelitian	37
3.3.2 Bahan Penelitian	39
3.4 Metode Penelitian	39
3.4.1 Pengukuran Laju Dosis	39
3.4.2 Membangun <i>Fuzzy Inference System</i>	40
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Besar laju dosis radiasi	42
4.2 Pembahasan Analisis <i>Fuzzy Inference System</i> Mamdani	45
4.3 <i>Fuzzy Inference System</i>	52
4.3.1 Perancangan Desain Program Penentuan Laju Dosis	58

4.3.2 Pengujian Data	61
5. PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Faktor bobot radiasi dari berbagai jenis radiasi	10
4.1 Hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik menggunakan <i>surveymeter</i> analog	43
4.2 Hasil prediksi laju dosis menggunakan <i>fuzzy inference system</i>	57
4.3 Properti dan <i>setting</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kontruksi <i>surveymeter</i>	12
2.2 <i>Surveymeter</i> detektor isian gas proporsional, ruang ionisasi dan Geiger Muller	12
2.3 Skema detektor isian gas	13
2.4 <i>Surveymeter</i> Ludlum Model 6 Sn 298138 tampak luar dan dalam	14
2.5 Tabung sinar-x	15
2.6 Rangkaian pesawat sinar-x	17
2.7 Rangkaian generator sinar-x	18
2.8 Pesawat sinar-x <i>merk/type</i> Mednif SF100BY	20
2.9 Himpunan <i>fuzzy</i> variabel jarak	22
2.10 Representasi himpunan <i>fuzzy</i> linear naik	24
2.11 Rpresentasi himpunan <i>fuzzy</i> linear turun	24
2.12 Representasi kurva segitiga	25
2.13 Representasi kurva trapezium	26
2.14 Grafik representasi kurva <i>Gaussian</i>	27
2.15 Contoh fungsi implikasi Min	29
2.16 Contoh fungsi implikasi Dot	29
3.1 Diagram alir tahapan penelitian	37
3.2 Bagian dari pesawat sinar x	38
3.3 <i>Surveymeter</i> analog	38
3.4 Koordinat sumbu x dan y pada ruang Lab. Fisika Medik	39
4.1 Ilustrasi hasil komposisi aturan menggunakan metode Max	51
4.2 Variabel output FIS yang telah dibangun pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014	53
4.3 Variabel tegangan pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014a	53
4.4 Variabel arus pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014a	54

4.5 Variabel ketinggian pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014a	54
4.6 Variabel sumbu x pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014a	54
4.7 Variabel sumbu y pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014a	55
4.8 Fuzzy rule viewer laju dosis pada <i>fuzzy logic toolbox</i> Matlab R2014	56
4.9 Desain <i>interface form</i> menentukan laju dosis radiasi menggunakan <i>fuzzy inference system</i>	58
4.10 Tampilan dari desain program penentuan laju dosis radiasi menggunakan <i>fuzzy inference system</i>	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik ...	68
2. Rumus fungsi keanggotaan variabel Tegangan	79
3. Rumus fungsi keanggotaan variabel Arus	80
4. Rumus fungsi keanggotaan variabel Ketinggian	80
5. Rumus fungsi keanggotaan variabel Sumbu-x	81
6. Rumus fungsi keanggotaan variabel Sumbu-y	81
7. Rumus fungsi keanggotaan variabel Laju Dosis	82
8. Perhitungan menentukan nilai μ pada kasus	84
9. Ilustrasi fungsi implikasi Min dalam menentukan α - predikat	85
10. Perhitungan menentukan nilai $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6,$ dan a_7 pada komposisi aturan	89
11. Perhitung integral untuk mencari nilai Z_0 pada tahap defuzzifikasi ...	91
12. Aturan <i>fuzzy logic</i>	96
13. Persentase error pengukuran laju dosis dengan prediksi nilai laju dosis dengan <i>fuzzy inference system</i> menggunakan Matlab R2014a ...	125
14. M-file menentukan laju dosis radiasi menggunakan <i>fuzzy inference system</i> dengan GUI Matlab	130
15. Dokumentasi penelitian	140

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiasi sinar-x adalah pancaran gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek. Radiasi ini memiliki sifat dengan daya tembus yang besar. Sinar-x pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895 (Tipler,2001: 641-642). Seiring dengan perkembangannya, radiasi sinar-x banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan diantaranya bidang kesehatan, perindustrian, keamanan, riset alamiah dan bidang pertanian.

Radiasi sinar-x merupakan salah satu radiasi pengion. Selain mempunyai manfaat untuk kehidupan manusia, radiasi ini juga mempunyai efek negatif. Efek negatif dari radiasi ini dapat dilihat dari besar laju dosis yang dihasilkan. Besar laju dosis biasanya diukur menggunakan *surveymeter*. Menurut Ross, sebagaimana dikutip oleh Park *et al.*, (2014) menyatakan bahwa efek radiasi pengion pada individu yang sehat tergantung pada total laju dosis dan dosis paparan radiasi. Dosis radiasi pengion yang tinggi pada umumnya dianggap merugikan, karena dapat menyebabkan *apoptosis*, kerusakan DNA, dan transformasi sel menjadi tumor sel. Informasi mengenai laju dosis radiasi dan paparan radiasi menjadi penting untuk diketahui guna meningkatkan kewaspadaan mengenai efek negatif dari radiasi sinar-x.

Penggunaan radiasi sinar-x di Laboratorium Fisika Medik Unnes dapat dikatakan memiliki frekuensi yang cukup tinggi. Penggunaan faktor eksposi dan

jarak pekerja radiasi terhadap sumber radiasi sinar-x yang berbeda-beda mengakibatkan laju dosis dan paparan radiasi yang akan diterima pekerja radiasi juga berbeda. Informasi besar laju dosis pernah diteliti oleh Aryawijayanti *et al.*, (2015) yaitu mengenai pemetaan persebaran laju dosis di Laboratorium Fisika Medik Unnes. Penelitian tersebut hanya meneliti tentang faktor jarak terhadap laju dosis radiasi yang dihasilkan, sedangkan untuk faktor eksposi yang digunakan tetap. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penggunaan radiasi sinar-x di Laboratorium Fisika Medik Unnes tidak hanya menggunakan variasi jarak tetapi juga menggunakan variasi faktor eksposi dalam memanfaatkan radiasi sinar-x, sehingga diperlukan informasi mengenai laju dosis radiasi yang lebih lengkap.

Informasi laju dosis yang lebih lengkap dapat dilakukan dengan menggunakan suatu prediksi. Penggunaan prediksi dalam menentukan laju dosis juga diharapkan dapat mempermudah pekerja radiasi dalam memperoleh informasi tanpa harus mengadakan pengukuran langsung dengan *surveymeter*. Pendekatan prediksi menggunakan *fuzzy logic* dapat dijadikan alternatif yang baik. *Fuzzy logic* atau logika samar merupakan ilmu mengenai ketidakpastian. Logika ini mempunyai konsep sebagian yaitu memungkinkan nilai keanggotaannya diantara 1 dan 0 (Angel, 2012). Logika ini juga merupakan perluasan dari logika biner konvensional. Hal ini dikarenakan inferensi pada *fuzzy logic* berbasis aturan yang mirip dengan penalaran manusia yaitu kabur (samar-samar) sehingga memungkinkan untuk mencapai dan menggambarkan domain dengan cara yang lebih rinci dengan pengelompokan variabel linguistik (Wang & Chen, 2014). Sebagai contoh untuk kasus besar paparan radiasi di ruang kerja,

ketika logika biner hanya bisa membedakan ada atau tidaknya paparan radiasi yang dihasilkan, *fuzzy logic* memungkinkan untuk membedakan antara semua kemungkinan fluktuasi radiasi misalnya sangat besar, besar, kecil, sangat kecil, dan lain lain.

Sistem yang bekerja menggunakan *fuzzy logic* disebut *fuzzy inference system*. *Fuzzy inference system* dapat dibangun menggunakan bantuan *software* Matlab. Menurut Suwadyana dan Ariana (2013) *fuzzy inference system* (FIS) adalah sistem kerja komputer yang didasarkan pada konsep teori *fuzzy*, aturan *fuzzy if-then* dan logika samar. Ada tiga metode dalam FIS yang sering digunakan, yaitu metode Stukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno. Menurut Laksono dan Efendi (2011) metode Mamdani merupakan salah satu FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia. Metode ini bekerja berdasarkan aturan-aturan linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik.

Berdasarkan uraian diatas untuk memenuhi kelengkapan data mengenai paparan radiasi yang akan diterima pekerja radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes mendorong penulis untuk melakukan penelitian tentang “Implementasi *Fuzzy Inference System* Menggunakan Metode Mamdani dalam Menentukan Laju Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes”.

1.2 Rumusan Masalah

Seperti yang telah dijabarkan dalam subbab sebelumnya. Maka dalam penelitian ini penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes ?
2. Bagaimana hasil analisis *fuzzy inference system* metode Mamdani dalam menentukan laju dosis radiasi ?
3. Bagaimana implementasi *fuzzy inference system* menggunakan metode Mamdani dalam menentukan laju dosis radiasi ?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan pada penelitian ini tidak terlalu meluas, maka penulis mencantumkan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Pengukuran laju dosis radiasi dilakukan untuk menentukan nilai batas himpunan dan penentuan aturan dalam membangun *fuzzy inference system*.
2. Pengukuran besar laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes diukur menggunakan *surveymeter* analog.
3. *Fuzzy inference system* dibangun menggunakan bantuan *software* Matlab R2014a.
4. Metode yang digunakan dalam membangun *fuzzy inference system* adalah metode Mamdani dengan *defuzifikasinya* adalah metode *centroid*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes.
2. Mengetahui hasil analisis *fuzzy inference system* metode Mamdani dalam menentukan laju dosis radiasi.

3. Mengetahui implementasi *fuzzy inference system* menggunakan metode Mamdani dalam menentukan laju dosis radiasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Menambah pengetahuan tentang pengukuran laju dosis radiasi menggunakan *surveymeter*.
2. Mengetahui salah satu aplikasi dari *fuzzy logic* menggunakan *fuzzy inference system* yaitu menentukan laju dosis radiasi.
3. Mempermudah pekerja radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes dalam memperoleh informasi tentang laju dosis radiasi yang akan diterima tanpa harus mengadakan pengukuran dengan *Surveymeter*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu bagian awal, bagian isi dan bagian akhir yang masing-masing diuraikan sebagai berikut :

1. Bagian awal

Pada bagian awal skripsi terdiri dari halaman judul, halaman pernyataan keaslian skripsi, halaman pengesahan, motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel dan daftar lampiran.

2. Bagian isi

Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang meliputi:

Bab 1 Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika skripsi.

Bab 2 Landasan teori, berisi teori-teori pendukung penelitian.

Bab 3 Metodologi Penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 Hasil Penelitian dan Pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

Bab 5. Penutup, bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.

3. Bagian akhir

Pada bagian akhir skripsi terdiri dari daftar pustaka dan lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi

Radiasi adalah pancaran energi dari suatu materi dalam bentuk panas, partikel dan gelombang elektromagnetik (foton) dari sumber radiasi. Sumber radiasi dibagi menjadi dua yaitu sumber radiasi yang bersifat unsur alamiah dan sumber radiasi buatan manusia. Sumber radiasi bersifat unsur alamiah berada pada air, udara dan lapisan bumi antara lain thorium, uranium, karbon, radon, tritium dan deuterium (Suyatno, 2010), sedangkan sumber radiasi buatan manusia berasal dari beberapa sumber antara lain radiologi diagnosis, radiologi terapi, penggunaan radioisotop dalam obat-obatan, limbah radioaktif, jatuhnya dari percobaan senjata nuklir dan lain sebagainya (Yulianti & Dwijananti, 2005:6).

Jika ditinjau dari muatan listriknya, radiasi dapat dibagi menjadi radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi pengion adalah radiasi yang apabila menumbuk atau menabrak sesuatu akan muncul partikel bermuatan listrik yang disebut ion. Peristiwa terjadinya ion disebut ionisasi. Ion tersebut kemudian akan menimbulkan pengaruh atau efek pada material. Jenis radiasi pengion adalah alpha, beta, gamma, neutron dan sinar-x. Radiasi non-pengion adalah radiasi yang tidak menyebabkan proses ionisasi apabila berinteraksi dengan suatu material, misalnya gelombang radar, radio, televisi dan lain lain (Suyatno, 2010).

Jika ditinjau dari massanya radiasi dibedakan menjadi dua yaitu radiasi bentuk partikel dan radiasi bentuk gelombang elektromagnetik.

Radiasi bentuk partikel adalah jenis radiasi yang mempunyai massa terukur, contohnya ${}^2\text{He}^4$ dimana angka 4 menunjukkan jumlah massa dari radiasi yaitu 4 satuan massa atom (sma) dan angka 2 menunjukkan jumlah muatan radiasi positif.

2. Radiasi bentuk gelombang elektromagnetik atau disebut dengan foton adalah jenis radiasi yang tidak mempunyai massa dan muatan listrik, contohnya radiasi gamma (γ) dan sinar-x, sinar lampu, sinar matahari dan lain-lain (Suyatno, 2010).

2.2 Besaran dan Satuan Radiasi

Dosis radiasi adalah jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi (Bapeten, 2013:5). Dikenal beberapa istilah untuk dosis radiasi (Yulianti & Dwijananti, 2005:61).

2.2.1 Nilai Paparan (*Exposure*)

Paparan radiasi dapat didefinisikan sebagai kemampuan radiasi sinar-x atau gamma (γ) untuk menimbulkan ionisasi di udara dalam volume tertentu. Menurut Bushberg *et al.*, (2012: 54) paparan (X) adalah jumlah muatan listrik (q) yang dihasilkan oleh radiasi pengion elektromagnetik per massa (m) dari udara. Secara matematis nilai paparan dapat ditulis sebagai berikut:

$$X = \frac{q}{m} \quad (2.1)$$

Pada sistem satuan internasional (SI), satuan paparan adalah *coulomb/kilogram* (C/kg). Satu C/kg didefinisikan sebagai besar paparan yang dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik sebesar satu *coulomb* pada suatu elemen volume udara yang mempunyai massa satu *kilogram*. Pada sistem CGS digunakan satuan *Roentgen* (R).

Hubungan *Roentgen* dengan *C/kg* adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ Roentgen (R)} = 258 \times 10^{-6} \text{ C/kg (Batan, 2011:18)}$$

2.2.2 Dosis Serap

Dosis serap adalah jumlah energi radiasi yang diserap oleh bahan yang dilalui persatuan massa bahan tersebut. Satuan lama dari dosis serap adalah *rad* (*radiation absorbed dose*). Satu *rad* didefinisikan sebagai energi sebesar 100 *erg* yang diserap bahan dengan massa satu *gram*.

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/gram}$$

Satuan dosis serap dalam SI adalah *gray* (*Gy*) atau sama dengan *Joule/kg*.

Satu *gray* adalah dosis radiasi yang diserap dalam satu *joule* per *kilogram*.

$$\begin{aligned} 1 \text{ gray (Gy)} &= 1 \text{ joule/kg} \\ &= 10^4 \text{ erg/gram (Batan, 2011:18)} \end{aligned}$$

Secara matematis dosis serap dapat ditulis sebagai berikut (Fauzyah, 2013: 11-12):

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} \tag{2.2}$$

Keterangan :

D = Dosis serap (*Gy*)

E = energy radiasi (*Joule*)

m = Massa bahan (*Kg*)

2.2.3 Dosis Ekuivalen

Dosis ekuivalen adalah dosis serap yang diterima oleh tubuh manusia secara keseluruhan dengan memperhatikan kualitas radiasi dalam merusak jaringan tubuh. Oleh sebab itu, jenis radiasi pengion berperan penting dalam kerusakan

biologis yang diakibatkan. Jenis radiasi yang berbeda mengakibatkan kerusakan biologis yang berbeda dengan dosis serap yang sama. ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) membuat faktor bobot radiasi (w_R) untuk mencerminkan efektivitas relatif dari jenis radiasi dalam memproduksi kerusakan biologis seperti pada Tabel 2.1. Hubungan antara dosis ekuivalen (H) dengan faktor bobot radiasi (w_R) dan dosis serap (D) sebagai berikut:

$$H = w_R \cdot D \quad (2.3)$$

Tabel 2.1 Faktor bobot radiasi dari berbagai jenis radiasi (Bushberg, 2012: 56).

Jenis radiasi	Nilai faktor bobot radiasi (w_R)
Sinar-x, gamma (γ), beta (β) dan elektron.	1
Proton	2
Neutron (<i>energy dependent</i>) ^a	2,5-20
Alpha (α) dan multi-partikel bermuatan lainnya	20

Catatan: Untuk radiasi terutama digunakan dalam pencitraan medis (sinar-x dan gamma) dan partikel beta, $w_R = 1$, dengan demikian, dosis yang diserap dan dosis ekuivalen adalah sama (yaitu, $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$). nilai-nilai^a w_R adalah fungsi kontinu energi dengan maksimum 20 di sekitar 1 MeV , minimal 2,5 pada 1 keV dan 5 pada 1 BeV . Diadaptasi dari ICRP Publication 103, 2007 Rekomendasi Komisi Internasional Radiological Protection. Ann. ICRP 37 (2-4), Elsevier, 2008.

Satuan dosis ekuivalen dalam SI adalah *Sievert (Sv)*. Satu *Sievert* setara dengan satu *joule per kilogram*.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$$

Satuan lama dari dosis ekuivalen yang sering digunakan adalah *rem*.

Hubungan keduanya adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} \text{ (Batan, 2011:19).}$$

2.2.4 Laju Dosis

Laju Dosis merupakan besar dosis radiasi per satuan waktu. Besar laju dosis dapat memberikan informasi bahwa semakin lama seseorang berada dalam

medan radiasi maka semakin besar radiasi yang diterimanya. Jika laju radiasi adalah D_0 dan berada dalam medan radiasi selama t jam, maka dosis radiasi (D_t) dinyatakan dengan rumus (Syahria *et al.*, 2012):

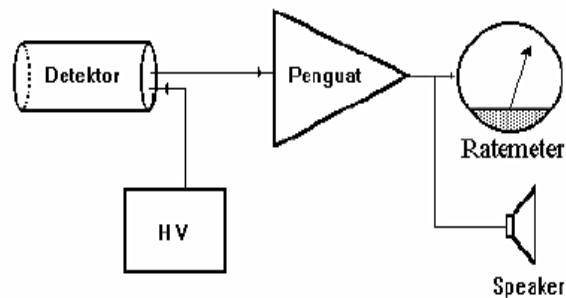
$$D_t = D_0 t \quad (2.4)$$

Berdasarkan istilah dosis radiasi yang telah dijelaskan, maka laju dosis juga dikenal dalam beberapa istilah yang dapat dibedakan berdasarkan satuannya. Pada paparan disebut laju paparan yang menyatakan besar paparan per satuan waktu. Satuan yang biasa digunakan adalah R/jam atau mR/jam . Pada dosis serap disebut laju dosis serap yang menyatakan dosis serap per satuan waktu. Satuan laju dosis serap dalam SI adalah $joule/kg.jam$ atau $gray/jam$ (Gy/jam) dan dalam satuan lama adalah rad/jam , sedangkan pada dosis ekuivalen disebut laju dosis ekuivalen. Laju dosis ekuivalen adalah dosis ekuivalen per satuan waktu. Satuan laju dosis ekuivalen dalam SI adalah $Sievert/jam$ (Sv/jam) dan satuan lama adalah rem/jam (Bapeten, 2006: 9-13).

2.3 Surveymeter

Alat ukur proteksi radiasi berfungsi untuk memberikan informasi dosis radiasi seperti paparan dalam *roentgen*, dosis serap dalam *rad* atau *gray* dan dosis ekuivalen dalam *rem* atau *Sievert*. *Surveymeter* merupakan salah satu alat ukur proteksi radiasi. *Surveymeter* mengukur tingkat radiasi dengan memberikan data hasil pengukuran dalam laju dosis radiasi sehingga pekerja radiasi dapat memperkirakan jumlah radiasi yang akan diterimanya bila akan bekerja di suatu lokasi selama waktu tertentu (Abimanyu *et al.*, 2013).

Konstruksi *surveymeter* terdiri atas detektor dan peralatan penunjang seperti terlihat pada Gambar 2.1. Cara pengukuran yang diterapkan adalah cara arus (*current mode*), sehingga nilai yang ditampilkan merupakan nilai intensitas radiasi. Secara elektronik, nilai intensitas dikonversikan menjadi skala laju dosis, misalnya dengan satuan *roentgen/jam*, *Sievert/jam* dan lain sebagainya.



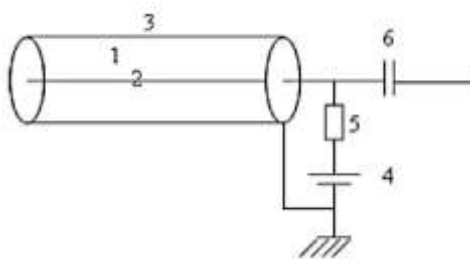
Gambar 2.1 Kontruksi *surveymeter* (Haditjahyono, 2006: 4).

Detektor merupakan salah satu komponen utama dalam *surveymeter* yang berfungsi sebagai transduser yang mengubah energi radiasi menjadi besaran yang dapat diindera. Detektor isian gas proporsional, ruang ionisasi dan Geiger Muller (GM) merupakan dektektor isian gas yang sering digunakan pada *surveymeter*. *Suveymeter* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Surveymeter* detektor isian gas proporsional, ruang ionisasi dan Geiger Muller (Podgorsak, 2005: 104)

Prinsip kerja detektor isian gas yaitu memanfaatkan hasil interaksi antara radiasi pengion dengan atom atau molekul gas yang dipakai sebagai bahan detektor. Detektor pengionan gas berbentuk silinder yang diisi gas dan mempunyai dua elektroda. Dinding tabung yang dipakai sebagai selubung gas dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan sehingga berfungsi sebagai elektroda negatif (katoda). Kawat di tengah-tengah tabung dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan sehingga berfungsi sebagai elektroda positif (anoda). Skema detektor isian gas dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema detektor isian gas (Surakhman & Sayono, 2009)

Keterangan :

1. Medium aktif detektor.
2. Anoda
3. Katoda
4. Sumber tegangan tinggi
5. Resistor
6. Kapasitor

Surveymeter type Ludlum Model 6 Sn 298138 yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 adalah *surveymeter* yang digunakan dalam penelitian. *Surveymeter* ini merupakan *surveymeter* analog dengan pengukuran laju dosis radiasi dalam satuan $\mu\text{Sv/h}$.



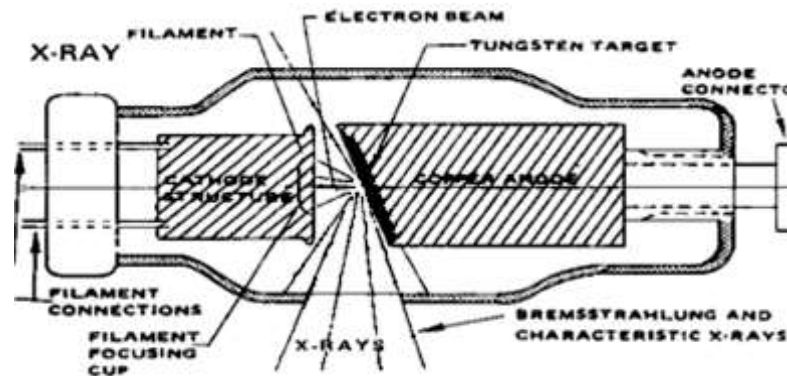
Gambar 2.4 *Surveymeter* Ludlum Model 6 Sn 298138 tampak luar dan dalam.

2.4. Sinar-X

Sinar-x pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Rontgen pada tahun 1895. Sinar-x merupakan salah satu contoh radiasi pengion dan termasuk dalam jenis radiasi gelombang elektromagnetik (foton). Panjang gelombang dari sinar-x sangat pendek yaitu kurang dari $10 \mu m$ ($10^{-16} - 10^{-19} m$) dan energi yang lebih tinggi ($10^4 - 10^7 eV$) dari cahaya biasa sehingga memiliki daya tembus yang tinggi. Tingkat energi inilah yang menentukan daya tembus sinar-x pada material yang dilewatinya (Kurnianto *et al.*, 2013).

Dalam penelitian ini radiasi yang digunakan adalah radiasi sinar-x yang dihasilkan dari tabung sinar-x. Tabung ini merupakan tabung hampa udara dengan komponen katoda yang di dalamnya terdapat filamen serta komponen anoda sebagai target berupa tungsten yang berputar. Dapat dilihat pada Gambar 2.5 proses terjadinya sinar-x dimulai dari pemberian arus pada filamen yang ada di katoda sehingga mengakibatkan panas. Emisi dari pemanasan pada filamen ini menghasilkan elektron bebas. Kemudian dengan sistem fokus, elektron bebas yang dipancarkan akan terpusat menuju anoda. Gerakan elektron ini akan

dipercepat dengan adanya beda potensial yang tinggi antara katoda dan anoda. Interaksi yang terjadi saat elektron menumbuk anoda menghasilkan foton sinar-x (Phillips & Monaghan, 2011).



Gambar 2.5 Tabung sinar-x (Maryanto *et al.*,2008).

Dalam proses tumbukan antara elektron dan atom pada anoda menghasilkan dua jenis sinar-x yaitu sinar-x berterusan (*bremstrahlung*) dan sinar-x karakteristik. Dua interaksi yang menghasilkan dua tipe sinar-x yaitu:

1. Tepat pada saat sampai di anoda, elektron-elektron telah memperoleh energi kinetik yang berasal dari perubahan energi potensialnya (potensial listrik).

$$K = eV \quad (2.5)$$

Elektron- elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi menumbuk anoda yang terbuat dari atom logam berat, sehingga seolah-olah elektron yang berkecepatan tinggi tiba-tiba diperlambat agar berhenti. Dalam proses perlambatan, elektron melepaskan energinya dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang disebut sinar-x *bremstrahlung* dengan spektrum bersifat kontinu. Selain itu, dalam peristiwa tumbukan elektron dan anoda ada sebagian energi elektron yang berubah menjadi panas.

Secara matematis hubungan energi potensial dengan perubahan energi kinetik yang dimiliki oleh elektron menjadi energi sinar-x dan panas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$K = E_{\text{sinar-x}} + \text{panas}$$

$$eV = hv + Q$$

$$eV = h \frac{c}{\lambda} + Q$$

Persamaannya dapat dituliskan sebagai :

$$\lambda = \frac{hc}{eV - Q} \quad (2.6)$$

Keterangan:

λ = panjang gelombang sinar-x (m)

e = muatan elektron ($1,6 \times 10^{-19} C$)

h = tetapan Planck ($6,63 \times 10^{-34} Js$)

c = laju cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

Q = energi panas (J)

Energi panas Q yang timbul dapat divariasikan secara kontinu dari 0 sampai maksimum sama dengan eV . Akibatnya, λ sinar-x yang dihasilkan pun bervariasi secara kontinu dari minimum sampai tak berhingga. λ minimum diperoleh jika seluruh energi kinetik diubah menjadi energi foton dan tidak terjadi perubahan energi panas (Kusminarto, 2011: 72-73).

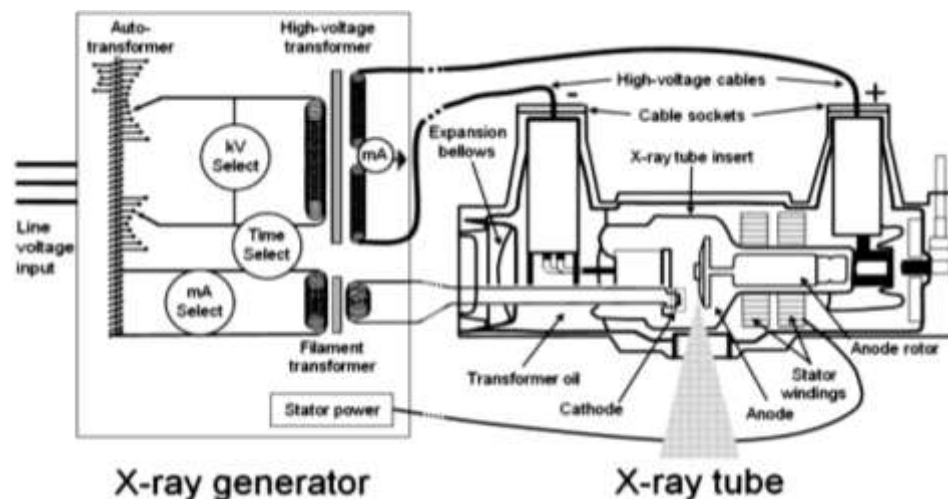
$$\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eV} \quad (2.7)$$

2. Interaksi yang selanjutnya adalah ketika elektron yang mendekati atom di dalam anoda berinteraksi dengan elektron dalam atom tersebut. Terjadi

tumbukan lenting tak sempurna, akibatnya elektron anoda terlepas dari kulitnya. Atom tertinggal dalam keadaan bereksitasi dengan keadaan tidak stabil, maka terjadilah pengisian kekosongan itu oleh elektron-elektron yang lebih luar dalam waktu 10^{-8} detik (Suyatno, 2008). Perpindahan elektron dari kulit yang luar ke kulit yang lebih dalam disertai dengan pancaran radiasi dalam gelombang tertentu, sehingga radiasi ini bersifat diskrit. Radiasi sinar-x ini disebut sinar-x karakteristik (Martina *et al.*, 2015).

2.5 Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-x adalah suatu alat pemancar radiasi sinar-x yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis (Suyatno *et al.*, 2007). Komponen utama dari pesawat sinar-x adalah tabung sinar-x dan generator sinar-x. Rangkaian pesawat sinar-x yang dirujuk pada Gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2.6 Rangkaian pesawat sinar-x (Seibert, 2004).

2.5.1. Tabung Sinar-x

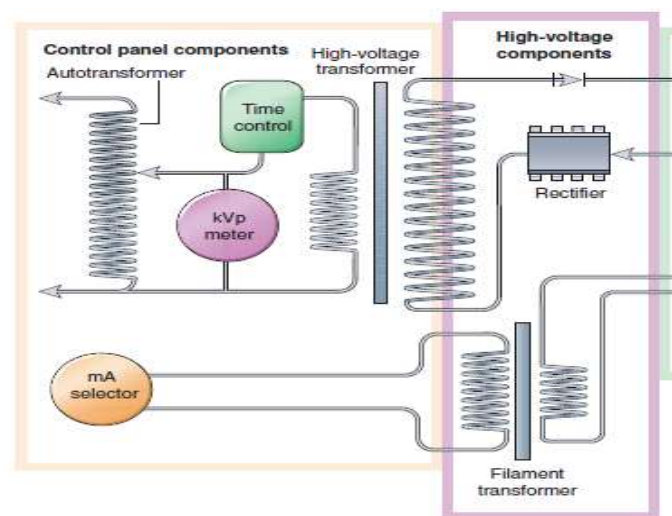
Tabung sinar-x merupakan sumber dari radiasi sinar-x. Tabung dalam pada tabung sinar-x disebut *tube insert*. *Tube insert* merupakan tabung hampa udara

yang terbuat dari kaca atau logam. Di dalam tabung ini terdapat dua elektroda dengan beda potensial tinggi yaitu anoda dan katoda yang terpisah sekitar 1-2 cm.

Pada katoda terdapat filament sebagai sumber elektron dan *focusing cup* untuk mengarahkan berkas elektron ke target. Pada anoda terdapat target tumbukan yang biasanya terbuat dari tangsen. Tangsen ini melekat pada rotor di dalam *tube insert* dan stator yang berada diluar *tube insert* sehingga dapat berputar. Tujuan perputaran tersebut agar permukaan tangsen tidak cepat rusak karena tumbukan elektron. Minyak transformer dan ekspansi berfungsi untuk menangani efek listrik dan panas yang terjadi dalam tabung. Selanjutnya, *tube insert* diselimuti tabung luar yang disebut *tube housing*. Tabung ini berfungsi untuk memberikan perlindungan dari kebocoran radiasi (Seibert,2004).

2.5.2. Generator Sinar-x

Generator sinar-x berfungsi untuk menyediakan sumber tegangan listrik dan mengontrol energi listrik yang diberikan ke tabung sinar-x. Rangkaian generator sinar-x dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rangkaian generator sinar-x (Fosbinder & Orth, 2011: 51).

Generator sinar-x terdiri dari tiga transformator yaitu transformator *step-up* yang digunakan untuk memasok tegangan tinggi ke tabung sinar-x, transformator *step-down* untuk memasok tegangan rendah ke filamen dan auto-transformer yaitu transformator yang kumparan primer dan kumparan sekundernya menjadi satu dalam satu core sehingga berfungsi sebagai kontrol dalam tegangan *input* pada transformator tegangan tinggi (Seibert,2004).

Pada generator sinar-x juga terdapat sistem kontrol yang berfungsi mengatur dan mengendalikan operasi pesawat sinar-x dalam menghasilkan kuantitas dan kualitas sinar-x. Ada lima modul sebagai instrumentasi kontrol pada pesawat sinar-x yaitu modul *power supply* (catu daya DC), modul pengatur tegangan (*kV*), modul pengatur arus (*mA*), modul pengatur waktu paparan (*s*), modul kendali sistem dan catu daya AC dari sumber PLN (Suyatno, 2008). Selanjutnya, terdapat tiga parameter sistem kendali yang dapat diatur dalam pengoperasian pesawat sinar x yaitu tegangan tabung (*kV*), arus tabung (*mA*) dan waktu paparan (*s*). Parameter- parameter itu biasanya disebut sebagai faktor eksposi.

Faktor eksposi ini berpengaruh terhadap intensitas radiasi sehingga selain mempengaruhi hasil radigraf juga mempengaruhi paparan dosis radiasi yang diterima. Hubungan faktor eksposi dan paparan radiasi sinar-x adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{c V^2 i t}{d^2} \quad (2.8)$$

Keterangan :

E = paparan sinar-x pada permukaan objek (*mR*),

c = konstanta kesebandingan

V = tegangan tabung (kV)

i = arus tabung (mA)

t = waktu paparan (s)

d = jarak antara fokus dengan objek (cm) (Fahmi *et al.*, 2008).

Pada penelitian ini menggunakan pesawat sinar-x *type* SF100BY yang terdapat di Laboratorium Fisika Medik Unnes. Bentuk fisik dari pesawat tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.8



Gambar 2.8 Pesawat Sinar-x *merk/type* Mednif SF100BY
(Susilo *et al.*, 2013).

2.6 Fuzzy Logic

Fuzzy logic atau logika samar merupakan ilmu mengenai ketidakpastian. Dasar *fuzzy logic* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy* peranan derajat keanggotaan berfungsi sebagai penentu keadaan elemen dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika ini.

Fuzzy logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Logika ini dipaparkan tidak sebagai metodologi kontrol tetapi sebagai metodologi pengolahan data dengan aturan yang memungkinkan keanggotaanya bukan hanya milik atau tidak milik suatu himpunan (Bugarski et al., 2013).

Fuzzy logic merupakan peningkatan dari logika *Boolean* yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Ketika logika klasik (*crisp*) hanya dapat menyatakan segala hal ke dalam istilah *binary* (0 atau 1, ya atau tidak), *fuzzy logic* menggantikan kebenaran *Boolean* dengan tingkat kebenaran. *Fuzzy logic* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1 yang dinyatakan dalam bentuk linguistic konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan”, dan “sangat” (Kurniawati, 2015: 12).

2.7 Himpunan *Fuzzy*

Dalam himpunan *fuzzy* keberadaan suatu elemen tidak lagi bernilai benar atau salah, tetapi akan selalu benar jika mempunyai derajat keanggotaan yang berada dalam rentang $[0,1]$. Jika suatu himpunan *fuzzy* dinotasikan dengan sebuah himpunan *fuzzy* A pada himpunan U . Himpunan *fuzzy* A dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (2.9)$$

dengan $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$, $x \in U \rightarrow \mu_A(x) \in [0,1]$

dan $\mu_A(x)$ merupakan derajat keanggotaan dari elemen x pada himpunan U (Xu & Yager, 2008).

Menurut Kusuma dan Purnomo (2010: 6) himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: tinggi, sedang, rendah, T1, T2, T3 dan sebagainya.
2. Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 10, 20, 30 dan sebagainya.

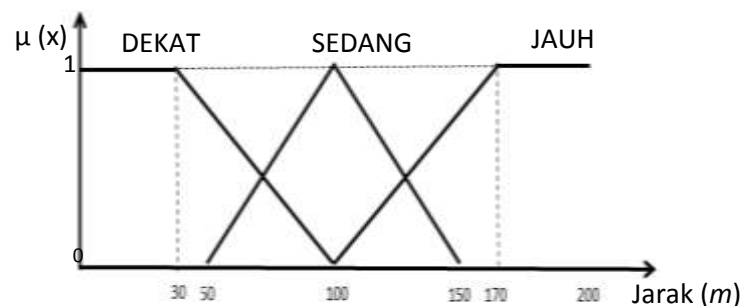
Menurut Ula (2014) ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*:

1. Variabel *fuzzy*.

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti jarak, waktu, kecepatan, umur dan sebagainya. Variabel ini terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy*.

2. Himpunan *fuzzy*.

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Pada Gambar 2.9 dapat dilihat variabel jarak terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu DEKAT, SEDANG dan JAUH. Himpunan *fuzzy* DEKAT < 50 m, SEDANG $50 \leq \text{jarak} \leq 150$ m dan JAUH > 150 m, sehingga suatu jarak dapat masuk di dua himpunan secara bersamaan dengan nilai keanggotaan yang berbeda.



Gambar 2.9 Himpunan *fuzzy* variabel jarak

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Sebagai contoh, semesta pembicaraan untuk variabel jarak adalah [0, 200].

4. Domain himpunan *fuzzy*

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh domain dari himpunan *fuzzy* variabel jarak adalah:

DEKAT : [0, 100]

SEDANG : [50, 150]

JAUH : [100,200]

2.8 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan memiliki interval antara 0 sampai 1. Menurut Suwadnyana & Ariana (2013) fungsi anggota $\mu_A(x)$ adalah suatu nilai dalam interval [0,1] yang mewakili elemen- elemen (x) pada setiap himpunan *fuzzy* A di dalam semesta pembicaraan U ($x \in U$). Fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A di dalam semesta U dapat ditulis :

$$\mu_A : U \rightarrow [0,1] \quad (2.10)$$

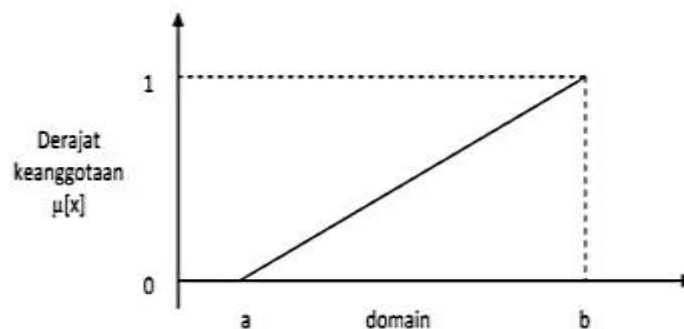
Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Menurut Kusuma & Purnomo (2010:8)

ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya kurva representasi linier, segitiga, trapesium dan *Gaussian*.

2.8.1 Representasi Linear

Representasi linear merupakan fungsi keanggotaan dengan bentuk paling sederhana. Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat anggotanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Terdapat dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun.

Representasi himpunan *fuzzy* linear naik dapat dilihat pada Gambar 2.10. Representasi ini dimulai dari keadaan derajat keanggotaan bernilai 0 bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih tinggi.



Gambar 2.10 Representasi himpunan *fuzzy* linear naik (Arifin,2015: 23).

Dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.11)$$

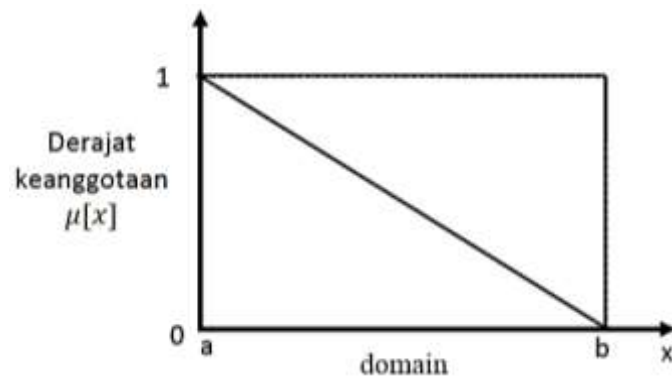
Keterangan:

a = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Representasi himpunan *fuzzy* linear turun dapat dilihat pada Gambar 2.11. Representasi ini merupakan kebalikan dari representasi himpunan *fuzzy* linear naik, sehingga garis lurus dimulai dari domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri dan bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2.11 Representasi himpunan *fuzzy* linear turun (Arifin, 2015: 24).

Dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.12)$$

Keterangan:

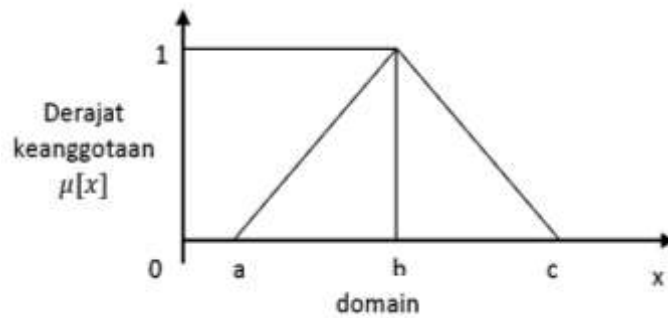
a = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2.8.2 Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara representasi linear naik dan linear turun. Representasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Representasi kurva segitiga (Arifin,2015: 25).

Dengan fungsi keanggotaannya :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.13)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan nol

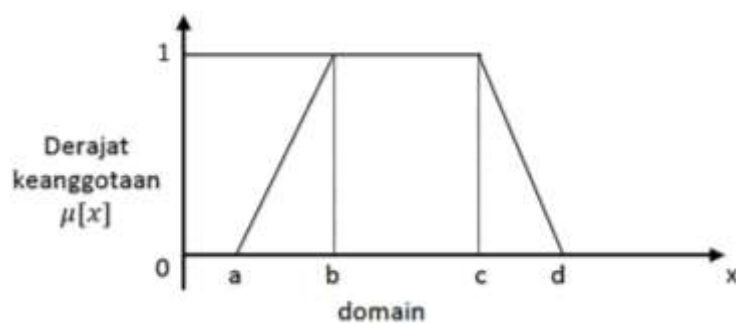
b = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2.8.3 Representasi Kurva Trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya sama seperti representasi kurva segitiga yang terbentuk dari dua garis (linear), hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Representasi kurva trapesium (Arifin, 2015: 26).

Dengan fungsi keanggotaan :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; x \geq d \end{cases} \quad (2.14)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang memiliki derajat keanggotaan satu

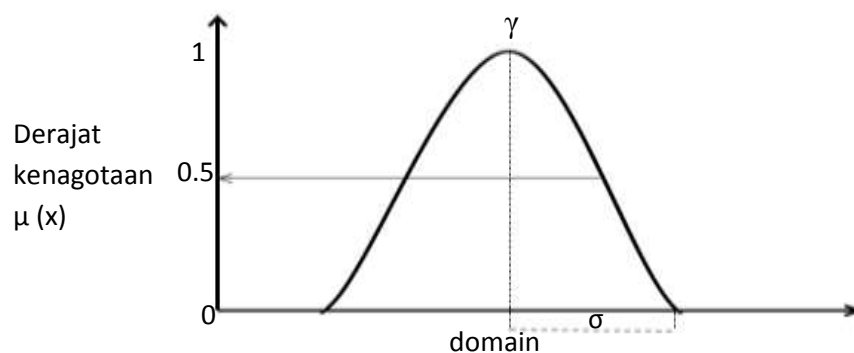
c = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan satu

d = nilai domain terbesar yang memiliki derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2.8.4 Representasi Kurva *Gaussian*

Representasi kurva *Gaussian* dapat dilihat pada Gambar.2.14. Kurva ini mempunyai bentuk yang hampir sama dengan segitiga dengan permukaan yang tumpul. Biasanya kurva *Gaussian* digunakan untuk mengolah data-data yang acak.



Gambar 2.14 Grafik representasi kurva *Gaussian* (Fitra, 2014: 31)

Dengan fungsi keanggotaan:

$$G(x; \sigma, \gamma,) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

σ = lebar kurva

γ = nilai domain pada pusat kurva

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2.9 OPERASI HIMPUNAN FUZZY

Ada tiga operator dasar dalam operasi himpunan *fuzzy* yaitu NOT, AND dan OR. Ketiga operator ini menghasilkan derajat keanggotaan yang disebut α *predikat*. α *predikat* diperoleh dari operasi dua atau lebih himpunan *fuzzy*. Ketiga operator tersebut didefinisikan sebagai berikut (Praseptyo & Pujiyanta, 2014):

1. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan *fuzzy*. α *predikat* sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan dari 1. Misalkan A adalah himpunan *fuzzy* yang berada dalam himpunan universal U, maka komplemen A dapat disimbolkan dengan \bar{A} , sehingga α *predikat* dari operasi ini didefinisikan sebagai

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.16)$$

2. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan (*intersection*) pada himpunan *fuzzy*. α *predikat* dari operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* yang berada di himpunan universal U. Irisan A dan B dapat disimbolkan dengan $A \cap B$, maka α *predikat* didefinisikan:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.17)$$

3. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi gabungan (*union*) pada himpunan *fuzzy*. α predikat dari operator OR diperoleh dari nilai keanggotaan terbesar antara elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Misalkan A dan B adalah himpunan *fuzzy* yang berada dalam himpunan universal U. Gabungan A dan B dapat disimbolkan dengan $A \cup B$, maka α predikat didefinisikan:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.18)$$

2.10. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proporsisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi sebagai berikut :

If x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proporsisi yang mengikuti IF disebut anteseden, sedangkan proporsisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen.

Menurut Ginting (2014), fungsi implikasi sendiri merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Bentuk dari fungsi implikasi adalah

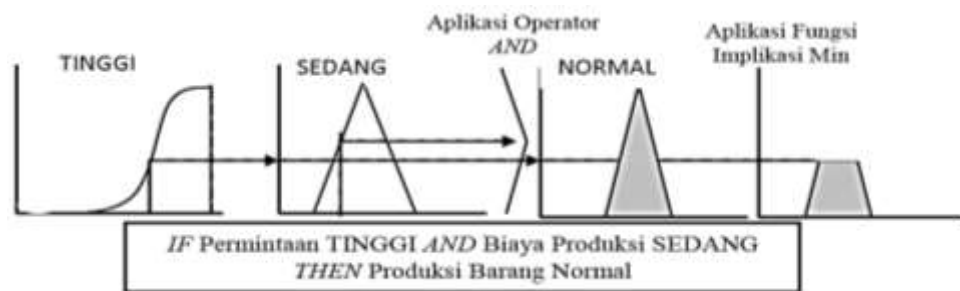
IF (premis 1) • (premis 2) • (premis 3) • . . . • (premis n) THEN Konklusi

Dengan • adalah operator (AND atau OR).

Secara umum ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu Min (*minimum*) dan Dot (*product*).

2.10.1. Min (*minimum*)

Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.15 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi Min.



Gambar 2.15 Contoh fungsi implikasi Min (wulandari, 2011: 23)

2.10.2. Dot (*product*)

Fungsi ini akan menskalakan *output* himpunan *fuzzy*. Gambar 2.16 menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi Dot.



Gambar 2.16 Contoh fungsi implikasi Dot (wulandari, 2011:24).

2.11 Fuzzy Inference System (FIS)

Menurut Suwadyana dan Ariana (2013) *fuzzy inference system* (FIS) adalah sistem kerja komputer yang didasarkan pada konsep teori *fuzzy*, aturan *fuzzy if-then* dan logika *fuzzy*. Ada tiga metode dalam FIS yang sering digunakan, yaitu metode *Stukamoto*, metode *Mamdani*, dan metode *Takagi Sugeno*. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan laju dosis menggunakan metode *Mamdani*.

Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan *fuzzy logic*.

Menurut Laksono dan Efendi (2011) metode Mamdani merupakan salah satu FIS yang paling mudah dimengerti karena paling sesuai dengan naluri manusia. Metode ini bekerja berdasarkan aturan-aturan linguistik dan memiliki algoritma *fuzzy* yang menyediakan sebuah aproksimasi untuk dimasuki analisa matematik. Metode ini sering dikenal dengan nama metode *Min-Max*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Pada metode ini ada empat tahap yang diperlukan untuk mendapatkan *output* yaitu :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada tahap ini, baik variabel *input* ataupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan adalah membuat aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada tahap ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Bentuk umumnya adalah sebagai berikut:

Jika a adalah X dan b adalah Y maka c adalah Z

Dengan X , Y dan Z adalah predikat-predikat *fuzzy* yang merupakan nilai linguistik dari masing- masing variabel.

3. Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan

inferensi dalam *fuzzy inference system* yaitu *max*, *additive* dan *probabilistic* OR (*probor*). Dalam penelitian ini digunakan metode *max*.

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

$$\mu_{sf}(X_i) = \max [\mu_{sf}(X_i) , \mu_{kf}(X_i)] \quad (2.19)$$

Keterangan:

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

$\mu_{kf}(X_i)$ = nilai keanggotaan konsekuan *fuzzy* aturan ke i (Djunaidi *et al.*, 2005).

4. Penegasan (*defuzzifikasi*)

Proses penegasan (*defuzzifikasi*) adalah proses pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*) (Akgun *et al.*, 2012). Berdasarkan hal tersebut, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*nya. Ada beberapa metode *defuzzifikasi* pada komposisi Metode *Mamdani* antara lain Metode *Centroid* (*Composite Moment*), *Bisektor*, *Mean of Maksimum* (MOM), *Largest of Maximum* (LOM) dan Metode *Smallest of Maximum* (SOM).

Pada metode *Centroid* (*Composite Moment*), nilai *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan :

$$Z_0 = \frac{\int_a^b Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_a^b \mu(Z) dz}, \text{ untuk domain kontinu (Wang, 2009)} \quad (2.20)$$

Keterangan :

Z = nilai domain ke i

$\mu(Z)$ = derajat keanggotaan titik tersebut

Z_0 = nilai hasil penegasan (*defuzzyfikasi*)

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot U_{A_i}(d_i)}{\sum_{i=1}^n U_{A_i}(d_i)}, \text{ untuk domain diskrit (Zendrato et al., 2014)} \quad (2.21)$$

Keterangan:

Z = nilai domain ke i

d_i = nilai keluaran pada aturan ke i

$U_{A_i}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke i

n = banyaknya aturan yang digunakan

2.12 Matrix Laboratory

Matrix laboratory (Matlab) merupakan salah satu bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Math Works, Inc. Pada awalnya *software* ini digunakan untuk keperluan analisis numerik, aljabar linier dan teori tentang matriks. Seiring perkembangannya kemampuan dan fitur yang dimiliki oleh Matlab sudah jauh lebih lengkap dengan ditambahkan *toolbox-toolbox* yang sangat luar biasa. Beberapa manfaat yang didapatkan dari Matlab yaitu perhitungan matematika, komputasi numerik, simulasi dan pemodelan, visualisasi dan analisis data, pembuatan grafik untuk keperluan sains dan teknik sampai

dengan pengembangan aplikasi, misalnya dengan memanfaatkan GUI (Cahyono, 2013).

Salah satu fasilitas yang ada pada *software* Matlab adalah *fuzzy logic toolbox*. *Fuzzy logic toolbox* merupakan sekumpulan *tool* yang akan membantu dalam perancangan sistem *fuzzy*. *Fuzzy logic toolbox* menyediakan lima buah GUI yang saling mempengaruhi, dalam arti perubahan yang dibuat dalam satu GUI akan mempengaruhi GUI yang lain. Kelima GUI tersebut adalah *FIS Editor*, *Membership Function Editor*, *rule Editor*, *Rule Viewer* dan *Surface Viewer*. (The Math Works, Inc., 2016: 2-31)

2.13 Ukuran Ketepatan Nilai Prediksi

Tidak mungkin suatu prediksi akan benar-benar akurat, sehingga prediksi merupakan hal yang mengandung ketidakpastian. Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu kriteria atau ukuran untuk menentukan kebaikan model prediksi. Kebaikan tersebut berdasarkan nilai error dari sebuah prediksi. *Error* adalah nilai yang didapat dari pengurangan nilai aktual dengan nilai prediksi. Persamaannya sebagai berikut (Sungkawa dan Megasari, 2011) :

$$e_i = X_i - F_i \quad (2.22)$$

Keterangan:

e_i = error ke i

X_i = data aktual ke i

F_i = data prediksi dari X_i

Pada penelitian ini digunakan kriteria MAPE ((*Mean Absolute Percentage Error*)) untuk mengukur keakuratan suatu model prediksi. MAPE merupakan

ukuran ketetapan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil prediksi, dengan persamaan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PE_i| \quad (2.23)$$

Dengan PE_i merupakan galat persentase (*percentage error*)

$$PE_i = \left(\frac{X_i - F_i}{X_i} \right) \times 100 \% \quad (2.24)$$

Menurut Harun sebagaimana dikutip oleh Zainun *et al.*,(2011) hasil prediksi dikatakan sangat baik apabila nilai MAPE < 10% dan hasil prediksi dikatakan baik jika nilai MAPE < 20%, sehingga jika hasil MAPE >20% maka hasil prediksi dikatakan kurang baik atau kurang memuaskan.

BAB 3

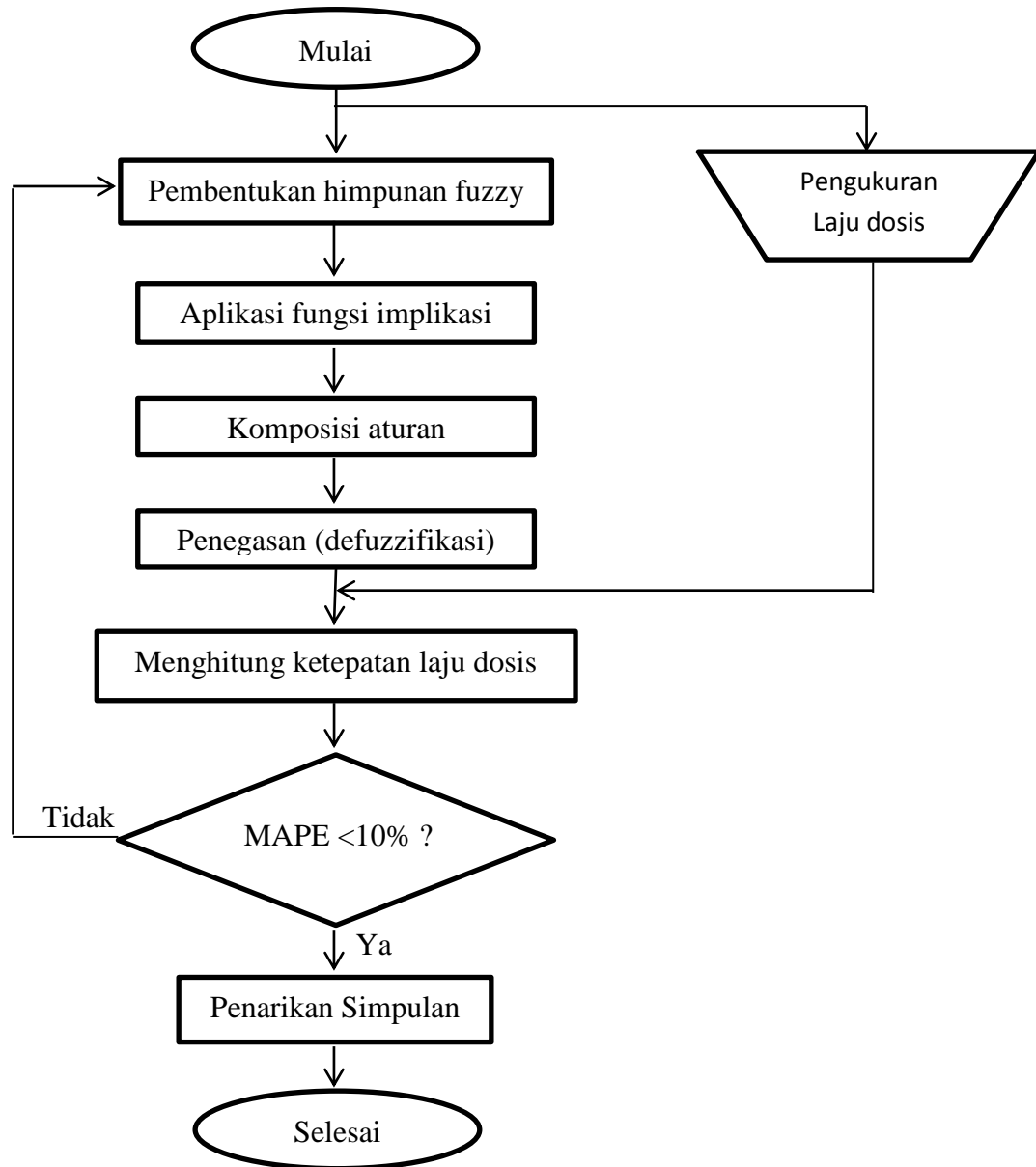
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengukuran laju dosis radiasi dilakukan di Laboratorium Fisika Medik, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang pada tanggal 13 Mei - 13 juni 2016. Pembuatan *fuzzy inference system* dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap yaitu tahap pengambilan data dan pembuatan *fuzzy inference system*. Tahap pengambilan data merupakan tahap pengukuran laju dosis radiasi menggunakan *surveymeter* di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang. Pengambilan data laju dosis radiasi bertujuan sebagai informasi bagi peneliti untuk menentukan batas himpunan dan penentuan aturan dalam membangun *fuzzy inference system*. Pengambilan data laju dosis radiasi juga bertujuan sebagai data uji dalam *fuzzy inference system* yang telah terbentuk. Tahap pembuatan *fuzzy inference system* merupakan tahap dalam membangun *fuzzy inference system* menggunakan metode Mamdani untuk menentukan laju dosis radiasi. Tahap ini menggunakan bantuan *software* Matlab R2014a. Untuk mengetahui alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

1. Pesawat sinar-x merk/type Mednif SF100BY

Pesawat ini digunakan untuk memberikan paparan radiasi atau sebagai sumber radiasi. Bagian-bagian dari pesawat sinar-x seperti pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Bagian dari pesawat sinar x, (a) Kontrol panel, (b) Tabung pesawat sinar-x

2. *Surveymeter* Analog Type Ludlum Model 6 Sn 298138.

Surveymeter digunakan untuk mendeteksi laju dosis radiasi dari pesawat sinar-x. *Surveymeter* ini bersifat analog sehingga dibutuhkan alat bantu rekam untuk mengetahui laju dosis yang tertera pada *surveymeter* ketika terpapar radiasi. Bentuk *Surveymeter* Analog Type Ludlum Model 6 Sn 298138 dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 *Surveymeter* analog.

3. Meteran

4. Kamera

5. Tripod

Kamera dan tripod merupakan alat bantu rekam yang digunakan untuk melihat hasil laju dosis radiasi yang terbaca pada *surveymeter*.

3.3.2 Bahan Penelitian

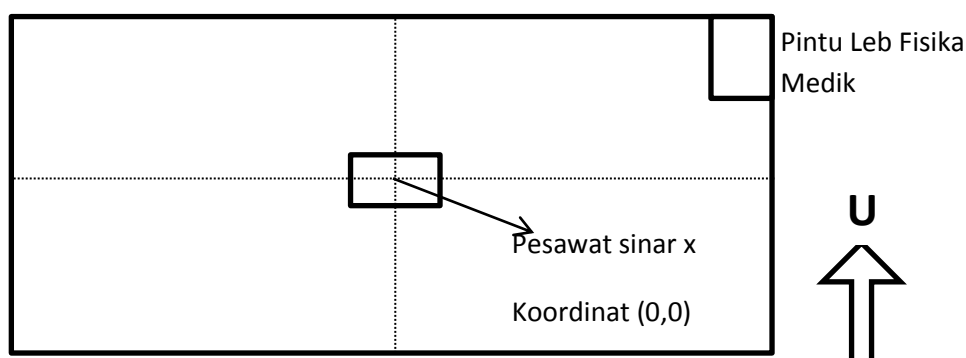
1. *Software* Matlab R2014a

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Pengukuran Laju Dosis

Pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik dilakukan dengan variasi elemen yang mempengaruhi nilai laju dosis. Elemen tersebut adalah jarak dan faktor eksposi. Pada penelitian ini untuk faktor eksposi waktu yang digunakan tetap yaitu 0,4 s, sedangkan tegangan dan arus dilakukan beberapa variasi. Variasi tegangan dilakukan dengan nilai 40 kV, 65 kV dan 80 kV. Selanjutnya untuk variasi arus digunakan nilai 16 mA, 63 mA, dan 100 mA.

Variasi jarak terdiri dari variasi ketinggian dan variasi koordinat. Variasi ketinggian merupakan variasi jarak vertikal *surveymeter* terhadap tabung pesawat sinar-x. Variasi ketinggian yang digunakan adalah 50 cm, 75 cm, dan 150 cm. Variasi koordinat merupakan variasi letak *surveymeter* berdasarkan koordinat sumbu-x dan sumbu-y pada ruang Laboratorium Fisika Medik yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Koordinat sumbu x dan y pada ruang Lab Fisika Medik

Berdasarkan Gambar 3.4 koordinat pusat adalah pesawat sinar-x yang berada pada tangan-tangan ruang. Sumbu-x negatif berada pada arah barat, sumbu-x positif berada pada arah timur, sumbu-y negatif berada pada arah selatan dan sumbu-y positif berada pada arah utara. Pada variasi sumbu-x nilai yang digunakan adalah -140 cm , 0 cm dan 140 cm , sedangkan pada variasi sumbu-y nilai yang digunakan adalah -100 cm , 0 cm dan 100 cm . Karena Setiap elemen divariasikan kedalam tiga nilai maka banyak data yang akan diambil adalah 243 data.

3.4.2 Membangun *fuzzy inference system*

Pada penelitian ini *fuzzy inference system* dibangun menggunakan fasilitas *fuzzy logic toolbox* pada *software* Matlab R2014a. *Fuzzy inference system* dengan metode Mamdani dalam menentukan laju dosis radiasi memiliki langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Menentukan variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan dan fungsi keanggotaan yang sesuai. Pada kasus ini, ada 6 variabel yang akan dimodelkan, yaitu: tegangan, arus, ketinggian, sumbu-x dan sumbu-y sebagai variabel *input* kemudian laju dosis sebagai variabel *output*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Menyusun basis aturan adalah membuat aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada tahapan ini untuk fungsi implikasi aturan yang digunakan adalah aturan *MIN* pada fungsi implikasinya

3. Komposisi Aturan

Tahapan ini menjelaskan bagaimana aplikasi fungsi tiap aturan, digunakan metode *MAX* untuk melakukan komposisi antar semua aturan.

4. Defuzzifikasi

Tahapan ini menjelaskan proses *defuzzifikasi* yang akan dilakukan sehingga setelah proses *defuzzifikasi* dilakukan akan dihasilkan keluaran berupa laju dosis radiasi.

Metode *defuzzifikasi* yang akan digunakan adalah metode *Centroid* dengan domain kontinu yaitu menggunakan rumus metode *Centroid*.

$$Z_0 = \frac{\int_a^b Z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} = \frac{\sum_{j=1}^n Z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengkaji tentang pengukuran laju dosis radiasi dan *fuzzy inference system* Mamdani untuk menentukan laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang menggunakan *software* Matlab R2014a. Hasil pada skripsi ini adalah besar pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang dan sistem prediksi besar laju dosis berbasis *fuzzy logic* dengan metode Mamdani menggunakan *software* Matlab R2014a. Dalam bab ini juga ditinjau sebuah kasus nyata menentukan laju dosis radiasi yang diselesaikan dengan metode Mamdani secara manual.

4.1 Besar laju dosis radiasi

Pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang dilakukan dengan menggunakan *surveymeter* analog. *Surveymeter* analog tersebut mengukur laju dosis radiasi dalam satuan $\mu\text{Sv/h}$, sehingga dapat diketahui bahwa pengukuran laju dosis yang diukur merupakan pengukuran laju dosis ekuivalen. Pengukuran laju dosis dilakukan untuk melihat besar laju dosis radiasi yang dihasilkan dari faktor eksposi dan jarak yang digunakan. Pengukuran laju dosis menggunakan waktu tetap yaitu 0,4 s. Tegangan yang digunakan terdiri dari tiga variasi nilai yaitu 40 kV, 65 kV dan 80 kV. Variasi nilai arus yang digunakan adalah 16 mA, 63 mA dan 100 mA. Variasi nilai ketinggian yang digunakan adalah 50 cm, 75 cm dan 100 cm, sedangkan

untuk variasi nilai koordinat ruang Laboratorium Fisika Medik diukur pada 9 titik yaitu $(-140,-100)$ cm, $(-140,0)$ cm, $(-140,100)$ cm, $(0, -100)$ cm, $(0,0)$ cm, $(0,100)$ cm, $(140,-100)$ cm, $(140,0)$ cm dan $(140,100)$ cm. Berdasarkan hal tersebut, banyak data mengenai nilai laju dosis radiasi yang telah terukur adalah 243 data. Data besar laju dosis radiasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1 (Halaman 68).

Tabel 4.1 Hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik menggunakan *surveymeter* analog.

No	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Ketinggian (cm)	sumbu X (cm)	Sumbu Y (cm)	Laju dosis (μ Sv/h)
1	40	16	50	-140	-100	$0 \pm 2,5$
2	40	16	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
3	40	16	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
4	40	16	50	0	-100	$0 \pm 2,5$
5	40	16	50	0	0	1000 ± 250
6	40	16	50	0	100	$0 \pm 2,5$
7	40	16	50	140	-100	$0 \pm 2,5$

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penambahan tegangan mempengaruhi nilai laju dosis yang dihasilkan. Semakin besar tegangan yang digunakan maka semakin besar laju dosis yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada peristiwa pembentukan sinar-x, gerakan elektron akan semakin cepat bila beda potensial antara katoda dan anoda semakin besar. Hal ini mengakibatkan energi kinetik yang muncul dari pembentukan sinar-x akan semakin besar. Energi kinetik sebanding dengan produksi elektron dan beda potensial (Meredith, 1997 : 45).

$$K = eV \quad (4.1)$$

Semakin besar energi radiasi sinar-x yang dihasilkan maka dosis serap yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Diketahui dosis ekivalen (H) sebanding dengan dosis serap (D) dan faktor bobot (w_R) (Bushberg, 2012: 56).

$$H = w_R \cdot D \quad (4.2)$$

Berdasarkan hal tersebut semakin besar energi radiasi sinar-x yang dihasilkan maka dosis ekivalen yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk penggunaan waktu yang sama maka semakin besar dosis ekivalen semakin besar laju dosis yang terukur.

Penambahan arus juga berpengaruh pada laju dosis yang dihasilkan. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar laju dosis radiasi yang terukur. Hal ini dikarenakan arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan menumbuk target (anoda) sehingga berpengaruh pada intensitas radiasinya. Semakin besar intensitas radiasi yang dihasilkan semakin besar laju dosis radiasi yang terukur, sedangkan penambahan ketinggian pada pengukuran laju dosis radiasi menyebabkan penurunan pada laju dosis. Menurut Yulianti dan Dwijananti (2005: 68) semakin dekat jarak antara sumbu radiasi dengan subjek, semakin parah tingkat kerusakan yang terjadi. Paparan radiasi berkurang dengan semakin jauhnya jarak dari sumber radiasi, sehingga laju dosis radiasi juga akan semakin kecil dengan jarak yang semakin jauh. Hubungan besarnya laju dosis radiasi dengan jarak dapat dinyatakan kedalam persamaan sebagai berikut:

$$D = k \frac{1}{d^2} \quad (4.3)$$

dengan D adalah laju dosis radiasi, k adalah suatu ketetapan yang tergantung pada sumber dan d adalah jarak.

Letak koordinat suatu objek juga berpengaruh pada besar laju dosis yang terukur. Semakin jauh letak objek dari koordinat pusat (0,0) cm maka semakin kecil laju dosis yang terukur. Hal ini dikarenakan adanya efek *heel* anoda yaitu intensitas sinar-x di sumbu pusat paling tinggi dan menurun secara gradual ke arah tepi (Susilo *et al.*,2011). Efek *heel* anoda juga mengakibatkan perbedaan intensitas radiasi sinar-x yang terbentuk pada tabung sinar-x antar kedua dioda. Oleh sebab itu, laju dosis yang dihasilkan akan berbeda jika diukur dengan arah yang berbeda walau jarak yang digunakan sama.

Berdasarkan hasil pengukuran, laju dosis yang terukur pada arah utara dari berkas sumber radiasi lebih besar dari pada laju dosis yang terukur pada arah selatan. Menurut Bontrager & Lampignano (2014: 38) pada Efek *heel* anoda intensitas sinar-x yang terbentuk pada sisi katoda akan lebih banyak dibandingkan intensitas sinar-x pada anoda. Penyudutan bidang target pada sisi anoda mengakibatkan sinar-x yang dipancarkan harus melalui material anoda yang lebih tebal sebelum keluar karena emisi yang hampir sejajar dengan bidang target. Berdasarkan hal tersebut, terjadi pelemahan pada sinar-x yang akan dipancarkan dikarenakan peningkatan penyerapan foton sinar-x oleh target itu sendiri. Dari pengukuran laju dosis dan penerapan teori mengenai efek *heel* anoda dapat diketahui letak anoda dan katoda pada tabung. Anoda berada pada sisi arah selatan dan katoda berada pada sisi arah utara.

4.2 Pembahasan analisis *fuzzy inference system* Mamdani

Pembahasan analisis *fuzzy inference system* Mamdani merupakan penyelesaian masalah menggunakan Metode Mamdani secara manual.

Ada beberapa tahapan dalam menyelesaikan analisis *fuzzy inference system* metode Mamdani. Tahapan-tahapan tersebut antara lain .

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Variabel Tegangan terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* yaitu variabel linguistik Rendah, Sedang dan Tinggi. Variabel ini memiliki semesta pembicaraan [30 100]. Variabel Tegangan memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaan dapat dilihat pada Lampiran 2 (Halaman 79).

$$\mu_{V_rendah}(x) = \text{Trimf}(x; 30 \ 45 \ 50)$$

$$\mu_{V_sedang}(x) = \text{Trimf}(x; 45 \ 65 \ 80)$$

$$\mu_{V_tinggi}(x) = \text{Trapmf}(x; 65 \ 90 \ 100 \ 100)$$

Variabel Arus terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* yaitu variabel linguistik Rendah, Sedang dan Tinggi. Variabel Arus memiliki semesta pembicaraan [0 100]. Variabel Arus memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaannya dapat dilihat pada Lampiran 3 (Halaman 80).

$$\mu_{I_rendah}(x) = \text{Trimf}(x; 0 \ 35 \ 45)$$

$$\mu_{I_sedang}(x) = \text{Trimf}(x; 35 \ 62 \ 80)$$

$$\mu_{I_tinggi}(x) = \text{Trimf}(x; 62 \ 100 \ 100)$$

Variabel Ketinggian terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* yaitu variabel linguistik Rendah, Sedang dan Tinggi. Variabel Ketinggian memiliki semesta pembicaraan [0 170]. Variabel Ketinggian memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaannya dapat dilihat pada Lampiran 4 (Halaman 80).

$$\mu_{H_rendah}(x) = \text{Trapmf}(x; 0 \ 0 \ 30 \ 80)$$

$$\mu_{H_sedang}(x) = \text{Trimf}(x; 50 \ 80 \ 130)$$

$$\mu_{H_tinggi}(x) = \text{Trimf}(x; 80 \ 130 \ 170)$$

Variabel Sumbu-x terdiri atas 3 himpunan *fuzzy* yaitu variabel linguistik Negatif, Zero dan Positif. Variabel Sumbu-x memiliki semesta pembicaraan [-210 210]. Variabel Sumbu-x memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaan dapat dilihat pada Lampiran 5 (Halaman 81).

$$\mu_{x_negatif}(x) = \text{Trimf}(x; -210 \ -40 \ -35)$$

$$\mu_{x_zero}(x) = \text{Trimf}(x; -40 \ 0 \ 35)$$

$$\mu_{x_positif}(x) = \text{Trimf}(x; 0 \ 35 \ 210)$$

Variabel Sumbu-y terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu variabel linguistik Negatif, Zero dan Positif. Variabel ini memiliki semesta pembicaraan [-160 160]. Variabel Sumbu-y memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaan dapat dilihat pada Lampiran 6 (Halaman 81).

$$\mu_{y_negatif}(x) = \text{Trimf}(x; -160 \ -35 \ 0)$$

$$\mu_{y_zero}(x) = \text{Trimf}(x; -35 \ 0 \ 40)$$

$$\mu_{y_positif}(x) = \text{Trimf}(x; 35 \ 40 \ 160)$$

Variabel Laju Dosis merupakan variabel *output*. Variabel ini terdiri dari 11 himpunan *fuzzy*, yaitu LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, LD7, LD8, LD9, LD10 dan LD11. Variabel Laju Dosis memiliki semesta pembicaraan [0 10000]. Variabel ini memiliki himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan sebagai berikut, dengan rumus keanggotaannya dapat dilihat pada Lampiran 7 (Halaman 82).

$$\mu_{LD1}(z) = \text{Trimf}(z; 0 \ 2 \ 3)$$

$$\mu_{LD2}(z) = \text{Trimf}(z; 3 \ 5 \ 7)$$

$$\mu_{LD3}(z) = \text{Trimf}(z; 7 \ 15 \ 22)$$

$$\mu_{LD4}(z) = \text{Trimf}(z; 22 \ 50 \ 55)$$

$$\mu_{LD5}(z) = \text{Trimf}(z; 55 \ 150 \ 500)$$

$$\mu_{LD6}(z) = \text{Trimf}(z; 500 \ 1100 \ 1400)$$

$$\mu_{LD7}(z) = \text{Trimf}(z; 1400 \ 2000 \ 2600)$$

$$\mu_{LD8}(z) = \text{Trimf}(z; 2600 \ 3500 \ 4200)$$

$$\mu_{LD9}(z) = \text{Trimf}(z; 4200 \ 6500 \ 8300)$$

$$\mu_{LD10}(z) = \text{Trimf}(z; 8300 \ 9000 \ 9500)$$

$$\mu_{LD11}(z) = \text{Trimf}(z; 9500 \ 10000 \ 10000)$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada tahapan aplikasi fungsi implikasi aturan yang digunakan adalah aturan *MIN* pada fungsi implikasinya. Tahapan ini akan menghasilkan nilai *α -predikat* masing-masing aturan.

Jika pada kasus ini diketahui Tegangan bernilai 65 kV, maka:

$$\mu_{V_rendah}(65) = 0, \mu_{V_sedang}(65) = 1 \text{ dan } \mu_{V_Tinggi}(65) = 0$$

Diketahui Arus bernilai 63 mA, maka :

$$\mu_{I_rendah}(63) = 0, \mu_{I_sedang}(63) = 0,94 \text{ dan } \mu_{I_tinggi}(63) = 0,03$$

Diketahui Ketinggian bernilai 75 cm, maka :

$$\mu_{H_rendah}(75) = 0,1, \mu_{H_sedang}(75) = 0,83 \text{ dan } \mu_{H_Tinggi}(75) = 0$$

Diketahui Sumbu X berada pada 0 cm, maka:

$$\mu_{X_{negatif}}(0) = 0, \mu_{X_{zero}}(0) = 1 \text{ dan } \mu_{X_{positif}}(0) = 0$$

Diketahui Sumbu Y berada pada 0 cm, maka:

$$\mu_{Y_{negatif}}(0) = 0, \mu_{Y_{zero}}(0) = 1 \text{ dan } \mu_{Y_{positif}}(0) = 0$$

Perhitungan nilai μ dapat dilihat pada Lampiran 8 (Halaman 84). Selanjutnya mencari α -predikat dengan menggunakan aturan yang memenuhi. Ilustrasi fungsi implikasi Min dapat dilihat pada lampiran 9 (Halaman 85).

[R1] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{V_{sedang}} \cap \mu_{I_{sedang}} \cap \mu_{H_{rendah}} \cap \mu_{x_{Zero}} \cap \mu_{y_{Zero}} \\ &= \min (\mu_{V_{sedang}} (65), \mu_{I_{sedang}} (63), \mu_{H_{rendah}} (75), \mu_{x_{Zero}} (0), \mu_{y_{Zero}} (0)) \\ &= \min (1; 0,94; 0,1; 1; 1) = 0,1 \end{aligned}$$

[R2] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_2 &= \mu_{V_{sedang}} \cap \mu_{I_{sedang}} \cap \mu_{H_{rendah}} \cap \mu_{x_{Zero}} \cap \mu_{y_{Zero}} \\ &= \min (\mu_{V_{sedang}} (65), \mu_{I_{sedang}} (63), \mu_{H_{rendah}} (75), \mu_{x_{Zero}} (0), \mu_{y_{Zero}} (0)) \\ &= \min (1; 0,94; 0,1; 1; 1) = 0,1 \end{aligned}$$

[R3] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_3 &= \mu_{V_{sedang}} \cap \mu_{I_{sedang}} \cap \mu_{H_{sedang}} \cap \mu_{x_{Zero}} \cap \mu_{y_{Zero}} \\ &= \min (\mu_{V_{sedang}} (65), \mu_{I_{sedang}} (63), \mu_{H_{sedang}} (75), \mu_{x_{Zero}} (0), \mu_{y_{Zero}} (0)) \\ &= \min (1; 0,94; 0,83; 1; 1) = 0,83 \end{aligned}$$

[R4] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat}_4 &= \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_sedang} \cap \mu_{H_sedang} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero} \\ &= \min (\mu_{V_sedang} (65), \mu_{I_sedang} (63), \mu_{H_sedang} (75), \mu_{x_Zero} (0), \mu_{Y_Zero} (0)) \\ &= \min (1; 0,94; 0,83; 1; 1) = 0,83\end{aligned}$$

[R5] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat}_5 &= \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_rendah} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero} \\ &= \min (\mu_{V_sedang} (65), \mu_{I_tinggi} (63), \mu_{H_rendah} (75), \mu_{x_Zero} (0), \mu_{Y_Zero} (0)) \\ &= \min (1; 0,03; 0,1; 1; 1) = 0,03\end{aligned}$$

[R6] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

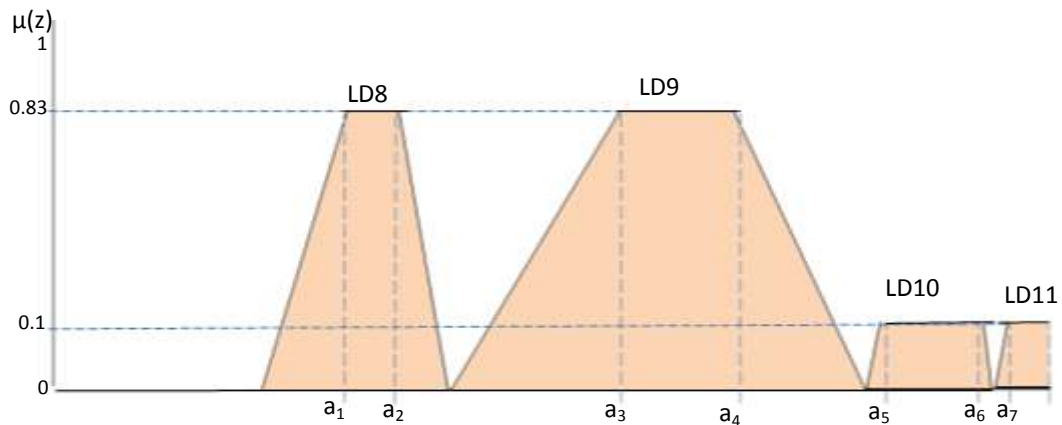
$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat}_6 &= \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_rendah} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero} \\ &= \min (\mu_{V_sedang} (65), \mu_{I_tinggi} (63), \mu_{H_rendah} (75), \mu_{x_Zero} (0), \mu_{Y_Zero} (0)) \\ &= \min (1; 0,03; 0,1; 1; 1) = 0,03\end{aligned}$$

[R7] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

$$\begin{aligned}\alpha\text{- predikat}_7 &= \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_sedang} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero} \\ &= \min (\mu_{V_sedang} (65), \mu_{I_tinggi} (63), \mu_{H_sedang} (75), \mu_{x_Zero} (0), \mu_{Y_Zero} (0)) \\ &= \min (1; 0,03; 0,83; 1; 1) = 0,03\end{aligned}$$

3. Komposisi Aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode Max untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasilnya sebagai berikut:



Gambar 4.1 Ilustrasi hasil komposisi aturan menggunakan metode Max.

Selanjutnya adalah mencari nilai a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , dan a_7 . Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 10 (Halaman 89). Hasil dari perhitungan tersebut adalah:

$$a_1 = 3347 ; \quad a_4 = 6806 ; \quad a_7 = 9550$$

$$a_2 = 3619 ; \quad a_5 = 8370 ;$$

$$a_3 = 6109 ; \quad a_6 = 9450 ;$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah

$$\mu(z) = \begin{cases} 0 & ; & z \leq 2600 \\ \frac{z - 2600}{3500 - 2600} & ; & 2600 < z < 3347 \\ 0.83 & ; & 3347 \leq z \leq 3619 \text{ atau } 6109 \leq z \leq 6806 \\ \frac{4200 - z}{4200 - 3500} & ; & 3619 < z \leq 4200 \\ \frac{6500 - 4200}{8300 - z} & ; & 4200 < z < 6109 \\ \frac{8300 - 6500}{z - 8300} & ; & 6109 < z \leq 8300 \\ \frac{9000 - 8300}{0.1} & ; & 8300 < z < 8370 \\ \frac{9500 - z}{9500 - 9000} & ; & 8370 \leq z \leq 9450 \text{ atau } 9550 \leq z \leq 10000 \\ \frac{z - 9500}{10000 - 9500} & ; & 9450 < z \leq 9500 \\ & & 9500 < z < 9550 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Metode *Defuzzifikasi* yang akan digunakan adalah metode *centroid*. Nilai *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*, dengan rumus sebagai berikut:

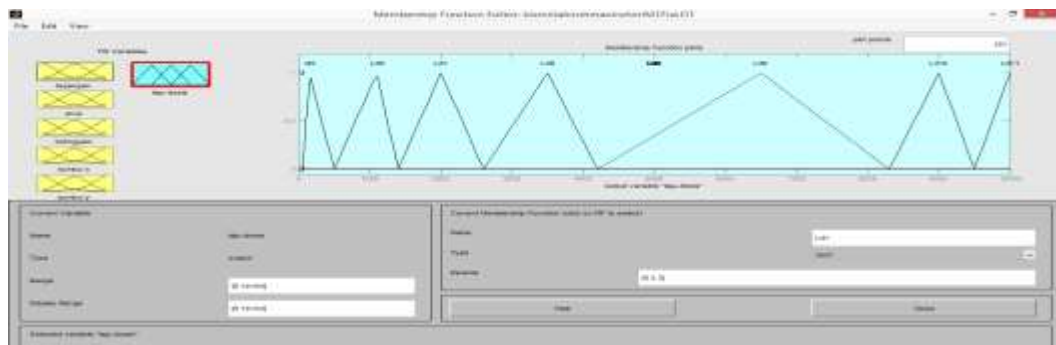
$$Z_0 = \frac{\int_a^b Z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz}$$

$$Z_0 = \frac{\int_{2600}^{10000} Z \cdot \mu(z) dz}{\int_{2600}^{10000} \mu(z) dz} = 5716,52$$

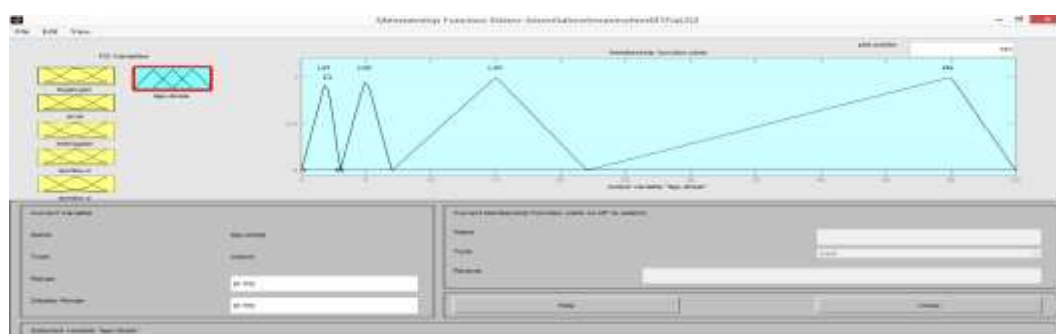
Perhitungan integral untuk mencari nilai Z_0 dapat dilihat pada Lampiran 11 (Halaman 91). Dari nilai Z_0 yang telah diperoleh dapat disimpulkan laju dosis yang diperoleh dari masukan tegangan = 65 kV , arus = 63 mA ketinggian = 75 cm, sumbu X = 0 cm dan sumbu Y = 0 cm adalah 5716,52 $\mu\text{Sv/h}$.

4.3 Fuzzy Inference System

Fuzzy inference system dalam menentukan besar laju dosis telah berhasil dibangun menggunakan fasilitas *fuzzy logic toolbox* pada Matlab R2014a. Karena *output* berada dalam rentang nilai yang sangat besar yaitu 0-1000 $\mu\text{Sv/h}$, maka *fuzzy inference system* yang dibangun terbagi menjadi dua bagian agar dapat menentukan nilai laju dosis yang rendah. Pada sistem pertama variabel *output* memiliki semesta pembicaraan [0 – 10000] terdiri dari 11 himpunan. Selanjutnya pada sistem kedua variabel *output* memiliki semesta pembicaraan [0 55] terdiri dari 4 himpunan. Pada Gambar 4.2 dapat dilihat variabel *output* dari kedua sistem yang telah dibangun.



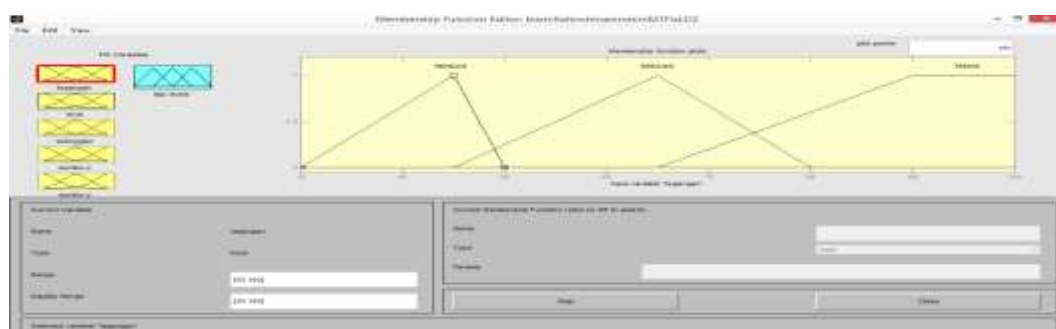
(a)



(b)

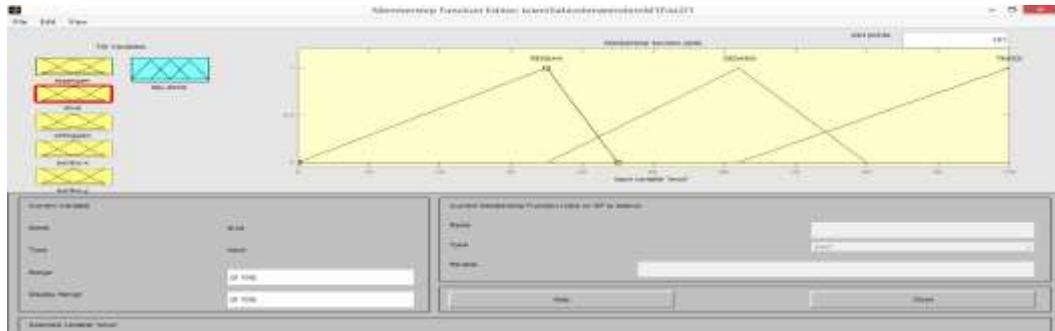
Gambar 4.2 Variabel *output* FIS yang telah dibangun pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a. (a) Variabel *output* Laju Dosis dengan semesta pembicaraan [0 10000] dan (b) Variabel *output* Laju Dosis dengan semesta pembicaraan [0 55].

Pada dasarnya variabel *input* pada kedua sistem yang telah dibentuk adalah sama. Variabel *input* tersebut adalah tegangan, arus, ketinggian, sumbu x dan sumbu y. Variabel tegangan memiliki semesta pembicaraan [30 – 100] terdiri dari 3 himpunan. Variabel *input* tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.3



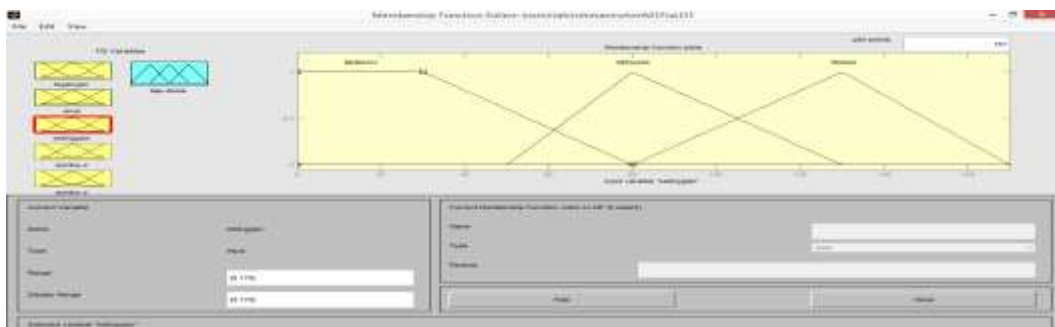
Gambar 4.3 Variabel tegangan pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a.

Variabel Arus memiliki semesta pembicaraan $[0 - 100]$ terdiri dari 3 himpunan. Variabel *input* arus dapat dilihat pada Gambar 4.4.



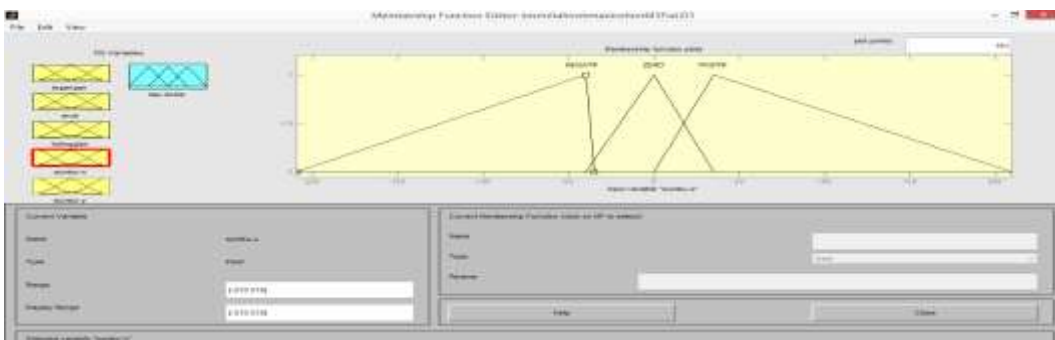
Gambar 4.4 Variabel arus pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a.

Variabel ketinggian memiliki semesta pembicaraan $[0 - 170]$ terdiri dari 3 himpunan. Variabel *input* ketinggian dapat dilihat pada Gambar 4.5.



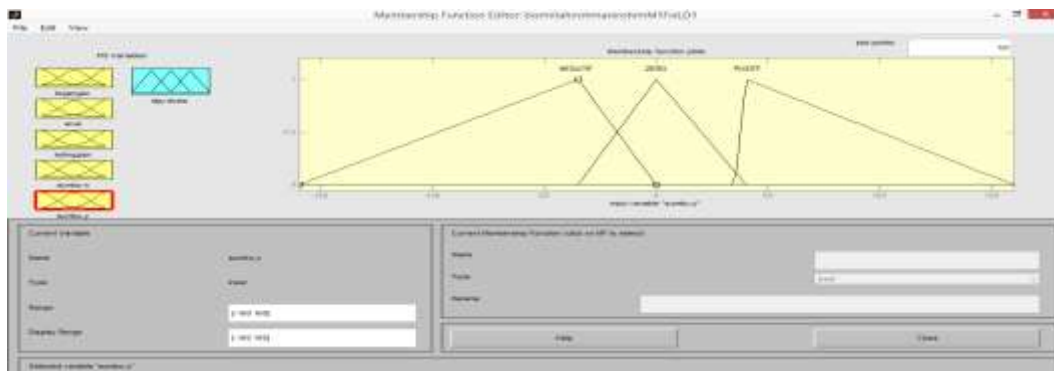
Gambar 4.5 Variabel ketinggian pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a.

Variabel sumbu x memiliki semesta pembicaraan $[-210 210]$ terdiri dari 3 himpunan. Variabel *input* sumbu x dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Variabel sumbu x pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a.

Variabel sumbu y memiliki semesta pembicaraan $[-210 \ 210]$ terdiri dari 3 himpunan. Variabel *input* sumbu y dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Variabel sumbu y pada *fuzzy logic toolbox* Matlab R2014a.

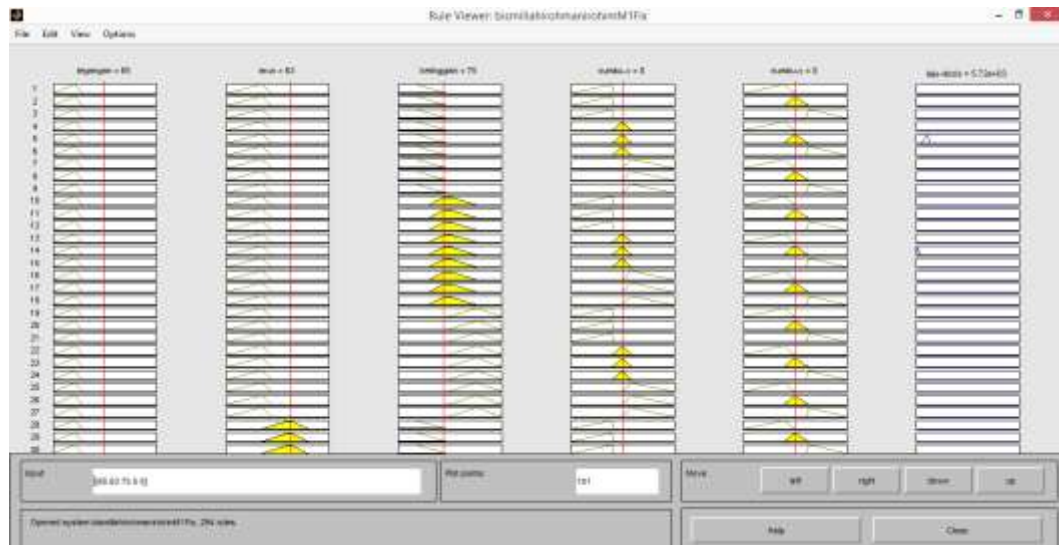
Basis aturan yang dibangun pada kedua sistem pada dasarnya sama, hanya saja pada *fuzzy inference system* yang kedua basis aturan lebih sedikit akibat pengukuran semesta pembicaraan pada *outputnya*. Basis aturan yang dibangun ada 294 yang dapat dilihat sepenuhnya pada Lampiran 12 (Halaman 96). Berikut beberapa contoh basis aturan yang di bangun antara lain:

[R1] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

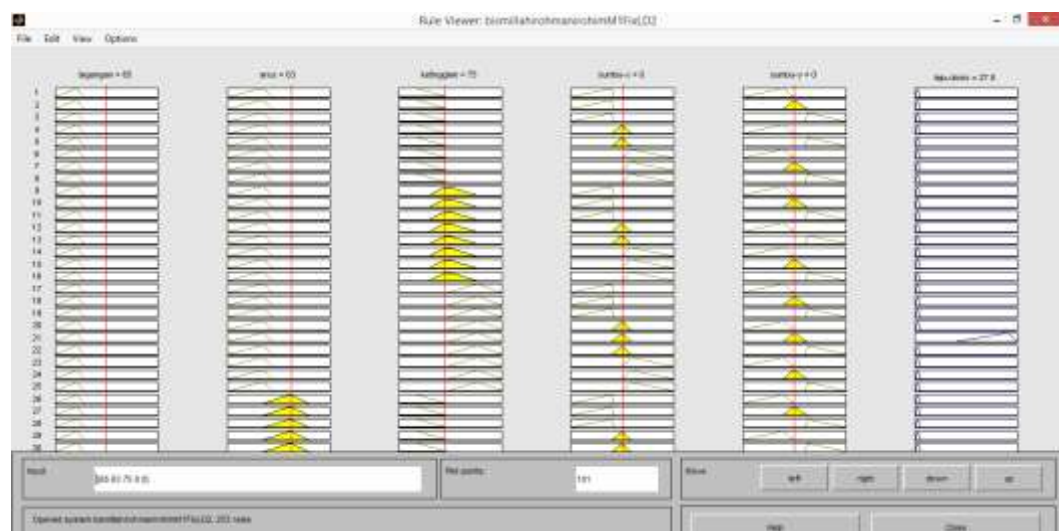
[R2] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R3] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

[R4] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.



(a)



(b)

Gambar 4.8 Fuzzy rule viewer Laju Dosis pada fuzzy logic toolbox Matlab R2014 (a) FIS pertama (b) FIS kedua.

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat jika dimasukkan nilai *input* pada kolom *edit text* di kolom pojok kiri bawah maka *output* laju dosis akan terlihat sebelah kanan atas. Pada sistem pertama jika *input* yang diberikan termasuk ke dalam aturan dengan hasil laju dosis yang rendah (kurang dari $55\mu\text{Sv/h}$) maka secara otomatis hasil yang ditampilkan adalah nilai tengah dari semesta pembicaraan pada *fuzzy*

inference system yang pertama yaitu $5000 \mu\text{Sv/h}$. Begitupun dengan *fuzzy inference system* yang kedua apabila nilai *input* yang diberikan tidak termasuk ke dalam aturan dengan hasil laju dosis yang rendah (lebih dari $55 \mu\text{Sv/h}$) secara otomatis hasil yang ditampilkan adalah nilai tengah dari semesta pembicaraan pada *fuzzy inference system* yang kedua yaitu $27,5 \mu\text{Sv/h}$. Berdasarkan hal tersebut, perlu dibangun sebuah sistem yang berfungsi untuk mengeksekusi hasil yang sesuai untuk ditampilkan.

Hasil prediksi laju dosis menggunakan *fuzzy inference system* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dengan keseluruhan hasil prediksi terdapat pada Lampiran 13 (Halaman 125). Pada tabel tersebut juga dapat dilihat perbandingan hasil pengukuran laju dosis di laboratorium Fisika Medik menggunakan *Surveyrometer* dengan prediksi laju dosis menggunakan *fuzzy inference system*.

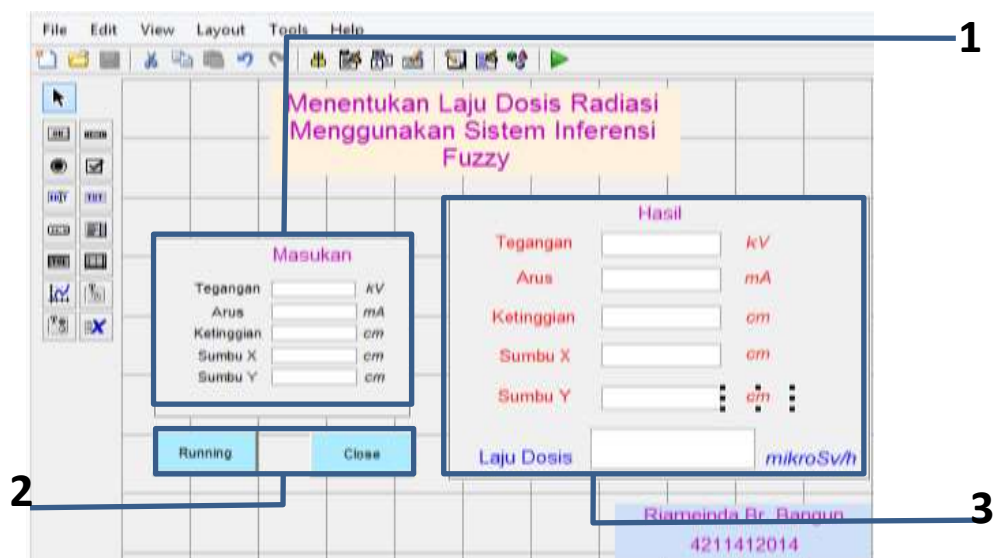
Tabel. 4.2 Hasil prediksi laju dosis menggunakan *fuzzy inference system*

No	Tegangan	Arus	Ketinggian	Sumbu X	Sumbu Y	Laju dosis	Prediksi	%error
1	40	16	50	0	0	1000	978,63	2,14
2	40	16	75	0	0	550	467,44	15,01
3	40	16	150	0	0	45	40,87	9,19
4	40	63	50	0	0	5000	4898,98	2,02
5	40	63	75	0	0	3000	3115,22	3,84
6	40	63	150	0	0	400	483,49	20,87
7	40	100	50	0	0	6000	6314,2	5,24

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat perbedaan antara hasil pengukuran laju dosis menggunakan *Surveyrometer* dengan hasil prediksi laju dosis menggunakan *fuzzy inference system* yang telah dibangun. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengujian data untuk menentukan kelayakan *fuzzy inference system* yang telah dibangun dalam menentukan nilai laju dosis.

4.3.1 Perancangan desain program penentuan laju dosis

Perancangan desain program penentuan laju dosis radiasi dibangun menggunakan *software* Matlab R2014a. Desain sistem merupakan desain *interface* untuk membatasi nilai *input* dan memilih *output* besar laju dosis radiasi yang akan ditampilkan dari kedua *fuzzy inference system* yang telah dibangun. Batasan nilai *input* bertujuan agar *fuzzy inference system* yang telah dibangun dapat menentukan nilai *output* dengan benar. Batasan nilai *input* diambil dari nilai kapabilitas kontrol pesawat sinar-x, ketinggian pesawat sinar-x, panjang dan lebar ruangan Laboratorium Fisika Medik. Batas nilai *input* untuk tegangan adalah 40 kV sampai dengan 100 kV. Batas nilai *input* untuk arus adalah 16 mA sampai dengan 100 mA. Batas nilai untuk ketinggian adalah 0 cm sampai dengan 160 cm. Batas nilai *input* untuk sumbu x adalah -200 cm sampai dengan 200 cm. Batas nilai *input* sumbu y adalah -150 cm sampai dengan 150 cm. Desain *interface* penentuan laju dosis radiasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Desain *interface form* menentukan laju dosis radiasi menggunakan *fuzzy inference system*

Properti dan *setting* dari *interface form* menentukan laju dosis radiasi menggunakan *fuzzy inference system* disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Properti dan *Setting*

No	Komponen	Properti	<i>Setting</i>
1	<i>Panel</i>	Tag	uipanel1
	<i>Edit</i>	Tag	Vin, Iin, Hin, Xin, Yin
	<i>Text</i>	Tag	Text1, Text2, Text3, Text4, Text5, Text6, Text7, Text8, Text9, Text10, Text11
2	<i>Push Button</i>	Tag	pb_run, pb_close
3	<i>Panel</i>	Tag	Uipanel2
	<i>Edit</i>	Tag	Vout, Iout, Hout, Xout, Yout, LDout
	<i>Text</i>	Tag	Text12, Text13, Text14, Text15, Text16, Text17, Text18, Text19, Text20, Text22, Text23, Text24

Berikut beberapa fungsi dari komponen sistem yang telah dibangun:

1. *Panel* masukan (uipanel1)

Pada *panel* masukan (uipanel1) terdapat komponen *edit* dan *text* yang berfungsi sebagai *input* data seperti tegangan, arus, ketinggian, dan koordinat ruangan Laboratorium Fisika Medik yaitu sumbu x dan sumbu y.

2. *Push Button* running (pb_run)

Push Button running (pb_run) berfungsi sebagai tombol perintah untuk menampilkan hasil pada uipanel2.

3. *Panel* hasil (uipanel2)

Pada *panel* hasil (uipanel2) terdapat komponen *edit* dan *text* yang berfungsi sebagai tampilan *output* data seperti tegangan, arus, ketinggian dan koordinat ruangan Laboratorium Fisika Medik yaitu sumbu x dan sumbu y yang sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Pada panel hasil (uipanel2) juga menampilkan

output dari pemilihan besar laju dosis radiasi pada kedua *fuzzy inference system* yang telah dibangun. *Input* seperti tegangan, arus, ketinggian dan koordinat ruang Laboratorium Fisika Medik pada kedua *fuzzy inference system* diambil dari *output* pada panel hasil (uipanel2).

4. *Push Button* close (pb_close)

Push Button close (pb_close) berfungsi sebagai tombol perintah untuk mengakhiri program yang telah ditampilkan.

Tampilan dari desain program penentuan laju dosis radiasi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tampilan dari desain program penentuan laju dosis radiasi menggunakan *fuzzy inference system*.

Dari gambar dapat diketahui dengan *input* tegangan = 65 kV, arus = 63 mA, ketinggian = 75 cm dan koordinat ruang berada di titik (0,0) yaitu sumbu x = 0 cm dan sumbu y = 0 cm, maka keluaran *output* untuk tegangan, arus, ketinggian dan koordinat ruang akan sama karena memenuhi nilai batas yang telah ditentukan, sedangkan *output* laju dosis radiasi yang ditampilkan adalah 5717,87 $\mu\text{Sv/h}$.

4.3.2 Pengujian Data

Pengujian data dilakukan dengan menghitung nilai MAPE dari hasil pengukuran laju dosis di Laboratorium Fisika Medik Unnes dan hasil pada *fuzzy inference system* dalam menentukan nilai laju dosis radiasi. Pengujian data dilakukan untuk menentukan kelayakan dari suatu sistem yang telah dibangun. Data hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik Unnes tidak seluruhnya dijadikan sebagai data uji bagi *fuzzy inference system* yang telah dibentuk. Hal ini dikarenakan data hasil pengukuran laju radiasi menggunakan *Surveymeter* bernilai $0 \mu\text{Sv/h}$ sehingga tidak dapat ditentukan berapa MAPE nya. Oleh sebab itu dari 243 data pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik hanya 93 data yang digunakan sebagai data uji. Berdasarkan data tersebut diperoleh nilai MAPE 9,03%.

Menurut Harun sebagaimana dikutip oleh Zainun *et al.*,(2011) suatu sistem prediksi dikatakan sangat baik apabila nilai MAPE $< 10\%$. Berdasarkan hal tersebut, *fuzzy inference system* yang telah dibangun untuk menentukan nilai laju dosis radiasi termasuk ke dalam sistem prediksi yang sangat baik karena MAPE dari sistem ini $< 10\%$. *Fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi yang telah dibangun dikatakan layak untuk digunakan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar tegangan (kV) dan arus (mA) berbanding lurus dengan laju dosis ($\mu Sv/h$) yang dihasilkan. Semakin besar tegangan (kV) dan arus (mA) yang diberikan semakin besar laju dosis ($\mu Sv/h$) yang terukur, sedangkan besar jarak (cm) berbanding terbalik dengan laju dosis ($\mu Sv/h$) yang dihasilkan. Semakin jauh jarak (cm) suatu objek dari sumber radiasi maka semakin kecil laju dosis ($\mu Sv/h$) yang terukur.
2. Hasil laju dosis radiasi dari analisis *fuzzy inference system* metode Mamdani secara manual dengan kasus tegangan $65 kV$, arus $63 mA$, ketinggian $75 cm$ dan terletak pada koordinat $(0,0) cm$ adalah $5716,52 \mu Sv/h$, sedangkan dengan menggunakan aplikasi program hasil laju dosis radiasi sebesar $5717,87 \mu Sv/h$.
3. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan standar ukuran akurasi MAPE diperoleh hasil $9,03\%$ pada *fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi yang telah dibangun. Berdasarkan kriteria tersebut sistem ini dikatakan layak untuk digunakan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dibeikan sebagai berikut:

1. Pengukuran laju dosis radiasi dapat menggunakan *Surveymeter* digital agar ketelitian hasil pengukurannya lebih besar.
2. Untuk pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan membangun *fuzzy inference system* dalam menentukan laju dosis radiasi menggunakan metode lain seperti metode Takagi Sugeno dan metode Tsukamoto, agar dapat dibandingkan dengan metode mamdani yang telah berhasil dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, A., D.Harsono, R. FA., Jumari, Wagirin, D. Yuliansari, & N. S. 2013. Modifikasi *Surveymeter* dengan Penambahan Fasilitas Pesan Singkat (SMS). *Seminar Nasional IX SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: STTN-BATAN.
- Akgun, A., E. A. Sezer, H. A. Nefeslioglu, C. Gokceoglu & B. Pradhan. 2012. An Easy-to Use MATLAB Program (Mamland) for The Assessment of Landslide Susceptibility Using A Mamdani Fuzzy Algorithm. *Computers & Geosciences*. 38: 23–34.
- Angel, G. 2012. A Brief History of Fuzzy Logic. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neurosciens*. 3(1): 71-77.
- Arifin, S. 2015. *Implementasi Logika Fuzzy Mamdani untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir di Semarang Utara*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Aryawijayanti, R. Susilo & Sutikno. 2015. Analisis Dampak Radiasi Sinar-x pada Mencit Melalui Pemetaan Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik. *Jurnal MIPA*. 38(1): 25-30.
- BAPETEN. 2006. *Modul Dosimetri*. Tersedia di <http://ansn.bapeten.go.id/> [diakses 13-03-2016]
- BAPETEN. 2013. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi*.
- BATAN. 2011. *Pedoman Keselamatan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong*. Serpong: PUSPITEK Serpong.
- Bontrager, K.L. & J.P. Lampignano. 2014. *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. St. Louis: Elsevier Mosbe.
- Bugarski, V., T. Backalic & U. Kuzmanov. 2013. Fuzzy Decision Support System for Ship Lock Control. *Expert Systems with Applications*. 40: 3953-3960.
- Bushberg, J.T., J. T. Seibert, E. M. Leidholdt & J. M. Boone. 2012. *The Essential Physics of Medical Imaging Third edition*. USA: SPI Global.

- Cahyono, B. 2013. Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Jurnal Phenomenon*. 1(1): 45-62.
- Djunaidi, M. E. Setiawan & F. W. Andisti. 2005. Penentuan Jumlah Produksi dengan Aplikasi Metode Fuzzy – Mamdani. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 4 (2): 95-104.
- Fahmi, A., K.S.Firdausi, W.S. Budi. 2008. Pengaruh Faktor Eksposi Pada Pemeriksaan Abdomen Terhadap Kualitas Radiograf Dan Paparan Radiasi Menggunakan Computed Radiography. *Berkala Fisika*. 11(4): 109-118.
- Fauzyah, A. 2013. *Pengaruh Radiasi Sinar X terhadap Motilitas Sperma pada Tikus Mencit (Mus Muculus)*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri.
- Fitra, T.Y. 2014. *Aplikasi Sistem Fuzzy untuk Prediksi Harga Crude Palm Oil (CPO)*. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fosbinder, R. & D. Orth. 2011. *Essentials of Radiologic Science*. (1st ed.). USA: C&C offset.
- Ginting, R.B. 2014. Analisis Fungsi Implikasi Max-Min dan Max-Prod dalam Pengambilan Keputusan. *Citec Journal*. 1(2): 128-138.
- Haditjahyono, H. 2006. *Alat proteksi Radiasi*. Pusdiklat- Batan.
- Kurnianto, K., I. M. Putra & I. P. Susila. 2013. Perencanaan Perangkat Radiografi Digital untuk Industri. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Perencanaan Perangkat Nuklir*: 261-274.
- Kurniawati, I. 2015. *Sistem Pakar Diagnosis Chronic Kidney Disease Berbasis Mamdani Fuzzy Inference System*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Kusminarto. 2011. *Esensi Fisika Modern*. Yogyakarta: ANDI.
- Kusuma, S. & H. Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Laksono, H. D. & H. Effendi. 2011. Aplikasi logika Fuzzy pada Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Provinsi Sumatera Barat sampai Tahun 2018. *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*. 3(1): 42-53.

- Martina, D., Susilo & Sunarno. 2015. Uji Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Merk/ Type Mednif/Sf-100by Di Laboratorium Fisika Medik Menggunakan Unit RMI. *Jurnal MIPA*. 38(2): 121- 126.
- Maryanto, D., Solichin & Z. Abidin. 2008. Analisis Keselamatan Kerja Radiasi Pesawat Sinar-X di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: STTN-BATAN.
- The Math Works, Inc.2016. *Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide*.
- Meredith, W.J, & J. B. Massey. 1977. *Fundamental Physics of Radiology*. Manchester: Year Book Medical Publishers. Tersedia di <https://archive.org/details/FundamentalPhysicsOfRadiology> [diakses 22-11-2016]
- Park, B. , C. Yee & K.Y. Lee. 2014. The Effect of Radiation on the Immune Response to Cancers. *Internasional Journal Molecular Sciences*,15 : 927-943.
- Phillips, G & W. P. Monaghan. 2011. Radiation Safety for Anesthesia Providers. *AANA Journal*, 79(3) : 257-267.
- Podgorsak, E.B. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook For Teachers And Students*. Austria: International Atomic Energy Agency.
- Syahria, E.Setiawati & K.S Firdausi. 2012. Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara. *Berkala Fisika*. 15(4):123-132.
- Seibert, J. A. 2004. X-Ray Imaging Physics for Nuclear Medicine Technologists. Part 1: Basic Principles of X-Ray Production. *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 32(3) : 139-147.
- Sungkawa, I. & R. T. Megasari. 2011. Penerapan Ukuran Ketetapan Nilai Ramalan Data Deret Waktu dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satriamandiri Citramulia. *Comtech*. 2(2): 636-645.
- Surakhman & Suyono. 2009. Pembuatan Detektor Geiger-Mueller Tipe Jendela Samping dengan Gas Isian Argon –Etanol. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: STTN-BATAN.

- Susilo, Sunarno, I. K. Swakarma, R. Setiawan & E. Wibowo. 2013. Kajian Sistem Radiografi Digital sebagai Pengganti Sistem Computed Radiography yang Mahal. *Jurnal Fisika Indonesia*. 27 (50): 40- 34.
- Susilo, W.S. Budi & Kusminarto. 2011. Analisis Homogenitas Bahan Acrylic dengan Teknik Radiografi Sinar-x. *Jurnal Fisika*. 1(1): 29-34.
- Suwadyana, M.B. & A. A. G. B. Ariana. 2013. Fuzzy Inference System Mamdani untuk Penentuan Kredit pada KPN Estika Dewata. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*. 1(2): 153-163.
- Suyatno, F., Istofa, & L. Yuniarsari. 2007. Rekayasa Sistem Pengaturan Parameter Pesawat Sinar-X Diagnostik Berbasis Mikrokontroler Keluarga MCS 51. *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: STTN-BATAN.
- Suyatno, F. 2008. Aplikasi Radiasi Sinar-X di Bidang Kedokteran untuk Menunjang Keselamatan Masyarakat. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: STTN-BATAN.
- Suyatno, F. 2010. Aplikasi Radiasi dan Radioisotop dalam Bidang Kedokteran. *Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta : STTN-BATAN & Fak. Saintek UIN SUKA.
- Tipler, P. A. 1991. *Fisika untuk Sains dan Teknik* (3th ed.). Translated by Soegijono, B. 2001. Jakarta: Erlangga, Inc.
- Ula, M. 2014. Implementasi Logika Fuzzy dalam Optimasi Jumlah Pengadaan Barang Menggunakan Metode Stukamoto (Study Kasus: Toko Kain My Text). *Jurnal ECOTIPE*. 1(2): 36-46.
- Wang, Y. M. 2009. Centroid Defuzzification and The Maximizing Set and Minimizing Set Ranking Based on Alpha Level Sets. *Computers & Industrial Engineering*. 57: 228–236.
- Wang, Y. & Y. Chen. 2014. A Comparison of Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference System for Traffic Flow Prediction. *Journal of Computers*, 9(1): 12-21.

- Wulandari, Y. 2011. *Aplikasi Metode Mamdani dalam Penentuan Status Gizi dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) Menggunakan Logika Fuzzy*. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Xu, Z. & R. R. Yager. 2008. Dynamic Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Decision Making. *International Journal of Approximate Reasoning*. 48: 246–262.
- Yulianti, D. & P. Dwijananti. 2005. *Diklat Kuliah Fisika Radiasi*. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Zainun, N.Y., I. A. Rahman & M. Eftekhari. 2011. Forecasting Low-Cost Housing Demand in Pahang, Malaysia Using Artificial Neural Networks. *International journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*. 2(1): 83-88.
- Zendrato, N. E., O. Darnius & P. Sembiring. 2014. Perencanaan Jumlah Produksi Mie Instan dengan Penegasan (Defuzzifikasi) Centroid Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: Jumlah Produksi Indomie di Pt. Indofood Cbp Sukses Makmur, Tbk Tanjung Morawa). *Saintia Matematika*. 2 (2): 115-126.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel hasil pengukuran laju dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik

No	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Ketinggian (cm)	sumbu X (cm)	sumbu Y (cm)	Laju dosis ($\mu\text{Sv/h}$)
1	40	16	50	-140	-100	$0 \pm 2,5$
2	40	16	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
3	40	16	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
4	40	16	50	0	-100	$0 \pm 2,5$
5	40	16	50	0	0	1000 ± 250
6	40	16	50	0	100	$0 \pm 2,5$
7	40	16	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
8	40	16	50	140	0	$0 \pm 2,5$
9	40	16	50	140	100	$0 \pm 2,5$
10	40	16	75	-140	-100	$0 \pm 2,5$
11	40	16	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
12	40	16	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
13	40	16	75	0	-100	$0 \pm 2,5$
14	40	16	75	0	0	550 ± 25
15	40	16	75	0	100	$0 \pm 2,5$
16	40	16	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
17	40	16	75	140	0	$0 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

18	40	16	75	140	100	$0 \pm 2,5$
19	40	16	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
20	40	16	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
21	40	16	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
22	40	16	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
23	40	16	150	0	0	$45 \pm 2,5$
24	40	16	150	0	100	$0 \pm 2,5$
25	40	16	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
26	40	16	150	140	0	$0 \pm 2,5$
27	40	16	150	140	100	$0 \pm 2,5$
28	40	63	50	-140	-100	$0 \pm 2,5$
29	40	63	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
30	40	63	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
31	40	63	50	0	-100	$0 \pm 2,5$
32	40	63	50	0	0	5000 ± 250
33	40	63	50	0	100	$0 \pm 2,5$
34	40	63	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
35	40	63	50	140	0	$0 \pm 2,5$
36	40	63	50	140	100	$0 \pm 2,5$
37	40	63	75	-140	-100	$0 \pm 2,5$
38	40	63	75	-140	0	$0 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

39	40	63	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
40	40	63	75	0	-100	$0 \pm 2,5$
41	40	63	75	0	0	3000 ± 250
42	40	63	75	0	100	$0 \pm 2,5$
43	40	63	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
44	40	63	75	140	0	$0 \pm 2,5$
45	40	63	75	140	100	$0 \pm 2,5$
46	40	63	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
47	40	63	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
48	40	63	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
49	40	63	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
50	40	63	150	0	0	400 ± 25
51	40	63	150	0	100	$0 \pm 2,5$
52	40	63	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
53	40	63	150	140	0	$0 \pm 2,5$
54	40	63	150	140	100	$0 \pm 2,5$
55	40	100	50	-140	-100	$0 \pm 2,5$
56	40	100	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
57	40	100	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
58	40	100	50	0	-100	$0 \pm 2,5$
59	40	100	50	0	0	6000 ± 250

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

60	40	100	50	0	100	$0 \pm 2,5$
61	40	100	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
62	40	100	50	140	0	$0 \pm 2,5$
63	40	100	50	140	100	$0 \pm 2,5$
64	40	100	75	-140	-100	$0 \pm 2,5$
65	40	100	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
66	40	100	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
67	40	100	75	0	-100	$0 \pm 2,5$
68	40	100	75	0	0	4000 ± 250
69	40	100	75	0	100	$0 \pm 2,5$
70	40	100	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
71	40	100	75	140	0	$0 \pm 2,5$
72	40	100	75	140	100	$0 \pm 2,5$
73	40	100	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
74	40	100	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
75	40	100	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
76	40	100	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
77	40	100	150	0	0	2000 ± 250
78	40	100	150	0	100	$0 \pm 2,5$
79	40	100	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
80	40	100	150	140	0	$0 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

81	40	100	150	140	100	$0 \pm 2,5$
82	65	16	50	-140	-100	$0 \pm 2,5$
83	65	16	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
84	65	16	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
85	65	16	50	0	-100	$0 \pm 2,5$
86	65	16	50	0	0	6000 ± 250
87	65	16	50	0	100	$0 \pm 2,5$
88	65	16	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
89	65	16	50	140	0	$0 \pm 2,5$
90	65	16	50	140	100	$0 \pm 2,5$
91	65	16	75	-140	-100	$0 \pm 2,5$
92	65	16	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
93	65	16	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
94	65	16	75	0	-100	$0 \pm 2,5$
95	65	16	75	0	0	4500 ± 250
96	65	16	75	0	100	$0 \pm 2,5$
97	65	16	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
98	65	16	75	140	0	$0 \pm 2,5$
99	65	16	75	140	100	$0 \pm 2,5$
100	65	16	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
101	65	16	150	-140	0	$0 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

102	65	16	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
103	65	16	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
104	65	16	150	0	0	800 ± 25
105	65	16	150	0	100	$0 \pm 2,5$
106	65	16	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
107	65	16	150	140	0	$0 \pm 2,5$
108	65	16	150	140	100	$0 \pm 2,5$
109	65	63	50	-140	-100	$5 \pm 2,5$
110	65	63	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
111	65	63	50	-140	100	$0 \pm 2,5$
112	65	63	50	0	-100	$20 \pm 2,5$
113	65	63	50	0	0	10000 ± 250
114	65	63	50	0	100	$25 \pm 2,5$
115	65	63	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
116	65	63	50	140	0	$5 \pm 2,5$
117	65	63	50	140	100	$0 \pm 2,5$
118	65	63	75	-140	-100	$5 \pm 2,5$
119	65	63	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
120	65	63	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
121	65	63	75	0	-100	$10 \pm 2,5$
122	65	63	75	0	0	5500 ± 250

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

123	65	63	75	0	100	$15 \pm 2,5$
124	65	63	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
125	65	63	75	140	0	$0 \pm 2,5$
126	65	63	75	140	100	$0 \pm 2,5$
127	65	63	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
128	65	63	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
129	65	63	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
130	65	63	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
131	65	63	150	0	0	1000 ± 250
132	65	63	150	0	100	$0 \pm 2,5$
133	65	63	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
134	65	63	150	140	0	$0 \pm 2,5$
135	65	63	150	140	100	$0 \pm 2,5$
136	65	100	50	-140	-100	$10 \pm 2,5$
137	65	100	50	-140	0	$0 \pm 2,5$
138	65	100	50	-140	100	$5 \pm 2,5$
139	65	100	50	0	-100	$30 \pm 2,5$
140	65	100	50	0	0	10000 ± 250
141	65	100	50	0	100	$35 \pm 2,5$
142	65	100	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
143	65	100	50	140	0	$10 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

144	65	100	50	140	100	$5 \pm 2,5$
145	65	100	75	-140	-100	$10 \pm 2,5$
146	65	100	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
147	65	100	75	-140	100	$0 \pm 2,5$
148	65	100	75	0	-100	$15 \pm 2,5$
149	65	100	75	0	0	9000 ± 250
150	65	100	75	0	100	$20 \pm 2,5$
151	65	100	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
152	65	100	75	140	0	$5 \pm 2,5$
153	65	100	75	140	100	$0 \pm 2,5$
154	65	100	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
155	65	100	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
156	65	100	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
157	65	100	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
158	65	100	150	0	0	3500 ± 250
159	65	100	150	0	100	$0 \pm 2,5$
160	65	100	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
161	65	100	150	140	0	$0 \pm 2,5$
162	65	100	150	140	100	$0 \pm 2,5$
163	80	16	50	-140	-100	$5 \pm 2,5$
164	80	16	50	-140	0	$0 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

165	80	16	50	-140	100	$5 \pm 2,5$
166	80	16	50	0	-100	$15 \pm 2,5$
167	80	16	50	0	0	10000 ± 250
168	80	16	50	0	100	$20 \pm 2,5$
169	80	16	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
170	80	16	50	140	0	$15 \pm 2,5$
171	80	16	50	140	100	$5 \pm 2,5$
172	80	16	75	-140	-100	$5 \pm 2,5$
173	80	16	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
174	80	16	75	-140	100	$5 \pm 2,5$
175	80	16	75	0	-100	$10 \pm 2,5$
176	80	16	75	0	0	10000 ± 250
177	80	16	75	0	100	$15 \pm 2,5$
178	80	16	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
179	80	16	75	140	0	$5 \pm 2,5$
180	80	16	75	140	100	$0 \pm 2,5$
181	80	16	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
182	80	16	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
183	80	16	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
184	80	16	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
185	80	16	150	0	0	4000 ± 250

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

186	80	16	150	0	100	$0 \pm 2,5$
187	80	16	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
188	80	16	150	140	0	$0 \pm 2,5$
189	80	16	150	140	100	$0 \pm 2,5$
190	80	63	50	-140	-100	$15 \pm 2,5$
191	80	63	50	-140	0	$5 \pm 2,5$
192	80	63	50	-140	100	$10 \pm 2,5$
193	80	63	50	0	-100	$30 \pm 2,5$
194	80	63	50	0	0	10000 ± 250
195	80	63	50	0	100	$40 \pm 2,5$
196	80	63	50	140	-100	$0 \pm 2,5$
197	80	63	50	140	0	$15 \pm 2,5$
198	80	63	50	140	100	$15 \pm 2,5$
199	80	63	75	-140	-100	$10 \pm 2,5$
200	80	63	75	-140	0	$0 \pm 2,5$
201	80	63	75	-140	100	$5 \pm 2,5$
202	80	63	75	0	-100	$25 \pm 2,5$
203	80	63	75	0	0	10000 ± 250
204	80	63	75	0	100	$30 \pm 2,5$
205	80	63	75	140	-100	$0 \pm 2,5$
206	80	63	75	140	0	$10 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

207	80	63	75	140	100	$5 \pm 2,5$
208	80	63	150	-140	-100	$0 \pm 2,5$
209	80	63	150	-140	0	$0 \pm 2,5$
210	80	63	150	-140	100	$0 \pm 2,5$
211	80	63	150	0	-100	$0 \pm 2,5$
212	80	63	150	0	0	7500 ± 250
213	80	63	150	0	100	$5 \pm 2,5$
214	80	63	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
215	80	63	150	140	0	$5 \pm 2,5$
216	80	63	150	140	100	$0 \pm 2,5$
217	80	100	50	-140	-100	$25 \pm 2,5$
218	80	100	50	-140	0	$5 \pm 2,5$
219	80	100	50	-140	100	$15 \pm 2,5$
220	80	100	50	0	-100	$40 \pm 2,5$
221	80	100	50	0	0	10000 ± 250
222	80	100	50	0	100	$50 \pm 2,5$
223	80	100	50	140	-100	$5 \pm 2,5$
224	80	100	50	140	0	$35 \pm 2,5$
225	80	100	50	140	100	$25 \pm 2,5$
226	80	100	75	-140	-100	$10 \pm 2,5$
227	80	100	75	-140	0	$5 \pm 2,5$

Tabel lanjutan dari Lampiran 1.

228	80	100	75	-140	100	$5 \pm 2,5$
229	80	100	75	0	-100	$25 \pm 2,5$
230	80	100	75	0	0	10000 ± 250
231	80	100	75	0	100	$35 \pm 2,5$
232	80	100	75	140	-100	$5 \pm 2,5$
233	80	100	75	140	0	$30 \pm 2,5$
234	80	100	75	140	100	$15 \pm 2,5$
235	80	100	150	-140	-100	$5 \pm 2,5$
236	80	100	150	-140	0	$5 \pm 2,5$
237	80	100	150	-140	100	$5 \pm 2,5$
238	80	100	150	0	-100	$5 \pm 2,5$
239	80	100	150	0	0	10000 ± 250
240	80	100	150	0	100	$10 \pm 2,5$
241	80	100	150	140	-100	$0 \pm 2,5$
242	80	100	150	140	0	$5 \pm 2,5$
243	80	100	150	140	100	$10 \pm 2,5$

Lampiran 2. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Tegangan

$$\mu_{V_{rendah}}(x) = \begin{cases} \frac{x - 30}{45 - 30} ; & 30 < x < 45 \\ 1 ; & x = 45 \\ \frac{50 - x}{50 - 45} ; & 45 < x < 50 \end{cases}$$

$$\mu_{V_sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x - 45}{65 - 45} ; & 45 < x < 65 \\ 1 ; & x = 65 \\ \frac{80 - x}{80 - 65} ; & 65 < x < 80 \end{cases}$$

$$\mu_{V_Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 65 \\ \frac{x - 65}{90 - 65} ; & 65 < x < 90 \\ 1 ; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

Lampiran 3. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Arus

$$\mu_{I_rendah}(x) = \begin{cases} \frac{x - 0}{35 - 0} ; & 0 < x < 35 \\ 1 ; & x = 35 \\ \frac{45 - x}{45 - 35} ; & 35 < x < 45 \end{cases}$$

$$\mu_{I_sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x - 35}{62 - 35} ; & 35 < x < 62 \\ 1 ; & x = 62 \\ \frac{80 - x}{80 - 62} ; & 62 < x < 80 \end{cases}$$

$$\mu_{I_Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 62 \\ \frac{x - 62}{100 - 62} ; & 62 < x < 100 \\ 1 ; & x = 100 \end{cases}$$

Lampiran 4. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Ketinggian

$$\mu_{H_rendah}(x) = \begin{cases} 1 ; & 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{80 - x}{80 - 30} ; & 30 < x < 80 \\ 0 ; & x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{H_sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x - 50}{80 - 50} ; & 50 < x < 80 \\ 1; & x = 80 \\ \frac{130 - x}{130 - 80} ; & 80 < x < 130 \end{cases}$$

$$\mu_{H_rendah}(x) = \begin{cases} \frac{x - 80}{130 - 80} ; & 80 < x < 130 \\ 1; & x = 130 \\ \frac{170 - x}{170 - 130} ; & 130 < x < 170 \end{cases}$$

Lampiran 5. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Sumbu-x

$$\mu_{X_negatif}(x) = \begin{cases} \frac{x - (-210)}{(-40) - (-210)} ; & -210 < x < -40 \\ 1; & x = -40 \\ \frac{-35 - x}{(-35) - (-40)} ; & -40 < x < -35 \end{cases}$$

$$\mu_{X_zero}(x) = \begin{cases} \frac{x - (-40)}{0 - (-40)} ; & -40 < x < 0 \\ 1; & x = 0 \\ \frac{35 - x}{0 - 35} ; & 0 < x < 35 \end{cases}$$

$$\mu_{X_positif}(x) = \begin{cases} \frac{x - 0}{35 - 0} ; & 0 < x < 35 \\ 1; & x = 35 \\ \frac{210 - x}{210 - 35} ; & 35 < x < 210 \end{cases}$$

Lampiran 6. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Sumbu-y

$$\mu_{Y_negatif}(x) = \begin{cases} \frac{x - (-160)}{(-35) - (-160)} ; & -160 < x < -35 \\ 1; & x = -35 \\ \frac{0 - x}{0 - (-35)} ; & -35 < x < 0 \end{cases}$$

$$\mu_{Y_zero}(x) = \begin{cases} \frac{x - (-35)}{0 - (-35)} ; & -35 < x < 0 \\ 1 ; & x = 0 \\ \frac{40 - x}{0 - 40} ; & 0 < x < 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Y_positif}(x) = \begin{cases} \frac{x - 35}{40 - 35} ; & 35 < x < 40 \\ 1 ; & x = 40 \\ \frac{160 - x}{160 - 40} ; & 40 < x < 160 \end{cases}$$

Lampiran 7. Rumus Fungsi keanggotaan variabel Laju Dosis

$$\mu_{LD1}(z) = \begin{cases} \frac{z - 0}{2 - 0} ; & 0 < z < 2 \\ 1 ; & z = 2 \\ \frac{3 - z}{3 - 22} ; & 2 < z < 3 \end{cases}$$

$$\mu_{LD2}(z) = \begin{cases} \frac{z - 3}{5 - 3} ; & 3 < z < 5 \\ 1 ; & z = 5 \\ \frac{7 - z}{7 - 5} ; & 7 < z < 5 \end{cases}$$

$$\mu_{LD3}(z) = \begin{cases} \frac{z - 7}{15 - 7} ; & 7 < z < 15 \\ 1 ; & z = 15 \\ \frac{22 - z}{22 - 15} ; & 15 < z < 22 \end{cases}$$

$$\mu_{LD4}(z) = \begin{cases} \frac{z - 22}{50 - 22} ; & 22 < z < 50 \\ 1 ; & z = 50 \\ \frac{55 - z}{55 - 50} ; & 50 < z < 55 \end{cases}$$

$$\mu_{LD5}(z) = \begin{cases} \frac{z - 55}{150 - 55} ; & 55 < z < 150 \\ 1; & z = 150 \\ \frac{150 - z}{150 - 500} ; & 150 < z < 500 \end{cases}$$

$$\mu_{LD6}(z) = \begin{cases} \frac{z - 500}{1100 - 7} ; & 500 < z < 1100 \\ 1; & z = 1100 \\ \frac{1400 - z}{1400 - 1100} ; & 1100 < z < 1400 \end{cases}$$

$$\mu_{LD7}(z) = \begin{cases} \frac{z - 1400}{2000 - 1400} ; & 1400 < z < 2000 \\ 1; & z = 2000 \\ \frac{2600 - z}{2600 - 2000} ; & 2000 < z < 2600 \end{cases}$$

$$\mu_{LD8}(z) = \begin{cases} \frac{z - 2600}{3500 - 2600} ; & 2600 < z < 3500 \\ 1; & z = 3500 \\ \frac{4200 - z}{4200 - 3500} ; & 3500 < z < 4200 \end{cases}$$

$$\mu_{LD9}(z) = \begin{cases} \frac{z - 4200}{6500 - 4200} ; & 4200 < z < 6500 \\ 1; & z = 6500 \\ \frac{8300 - z}{8300 - 6500} ; & 6500 < z < 8300 \end{cases}$$

$$\mu_{LD10}(z) = \begin{cases} \frac{z - 8300}{9000 - 8300} ; & 8300 < z < 9000 \\ 1; & z = 9000 \\ \frac{9500 - z}{9500 - 9000} ; & 9000 < z < 9500 \end{cases}$$

$$\mu_{LD11}(z) = \begin{cases} 0 ; & z \leq 9500 \\ \frac{z - 9500}{10000 - 9500} ; & 9500 < z < 10000 \\ 1 ; & z = 10000 \end{cases}$$

Lampiran 8. Perhitungan menentukan nilai μ pada kasus.

Jika pada kasus ini di ketahui Tegangan bernilai 65 kV, maka:

$$\mu_{V_rendah}(65) = 0 \quad \text{Karena } x \geq 50$$

$$65 \leq 50$$

$$\mu_{V_sedang}(65) = \frac{80 - x}{80 - 65} = \frac{80 - 65}{80 - 65} = 1$$

$$\mu_{V_tinggi}(65) = 0 \quad \text{Karena } x \leq 65$$

$$65 \leq 65$$

Diketahui Arus bernilai 63 mA, maka :

$$\mu_{I_rendah}(63) = 0 \quad \text{Karena } x \geq 45$$

$$63 \geq 45$$

$$\mu_{I_sedang}(63) = \frac{80 - x}{80 - 62} = \frac{80 - 63}{80 - 62} = 0,94$$

$$\mu_{I_tinggi}(63) = \frac{x - 62}{100 - 62} = \frac{63 - 62}{100 - 62} = 0,03$$

Diketahui Ketinggian bernilai 75 cm, maka :

$$\mu_{H_rendah}(75) = \frac{80 - x}{80 - 30} = \frac{80 - 75}{80 - 30} = 0,1$$

$$\mu_{H_sedang}(75) = \frac{x - 50}{80 - 50} = \frac{75 - 50}{80 - 50} = 0,83$$

$$\mu_{H_tinggi}(75) = 0 \quad \text{Karena } x \leq 80$$

$$75 \leq 80$$

Diketahui Sumbu X berada pada 0 cm, maka:

$$\mu_{X_{negatif}}(0) = 0 \quad \text{Karena } x \geq -35$$

$$0 \geq -35$$

$$\mu_{X_{zero}}(0) = \frac{35 - x}{35 - 0} = \frac{35 - 0}{35 - 0} = 1$$

$$\mu_{V_{positif}}(0) = 0 \quad \text{Karena } x \leq 0$$

$$0 \leq 0$$

Diketahui Sumbu Y berada pada 0 cm, maka:

$$\mu_{Y_{negatif}}(0) = 0 \quad \text{Karena } x \geq 0$$

$$0 \geq 0$$

$$\mu_{X_{zero}}(0) = \frac{40 - x}{40 - 0} = \frac{40 - 0}{40 - 0} = 1$$

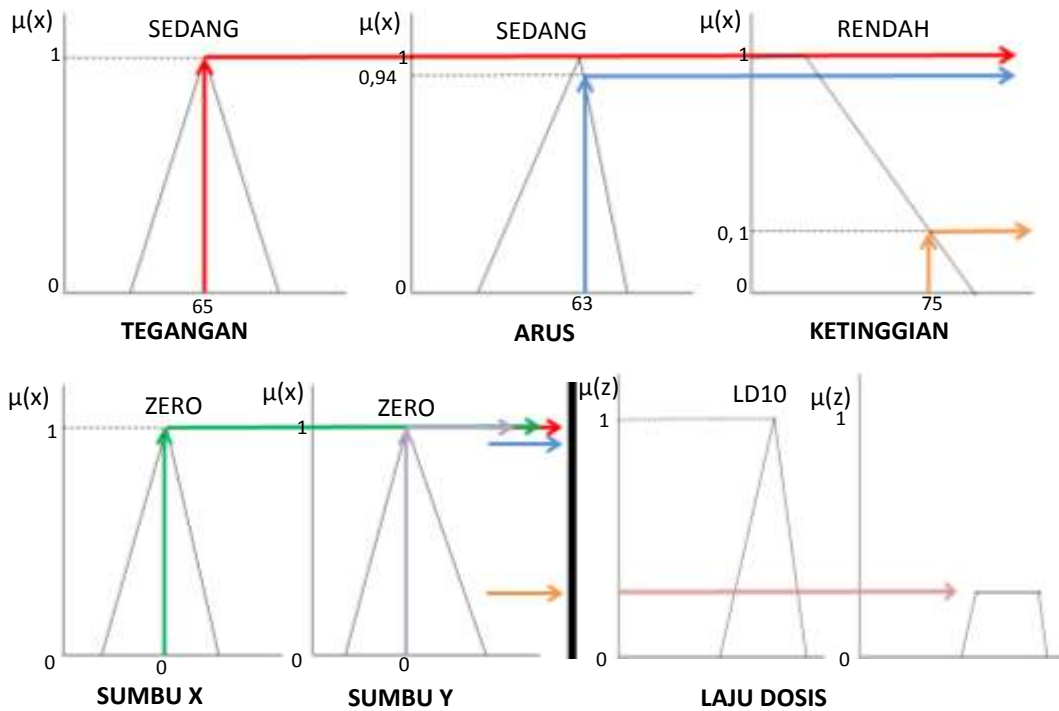
$$\mu_{V_{positif}}(0) = 0 \quad \text{Karena } x \leq 35$$

$$0 \leq 35$$

Lampiran 9. Ilustrasi fungsi implikasi Min dalam menentukan α - predikat.

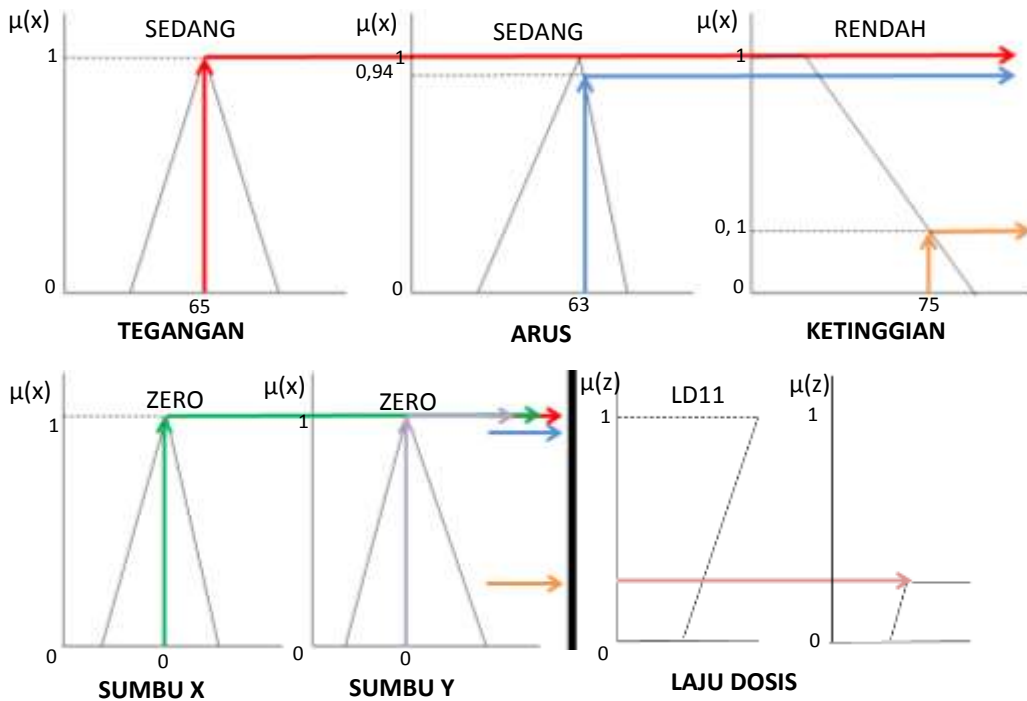
$$\alpha\text{- predikat}_1 = \mu_{V_{sedang}} \cap \mu_{L_{sedang}} \cap \mu_{H_{rendah}} \cap \mu_{x_{Zero}} \cap \mu_{Y_{Zero}}$$

$$= \min (1; 0,94; 0,1; 1; 1) = 0,1$$



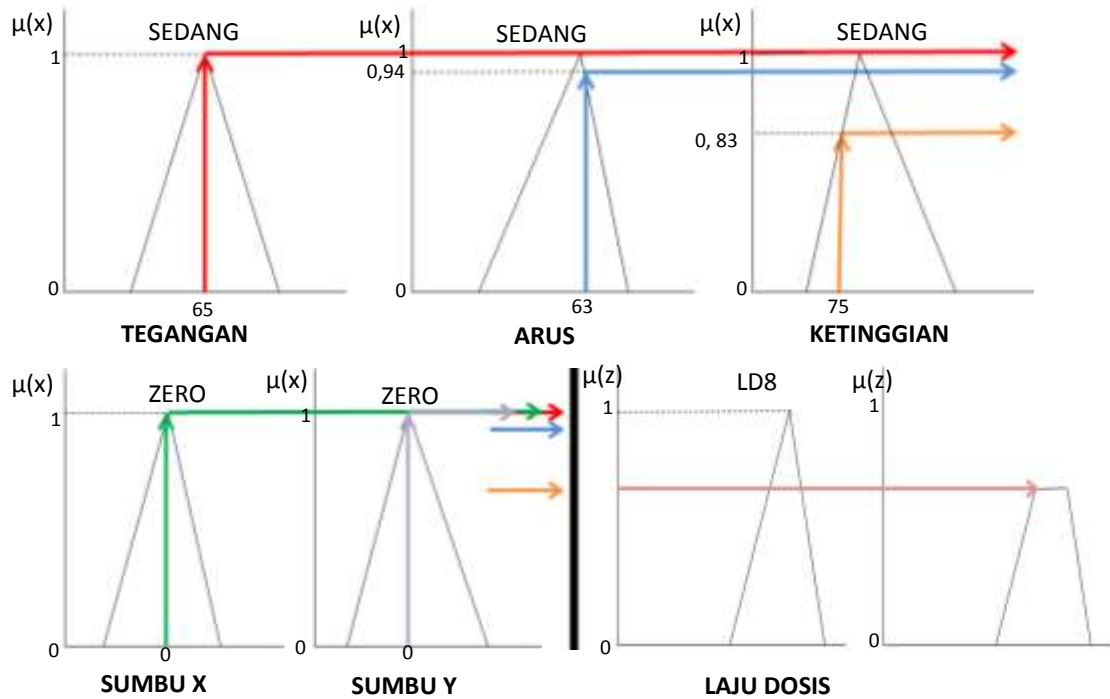
$$\alpha\text{-predikat}_2 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_sedang} \cap \mu_{H_rendah} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{y_Zero}$$

$$= \min(1; 0,94; 0,1; 1; 1) = 0,1$$



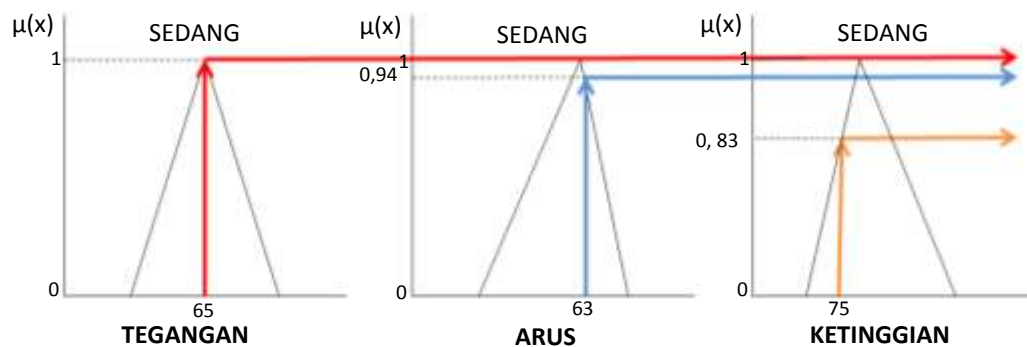
$$\alpha\text{-predikat}_3 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_sedang} \cap \mu_{H_sedang} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero}$$

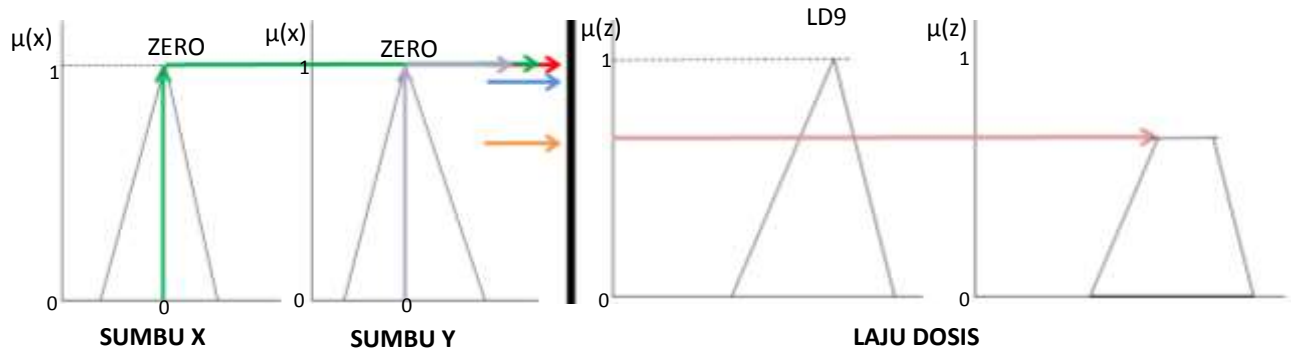
$$= \min(1; 0,94; 0,83; 1; 1) = 0,83$$



$$\alpha\text{-predikat}_4 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_sedang} \cap \mu_{H_sedang} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{Y_Zero}$$

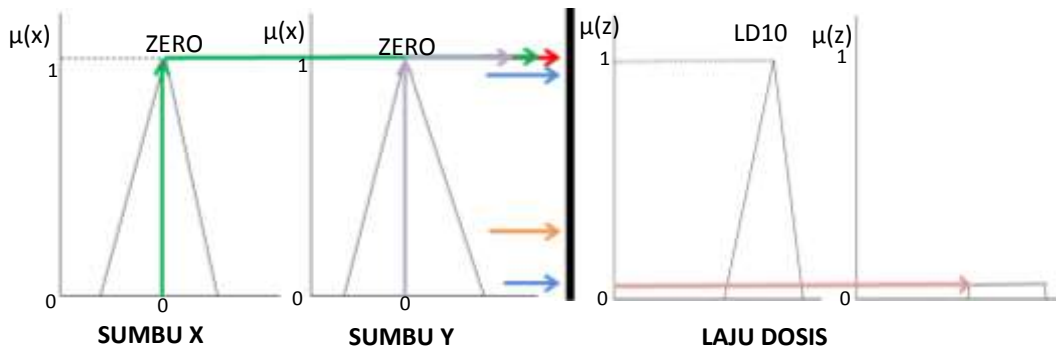
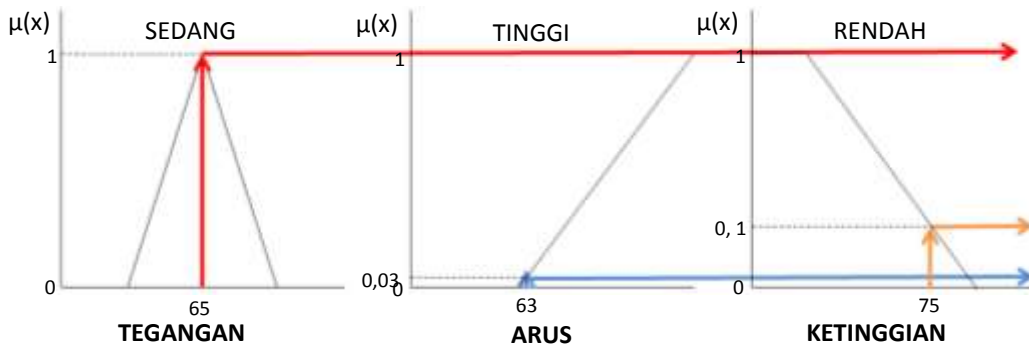
$$= \min(1; 0,94; 0,83; 1; 1) = 0,83$$





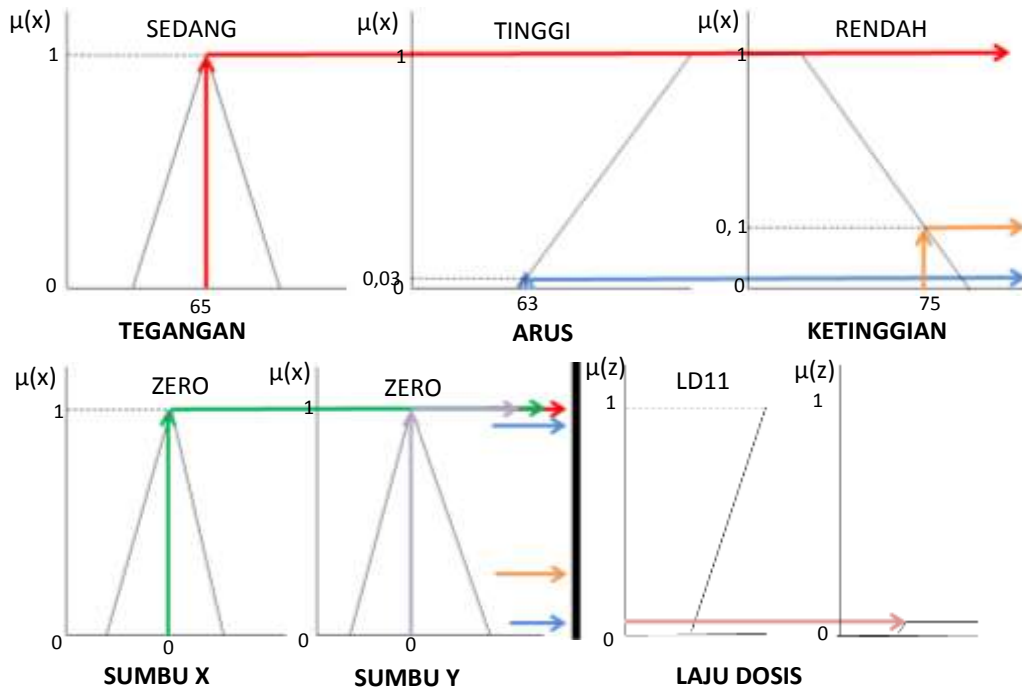
$$\alpha\text{-predikat}_5 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_rendah} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{y_Zero}$$

$$= \min(1; 0,03; 0,1; 1; 1) = 0,03$$



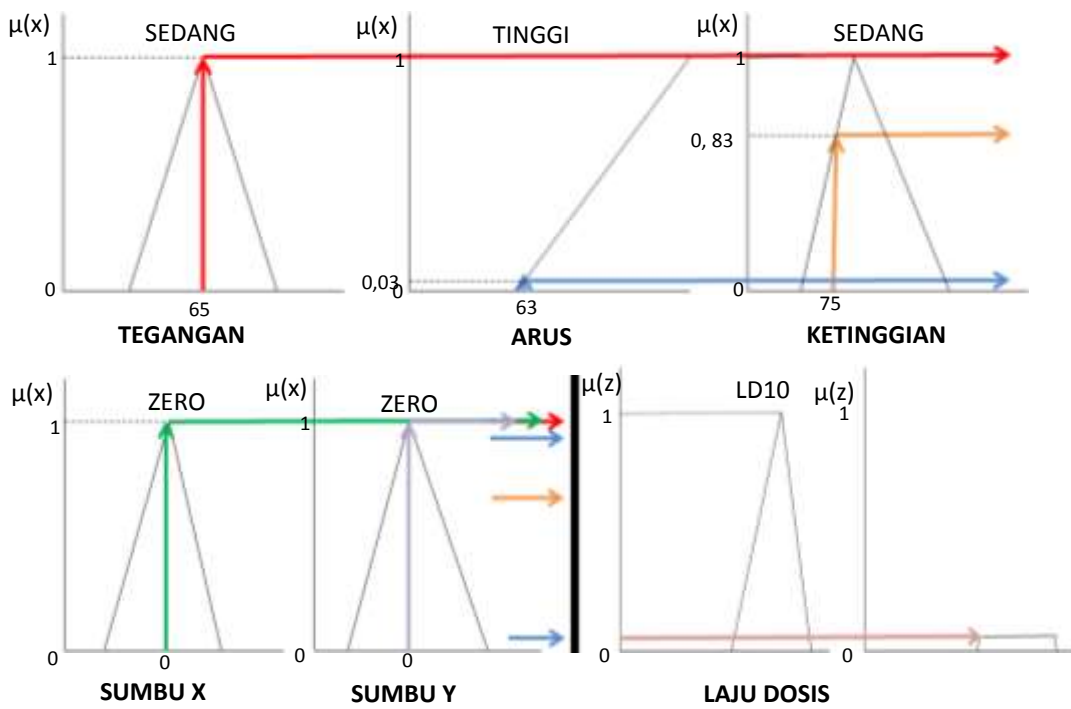
$$\alpha\text{-predikat}_6 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_rendah} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{y_Zero}$$

$$= \min(1; 0,03; 0,1; 1; 1) = 0,03$$



$$\alpha\text{-predikat}_7 = \mu_{V_sedang} \cap \mu_{I_tinggi} \cap \mu_{H_sedang} \cap \mu_{x_Zero} \cap \mu_{y_Zero}$$

$$= \min(1; 0,03; 0,83; 1; 1) = 0,03$$



Lampiran 10. Perhitungan menentukan nilai a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , dan a_7 pada komposisi aturan.

Karena a_1 dan a_2 berada pada himpunan LD8 sehingga rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$\mu_{LD8}(a_1) = \frac{a_1 - 2600}{3500 - 2600}$$

$$0.833 = \frac{a_1 - 2600}{900}$$

$$a_1 = (900 * 0,83) + 2600 = 3347$$

$$\mu_{LD8}(a_2) = \frac{4200 - a_2}{4200 - 3500}$$

$$0.833 = \frac{4200 - a_2}{700}$$

$$a_2 = 4200 - (700 * 0,83) = 3619$$

Karena a_3 dan a_4 berada pda himpunan LD9 sehingga rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$\mu_{LD9}(a_3) = \frac{a_3 - 4200}{6500 - 4200}$$

$$0.833 = \frac{a_3 - 4200}{2300}$$

$$a_3 = (2300 * 0,83) + 4200 = 6109$$

$$\mu_{LD9}(a_4) = \frac{8300 - a_4}{8300 - 6500}$$

$$0.833 = \frac{8300 - a_4}{1800}$$

$$a_4 = 8300 - (1800 * 0,83) = 6806$$

karena a_5 dan a_6 berada pda himpunan LD10 sehingga rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$\mu_{LD10}(a_5) = \frac{a_5 - 8300}{9000 - 8300}$$

$$0.1 = \frac{z_5 - 8300}{700}$$

$$z_5 = (700 * 0,1) + 8300 = 8370$$

$$\mu_{LD10}(a_6) = \frac{9500 - a_6}{9500 - 9000}$$

$$0.1 = \frac{9500 - a_6}{500}$$

$$z_6 = 9500 - (500 * 0,1) = 9450$$

karena a_7 berada pda himpunan LD11 sehingga rumus untuk mencarinya sebagai berikut:

$$\mu_{LD7}(a_7) = \frac{a_7 - 9500}{10000 - 9500}$$

$$0.1 = \frac{a_7 - 9500}{500}$$

$$a_7 = (500 * 0.1) + 9500 = 9550$$

Lampiran 11. Perhitung integral untuk mencari nilai Z_0 pada tahap *Defuzzifikasi*.

$$Z_0 = \frac{\int_{2600}^{10000} Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_{2600}^{10000} \mu(Z) dz}$$

$$Z_0 = \frac{\int_{2600}^{3347} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{3347}^{3619} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{3619}^{4200} Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_{2600}^{3347} \mu(Z) dz + \int_{3347}^{3619} \mu(Z) dz + \int_{3619}^{4200} \mu(Z) dz}$$

$$+ \frac{\int_{4200}^{6109} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{6109}^{6806} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{6806}^{8300} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{8300}^{8370} Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_{4200}^{6109} \mu(Z) dz + \int_{6109}^{6806} \mu(Z) dz + \int_{6806}^{8300} \mu(Z) dz + \int_{8300}^{8370} \mu(Z) dz}$$

$$+ \frac{\int_{8370}^{9450} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{9450}^{9500} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{9500}^{9550} Z \cdot \mu(Z) dz + \int_{9550}^{10000} Z \cdot \mu(Z) dz}{\int_{8370}^{9450} \mu(Z) dz + \int_{9450}^{9500} \mu(Z) dz + \int_{9500}^{9550} \mu(Z) dz + \int_{9550}^{10000} \mu(Z) dz}$$

nilai dari masing-masing integral.

$$\int_{2600}^{3347} Z \cdot \mu(Z) dz = \int_{2600}^{3347} Z \cdot \frac{z - 2600}{900} dz = \int_{2600}^{3347} \frac{z^2 - 2600z}{900} dz$$

$$= \left. \frac{1}{3} \frac{z^3}{900} - \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 2600}{900} \right|_{2600}^{3347}$$

$$= (-2286064,82) - (-3254814,82) = 968750$$

$$\int_{3347}^{3619} Z \cdot \mu(Z) dz = \int_{3347}^{3619} Z \cdot 0,83 dz = \left. \frac{1}{2} z^2 \cdot 0,83 \right|_{3347}^{3619}$$

$$= 5450115,74 - 4676041,67 = 774074.07$$

$$\begin{aligned}
\int_{3619}^{4200} Z \cdot \mu(z) dz &= \int_{3619}^{4200} Z \cdot \frac{4200 - z}{700} dz \\
&= \int_{3619}^{4200} \frac{4200z - z^2}{700} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 4200}{700} - \frac{1}{3} \frac{z^3}{700} \right]_{3619}^{4200} \\
&= 17640000 - 16713688,27 = 926311,72
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{4200}^{6109} Z \cdot \mu(z) dz &= \int_{4200}^{6109} Z \cdot \frac{z - 4200}{2300} dz = \int_{4200}^{6109} \frac{z^2 - 4000z}{2300} dz \\
&= \left. \frac{1}{3} \frac{z^3}{2300} - \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 4200}{2300} \right]_{4200}^{6109} \\
&= (-994081,46) - (-5368695,65) = 4374614,19
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{6109}^{6806} Z \cdot \mu(z) dz &= \int_{6109}^{6806} Z \cdot 0,83 dz = \left. \frac{1}{2} z^2 \cdot 0,83 \right]_{6109}^{6806} \\
&= 19266666,67 - 15589004,63 = 3677662,03
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{6806}^{8300} Z \cdot \mu(z) dz &= \int_{6806}^{8300} Z \cdot \frac{8300 - z}{1800} dz \\
&= \int_{6806}^{8300} \frac{8300z - z^2}{1800} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 8300}{1800} - \frac{1}{3} \frac{z^3}{1800} \right]_{6806}^{8300} \\
&= 52943240,74 - 48380740,74 = 4562500
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{8300}^{8370} Z \cdot \mu(z) dz &= \int_{8300}^{8370} Z \cdot \frac{z - 8300}{700} dz = \int_{8300}^{8370} \frac{z^2 - 8300z}{700} dz \\
&= \left. \frac{1}{3} \frac{z^3}{700} - \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 8300}{700} \right]_{8300}^{8370} \\
&= -136110548,6 - (-136139761,9) = 29213,3
\end{aligned}$$

$$\int_{8370}^{9450} Z \cdot \mu_{(Z)} dz = \int_{8370}^{9450} Z \cdot 0,1 dz = \left. \frac{1}{2} z^2 \cdot 0,1 \right]_{8370}^{9450}$$

$$= 4465125 - 3502845 = 962280$$

$$\int_{9450}^{9500} Z \cdot \mu_{(Z)} dz = \int_{9450}^{9500} Z \cdot \frac{9500 - z}{500} dz$$

$$= \int_{9450}^{9500} \frac{9500z - z^2}{500} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 9500}{500} - \frac{1}{3} \frac{z^3}{500} \right]_{9450}^{9500}$$

$$= 285791666,7 - 285768000 = 23666,7$$

$$\int_{9500}^{9550} Z \cdot \mu_{(Z)} dz = \int_{9500}^{9550} Z \cdot \frac{z - 9500}{500} dz = \int_{9500}^{9550} \frac{z^2 - 9500z}{500} dz$$

$$= \left. \frac{1}{3} \frac{z^3}{500} - \frac{1}{2} \frac{z^2 \cdot 9500}{500} \right]_{9500}^{9550}$$

$$= -285767833,3 - (-285791666,7) = 23833,4$$

$$\int_{10000}^{9550} Z \cdot \mu_{(Z)} dz = \int_{10000}^{9550} Z \cdot 0,1 dz = \left. \frac{1}{2} z^2 \cdot 0,1 \right]_{10000}^{9550}$$

$$= 5000000 - 4560125 = 439875$$

$$\int_{2600}^{3347} \mu_{(Z)} dz = \int_{2600}^{3347} \frac{z - 2600}{900} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2}{900} - \frac{z \cdot 2600}{900} \right]_{2600}^{3347}$$

$$= -3443,06 - (-3755,56) = 312,5$$

$$\int_{3347}^{3619} \mu_{(Z)} dz = \int_{3347}^{3619} 0,83 dz = \left. \frac{1}{2} z \cdot 0,83 \right]_{3347}^{3619} = 3013,89 - 2791,67$$

$$= 222,22$$

$$\int_{3619}^{4200} \mu(z) dz = \int_{3619}^{4200} \frac{4200 - z}{700} dz = \left. \frac{z \cdot 4200}{700} - \frac{1}{2} \frac{z^2}{700} \right|_{3619}^{4200}$$

$$= 12600 - 12356,94 = 243,06$$

$$\int_{4200}^{6109} \mu(z) dz = \int_{4200}^{6109} \frac{z - 4200}{2300} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2}{2300} - \frac{z \cdot 4200}{2300} \right|_{4200}^{6109}$$

$$= -3036,17 - (-3834,78) = 798,61$$

$$\int_{6109}^{6806} \mu(z) dz = \int_{6109}^{6806} 0,83 dz = \left. \frac{1}{2} z \cdot 0,83 \right|_{6109}^{6806} = 5666,67 - 5097,22$$

$$= 569,45$$

$$\int_{6806}^{8300} \mu(z) dz = \int_{6806}^{8300} \frac{8300 - z}{1800} dz = \left. \frac{z \cdot 8300}{1800} - \frac{1}{2} \frac{z^2}{1800} \right|_{6806}^{8300}$$

$$= 19136,11 - 18511,11 = 625$$

$$\int_{8300}^{8370} \mu(z) dz = \int_{8300}^{8370} \frac{z - 8300}{700} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2}{700} - \frac{z \cdot 8300}{700} \right|_{8300}^{8370}$$

$$= -49203,64 - (-49207,14) = 3,5$$

$$\int_{8370}^{9450} \mu(z) dz = \int_{8370}^{9450} 0,1 dz = \left. \frac{1}{2} z \cdot 0,1 \right|_{8370}^{9450} = 945 - 837 = 108$$

$$\int_{9450}^{9500} \mu(z) dz = \int_{9450}^{9500} \frac{9500 - z}{500} dz = \left. \frac{z \cdot 9500}{500} - \frac{1}{2} \frac{z^2}{500} \right|_{9450}^{9500}$$

$$= 90250 - 90247,5 = 2,5$$

$$\int_{9500}^{9550} \mu(z) dz = \int_{9500}^{9550} \frac{z - 9500}{500} dz = \left. \frac{1}{2} \frac{z^2}{500} - \frac{z \cdot 9500}{500} \right|_{9500}^{9550}$$

$$= -90247,5 - (-90250) = 2,5$$

$$\int_{9550}^{10000} \mu_{(z)} dz = \int_{9550}^{10000} 0,1 dz = \left. \frac{1}{2} z \cdot 0,1 \right]_{9550}^{10000} = 1000 - 955 = 45$$

Sehingga ,

$$Z_0 = \frac{968750 + 774074,07 + 926311,72 + 4374614,19 + 3677662,03 + 312,5 + 222,22 + 243,06 + 798,61 + 569,45 + 4562500 + 29213,3 + 962280 + 23666,7 + 23833,4 + 439875}{625 + 3,5 + 108 + 2,5 + 2,5 + 45} = \frac{16762780,41}{2932,34} = 5716,52$$

Lampiran 12. Aturan logika *fuzzy*

[R1] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R2] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R3] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R4] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X

[R5] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD6.

[R6] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R7] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R8] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R9] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R10] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R11] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R12] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R13] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R14] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD5.

[R15] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R16] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R17] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R18] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R19] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R20] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R21] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R22] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R23] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD4.

[R24] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R25] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R26] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R27] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R28] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R29] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R30] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R31] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R32] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD7.

[R33] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD8.

[R34] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD9.

[R35] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R36] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R37] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R38] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R39] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R40] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R41] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R42] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R43] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD6.

[R44] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD7.

[R45] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R46] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R47] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R48] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R49] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R50] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R51] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R52] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R53] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R54] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD2.

[R55] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD3.

[R56] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD4.

[R57] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis = LD5.

[R58] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R59] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R60] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R61] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R62] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R63] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R64] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R65] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R66] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

[R67] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R68] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R69] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R70] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R71] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R72] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R73] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R74] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R75] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD7.

[R76] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R77] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R78] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R79] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R80] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R81] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R82] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R83] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R84] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R85] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD7.

[R86] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R87] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R88] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R89] JIKA Tegangan RENDAH, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R90] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R91] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R92] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R93] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X

[R94] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

[R95] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R96] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R97] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R98] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R99] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R100] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R101] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R102] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R103] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R104] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R105] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R106] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R107] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R108] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R109] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R110] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R111] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R112] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD5.

[R113] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD6.

[R114] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R115] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R116] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R117] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R118] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R119] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R120] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R121] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R122] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R123] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10 .

[R124] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R125] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R126] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R127] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R128] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R129] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R130] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R131] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R132] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R133] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R134] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R135] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R136] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R137] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

[R138] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R139] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R140] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R141] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R142] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R143] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R144] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R145] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R146] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R147] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD5.

[R148] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD6.

[R149] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R150] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R151] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R152] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R153] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R154] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R155] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R156] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R157] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R158] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R159] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R160] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R161] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R162] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

[R163] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R164] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R165] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R166] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R167] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R168] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R169] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD3.

[R170] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R171] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R172] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R173] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R174] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R175] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R176] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R177] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

[R178] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R179] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R180] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R181] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R182] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R183] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R184] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R185] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R186] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R187] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R188] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R189] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R190] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R191] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R192] JIKA Tegangan SEDANG, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R193] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R194] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R195] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R196] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R197] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R198] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R199] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R200] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD3.

[R201] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R202] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R203] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R204] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R205] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R206] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R207] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R208] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R209] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R210] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R211] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R212] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R213] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R214] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R215] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R216] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD5.

[R217] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD6.

[R218] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD7.

[R219] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD8.

[R220] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

[R221] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R222] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R223] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R224] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus RENDAH, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R225] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R226] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R227] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R228] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R229] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R230] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R231] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R232] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R233] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R234] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD3.

[R235] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R236] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R237] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R238] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R239] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R240] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R241] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R242] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R243] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R244] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R245] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R246] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R247] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R248] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R249] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R250] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD1.

[R251] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R252] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R253] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD9.

[R254] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD10.

[R255] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R256] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R257] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R258] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R259] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus SEDANG, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R260] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R261] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R262] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R263] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R264] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R265] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R266] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R267] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD3.

[R268] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD4.

[R269] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian RENDAH, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R270] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R271] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R272] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R273] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R274] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R275] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R276] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R277] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD4.

[R278] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R279] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD3.

[R280] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD4.

[R281] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian SEDANG, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R282] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R283] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R284] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X NEGATIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R285] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R286] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD11.

[R287] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R288] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

[R289] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X ZERO, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R290] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y NEGATIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R291] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y ZERO MAKA Laju Dosis LD2.

[R292] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD1.

[R293] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD2.

[R294] JIKA Tegangan TINGGI, dan Arus TINGGI, dan Ketinggian TINGGI, dan Sumbu X POSITIF, dan Sumbu Y POSITIF MAKA Laju Dosis LD3.

Lampiran 13. Tabel persentase error pengukuran laju dosis dengan prediksi nilai laju dosis dengan *fuzzy inference system* menggunakan Matlab R2014a.

No	Tegangan	Arus	Ketinggian	sumbu X	sumbu Y	Laju dosis	Prediksi	%error
1	40	16	50	0	0	1000	978,63	2,14
2	40	16	75	0	0	550	467,44	15,01
3	40	16	150	0	0	45	40,87	9,19
4	40	63	50	0	0	5000	4898,98	2,02
5	40	63	75	0	0	3000	3115,22	3,84
6	40	63	150	0	0	400	483,49	20,87
7	40	100	50	0	0	6000	6314,2	5,24
8	40	100	75	0	0	4000	3635,87	9,10
9	40	100	150	0	0	2000	2000	0,00
10	65	16	50	0	0	6000	6301,5	5,03
11	65	16	75	0	0	4500	4581,3	1,81
12	65	16	150	0	0	800	720,44	9,95
13	65	63	50	-140	-100	5	5,13	2,58
14	65	63	50	0	-100	20	17,45	12,77

Tabel lanjutan dari Lampiran 13.

15	65	63	50	0	0	10000	9221,92	7,78
16	65	63	50	0	100	25	17,75	29
17	65	63	50	140	0	5	5,16	3,14
18	65	63	75	-140	-100	5	5,13	2,58
19	65	63	75	0	-100	10	12,95	29,49
20	65	63	75	0	0	5500	5717,87	3,96
21	65	63	75	0	100	15	15,34	2,24
22	65	63	150	0	0	1000	914,89	8,51
23	65	100	50	-140	-100	10	11,08	10,76
24	65	100	50	-140	100	5	4,98	0,32
25	65	100	50	0	-100	30	29,00	3,32
26	65	100	50	0	0	10000	9221,92	7,78
27	65	100	50	0	100	35	32,78	6,34
28	65	100	50	140	0	10	12,45	24,49
29	65	100	50	140	100	5	4,99	0,30
30	65	100	75	-140	-100	10	9,16	8,43
31	65	100	75	0	-100	15	18,93	26,24
32	65	100	75	0	0	9000	9000,38	0,004
33	65	100	75	0	100	20	20,65	3,23
34	65	100	75	140	0	5	7,81	56,18
35	65	100	150	0	0	3500	3421,81	2,23

Tabel lanjutan dari Lampiran 13.

36	80	16	50	-140	-100	5	4,98	0,32
37	80	16	50	-140	100	5	4,98	0,32
38	80	16	50	0	-100	15	14,60	2,68
39	80	16	50	0	0	10000	9828,99	1,71
40	80	16	50	0	100	20	14,60	27,01
41	80	16	50	140	0	15	14,59	2,75
42	80	16	50	140	100	5	4,99	0,30
43	80	16	75	-140	-100	5	4,98	0,32
44	80	16	75	-140	100	5	4,98	0,32
45	80	16	75	0	-100	10	9,73	2,71
46	80	16	75	0	0	10000	9828,99	1,71
47	80	16	75	0	100	15	14,60	2,68
48	80	16	75	140	0	5	7,81	56,18
49	80	16	150	0	0	4000	4204,03	5,10
50	80	63	50	-140	-100	15	14,58	2,75
51	80	63	50	-140	0	5	4,98	0,32
52	80	63	50	-140	100	10	7,11	28,94
53	80	63	50	0	-100	30	32,72	9,08
54	80	63	50	0	0	10000	9841,67	1,58
55	80	63	50	0	100	40	41,05	2,62
56	80	63	50	140	0	15	15,74	4,92

Tabel lanjutan dari Lampiran 13.

57	80	63	50	140	100	15	14,59	2,75
58	80	63	75	-140	-100	10	9,91	0,92
59	80	63	75	-140	100	5	5,13	2,58
60	80	63	75	0	-100	25	23,51	5,97
61	80	63	75	0	0	10000	9841,67	1,58
62	80	63	75	0	100	30	32,78	9,27
63	80	63	75	140	0	10	13,60	36,04
64	80	63	75	140	100	5	7,81	56,18
65	80	63	150	0	0	7500	6913,05	7,83
66	80	63	150	0	100	5	4,96	0,80
67	80	63	150	140	0	5	4,99	0,30
68	80	100	50	-140	-100	25	14,59	41,65
69	80	100	50	-140	0	5	4,98	0,32
70	80	100	50	-140	100	15	14,59	2,75
71	80	100	50	0	-100	40	40,96	2,41
72	80	100	50	0	0	10000	9841,67	1,58
73	80	100	50	0	100	50	41,05	17,90
74	80	100	50	140	-100	5	4,99	0,30
75	80	100	50	140	0	35	30,34	13,33
76	80	100	50	140	100	25	14,59	41,65
77	80	100	75	-140	-100	10	9,91	0,92

Tabel lanjutan dari Lampiran 13.

78	80	100	75	-140	0	5	4,98	0,32
79	80	100	75	-140	100	5	7,75	55,04
80	80	100	75	0	-100	25	23,51	5,97
81	80	100	75	0	0	10000	9841,67	1,58
82	80	100	75	0	100	35	32,78	6,34
83	80	100	75	140	-100	5	4,99	0,30
84	80	100	75	140	0	30	31,80	5,99
85	80	100	75	140	100	15	14,59	2,75
86	80	100	150	-140	-100	5	4,98	0,32
87	80	100	150	-140	0	5	4,98	0,32
88	80	100	150	-140	100	5	4,98	0,32
89	80	100	150	0	-100	5	5,00	0,02
90	80	100	150	0	0	10000	9833,33	1,67
91	80	100	150	0	100	10	11,09	10,92
92	80	100	150	140	0	5	4,99	0,30
93	80	100	150	140	100	10	11,08	10,79
$\sum PE_i $								840,08

Sehingga nilai MAPE

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PE_i| \\
 &= \frac{1}{93} * 840,08 = 9,03
 \end{aligned}$$

Lampiran 14. M-file menentukan laju dosis radiasi menggunakan *Fuzzy*

inference system dengan GUI MATLAB

```

function varargout = Lajudosis(varargin)
% LAJUDOSIS MATLAB code for Lajudosis.fig
%   LAJUDOSIS, by itself, creates a new LAJUDOSIS or raises the
existing
%   singleton*.
%
%   H = LAJUDOSIS returns the handle to a new LAJUDOSIS or the
handle to
%   the existing singleton*.
%
%   LAJUDOSIS('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
the local
%   function named CALLBACK in LAJUDOSIS.M with the given input
arguments.
%
%   LAJUDOSIS('Property','Value',...) creates a new LAJUDOSIS
or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property
value pairs are
%   applied to the GUI before Lajudosis_OpeningFcn gets called. An
unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to Lajudosis_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Lajudosis

% Last Modified by GUIDE v2.5 16-Nov-2016 00:41:19

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @Lajudosis_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Lajudosis_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

```

```

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Lajudosis is made visible.
function Lajudosis_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Lajudosis (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Lajudosis
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Lajudosis wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% Membuat axes dan merubah menjadi background.

%=====
hback = axes('units','normalized','position',[0 0 1 1]);
uistack(hback,'bottom');

% menampilkan background

[back map]=imread('grey1.png');

image(back)

colormap(map)

% handlevisibility off agar axes tidak terlihat

% dan gambar background saja yang muncul.

set(hback,'handlevisibility','off','visible','off')

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Lajudosis_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)

```

```

% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject     handle to figure
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pb_run.
function pb_run_Callback(hObject, eventdata, handles)
%tampilan hasil untuk tegangan
Vin1=handles.Vin;
if Vin1<40
    Vout1=40;
else if Vin1>100
    Vout1=100;
    else Vout1=Vin1 ;
end
end
set (handles.Vout, 'string',Vout1);
%tampilan hasil untuk arus
Iin1=handles.Iin;
if Iin1<16
    Iout1=16;
else if Iin1>100
    Iout1=100;
    else Iout1=Iin1 ;
end
end
set (handles.Iout, 'string',Iout1);
%tampilan hasil untuk Ketinggian
Hin1=handles.Hin;
if Hin1<0
    Hout1=0;
else if Hin1>160
    Hout1=160;
    else Hout1=Hin1 ;
end
end
set (handles.Hout, 'string',Hout1);
%tampilan hasil untuk Sumbu X
Xin1=handles.Xin;
if Xin1<-200
    Xout1=-200;
else if Xin1>200
    Xout1=200;
    else Xout1=Xin1 ;
end
end
set (handles.Xout, 'string',Xout1);
%tampilan hasil untuk Sumbu Y
Yin1=handles.Yin;
if Yin1<-150
    Yout1=-150;
else if Yin1>150

```

```

        Yout1=150;
    else Yout1=Yin1 ;
    end
end
set (handles.Yout, 'string', Yout1);

%tampilan hasil untuk laju dosis
a1=readfis('fuzzy1')
a2=readfis('fuzzy2')
out1=evalfis([Vout1 Iout1 Hout1 Xout1 Yout1],a1)
out2=evalfis([Vout1 Iout1 Hout1 Xout1 Yout1],a2)
if out1 <5000
    t=out1;
else if out1>5000
    t=out1;
    else t=out2 ;
end
end
set(handles.LDout, 'string', t);

% hObject    handle to pb_run (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in pb_close.
function pb_close_Callback(hObject, eventdata, handles)
delete(handles.figure1)
% hObject    handle to pb_close (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function Vin_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vin1=str2double(get(hObject, 'String'));
handles.Vin=Vin1;
guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Vin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Vin as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Vin
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Vin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Vin (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Iin_Callback(hObject, eventdata, handles)
Iin1=str2double(get(hObject, 'String'));
handles.Iin=Iin1;
guidata(hObject, handles);
% hObject handle to Iin (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Iin as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Iin
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Iin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Iin (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Hin_Callback(hObject, eventdata, handles)
Hin1=str2double(get(hObject, 'String'));
handles.Hin=Hin1;
guidata(hObject, handles);
% hObject handle to Hin (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Hin as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Hin
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Hin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Hin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Xin_Callback(hObject, eventdata, handles)
Xin1=str2double(get(hObject, 'String'));
handles.Xin=Xin1;
guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Xin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Xin as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Xin
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Xin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Xin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function Yin_Callback(hObject, eventdata, handles)
Yin1=str2double(get(hObject, 'String'));
handles.Yin=Yin1;
guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Yin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Yin as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Yin
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Yin_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Yin (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Vout_Callback(hObject, eventdata, handles)
    % Vout1=str2double(get(hObject, 'String'));
    % handles.Vout=Vout1;
    % guidata(hObject, handles);

% hObject    handle to Vout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Vout as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
Vout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Vout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Vout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Iout_Callback(hObject, eventdata, handles)
    % Iout1=str2double(get(hObject, 'String'));
    % handles.Iout=Iout1;
    % guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Iout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Iout as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
Iout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Iout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Iout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Hout_Callback(hObject, eventdata, handles)
    % Hout1=str2double(get(hObject, 'String'));
    % handles.Hout=Hout1;
    % guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Hout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Hout as text

```



```

%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
Hout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Hout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Hout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Xout_Callback(hObject, eventdata, handles)
    % Xout1=str2double(get(hObject, 'String'));
    % handles.Xout=Xout1;
    % guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Xout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Xout as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
Xout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Xout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Xout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Yout_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

        % Yout1=str2double(get(hObject, 'String'));
        % handles.Yout=Yout1;
        % guidata(hObject, handles);
% hObject    handle to Yout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Yout as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
Yout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function Yout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Yout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function LDout_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LDout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of LDout as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
LDout as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function LDout_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to LDout (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

```

```
function text66_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to text66 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian



Pengaturan Faktor eksposi pada pesawat sinar x.



Mengukur ketinggian tabung sinar-x



Tampilan *Surveymeter* analog saat
mengukur laju dosis radiasi



Letak survey meter pada ruang
Laboratorium Fisika Medik.

