

PENENTUAN FAKTOR EKPOSI PADA PEMBANGKIT SINAR-X KONVENSIONAL DENGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Sugeng Santoso^{1*}, M. Haddin¹, Eka Nuryanto¹, Ary Sulistyo Utomo²

¹Jurusan Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112.

²Teknik Elektro Medik, Akademi Teknik Elektro Medik Semarang

Karang Bendo 4-5 Semarang

*Email: ary.utomo@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan sinar-X dalam bidang medis salah satunya yaitu pada radiogram. Hasil dari radiogram menentukan diagnostik suatu penyakit dari pasien. Semakin jelas gambar yang dihasilkan, maka akan didapatkan diagnostik yang tepat dan akurat. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dibutuhkan memperhitungkan jarak tabung sinar-X ke obyek, jenis film yang digunakan, pemakaian screen kaset, serta keadaan atau kondisi berat badan pasien baik dewasa, anak-anak, atau bayi dalam menentukan faktor eksposi. Faktor eksposi yaitu kilovolt, miliampere, dan waktu. Faktor eksposi tersebut merupakan pembebanan listrik terhadap tabung sinar-X untuk menghasilkan intensitas pancaran sinar-X. Pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk menentukan faktor eksposi pada pemeriksaan Thorak yang diimplementasikan pada software. Dengan memasukan jarak, berat badan, tinggi badan pada software, maka akan didapatkan pengaturan faktor eksposi yang tepat untuk digunakan oleh petugas radiografer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data lapangan yang diambil dari seorang radiografer di rumah sakit daerah semarang dibandingkan dengan keluaran software faktor eksposi adalah sesuai.

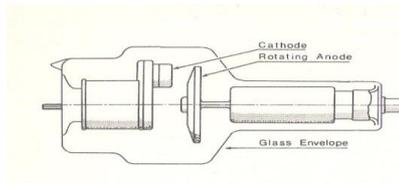
Kata kunci: radiogram, X-ray, fuzzy, , maze mapping

1. PENDAHULUAN

Pemeriksaan diagnostic radiologi di rumah sakit, sinar-X, dimana pola image atau citra dihasilkan karena adanya efek *atenuasi* pada bahan atau obyek ketika dilewati radiasi sinar-X, yaitu kemampuan bahan dalam hal ini organ tubuh untuk menyerap radiasi yang datang menembus atau melewatinya. Pola bayangan yang dihasilkan pada film *rontgen* dihasilkan berdasarkan kesesuaian faktor eksposi yang dipilih oleh seorang *radiografer* dengan mengamati kondisi fisik pasien yang akan dilakukan foto rontgen. Faktor eksposi dipilih atas dasar jenis pemeriksaan, berat badan pasien, posisi proyeksi, jarak, dan keadaan fisik pasien. Apabila factor eksposi tidak sesuai nilai yang seharusnya ditentukan, maka pola yang diharapkan pada *radiogram* akan menghasilkan pola bayangan yang tidak memiliki informasi *diagnostik*, dengan kata lain gambaran pada film rontgen akan tipis atau terlalu gelap, sehingga sulit dibaca oleh seorang dokter radiolog.

Faktor eksposi merupakan pemberian beban listrik pada tabung sinar-X pada saat pembangkitan sinar-X, dimana merupakan pemilihan besaran tegangan (Kilo Volt), arus (milli ampere), dan waktu (detik) untuk menghasilkan intensitas sinar-X, yang ketika menembus tubuh pasien akan menghasilkan pola gambar *radiogram* yang baik dan memiliki informasi diagnostik yang baik. Penelitian tentang radiologi juga telah diteliti sebelumnya oleh Muhammad Syarif Boddy (2013) : melakukan penelitian tentang pengaruh radiasi hambur terhadap kontras radiografi akibat variasi ketebalan obyek dan luas lapangan penyinaran. Sartinah, Sumariyah dan Ngurah Ayu Ketut Umiyati (2008) : Studi tentang penerapan aturan 15 persen untuk mendapatkan kontras tertinggi pada radiograf dari *Computed Radiography*.

Terjadinya sinar-X berlangsung pada sebuah tabung sinar katoda yang disebut sebagai inherent tube, tetapi dikarenakan pancaran radiasi bergerak lurus menuju ke segala arah, dimana radiasi sinar-X juga mempunyai sifat merugikan makhluk hidup, maka inherent tube diberikan pelindung selubung tabung menggunakan campuran bahan timbal (Pb) sebagai pengaman radiasinya. Gambar Tabung sinar-X (inherent) ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.(D.R. Hill,1979)



Gambar 1. Tabung sinar-X (inherent)

Sinar-X dapat dibangkitkan pada sebuah tabung rontgen bila memenuhi berapa persyaratan, yaitu:

1. Terdapat sumber elektron (filamen) pada sisi katoda.
2. Terdapat target sebagai sasaran pada sisi anoda
3. Terdapat beda potensial antara katoda dan anoda tabung sinar-x
4. Terdapat lintasan bebas atau tabung dalam keadaan hampa.

Perlengkapan dalam membuat *radiogram* pada pelayanan radiologi, selain peralatan pembangkit sinar-X itu sendiri, maka digunakan beberapa perangkat lainnya sebagai persyaratan, (Asih Puji Utami,dkk) yaitu:

1. Film rontgen
2. *Intensifying screen*
3. Kaset
4. *Grid*
5. Perlengkapan penunjang, seperti : marker, alat fiksasi, dan perlengkapan proteksi radiasi.

Variable penyinaran yang digunakan kilo *Volt*, *mA*, dan *Second* merupakan faktor eksposi yang akan menentukan intensitas sinar-X dalam pemanfaatannya di bidang medis.

2.1 METODOLOGI

2.2 Pengaturan Sinar (G.J. Van der Plaats, 1972)

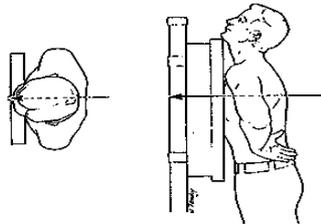
Sinar - x yang akan digunakan dalam pemotretan perlu diarahkan secara tepat pada obyek yang akan di foto. Disamping itu kekuatan sinar serta jumlah sinar perlu diatur agar sesuai dengan besarnya obyek yang akan di foto. Oleh karena itu maka pengaturan sinar dapat digolongkan menjadi berikut.

2.1.1 Focus Film distance (FFD)

Jarak antara sumber sinar(Focus) ke Film, perlu diatur pada setiap melaksanakan pemotretan, karena hal tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas gambar, factor eksposi dan lain sebagainya. Pada umumnya FFD untuk pemotretan Radiografi berkisar antara (70 – 150) cm, tergantung dengan jenis pemeriksaan yang dilakukan.

2.1.2 Pengaturan Central Ray (CR)

Yang dimaksud dengan Central Ray adalah pusat dari berkas sinar yang digunakan dalam pemotretan. Central ray merupakan garis lurus tengah-tengah berkas sinar yang menunjukkan arah/jalannya sinar tersebut.



Gambar 2. Arah proyeksi Posterior-Anterior

2.3 Perhitungan Indeks Berat Badan (www.inicara.info>kesehatan)

Berat Badan Ideal yang dihasilkan dengan menggunakan Metode Hitung Index Tubuh seperti persamaan dibawah ini.

$$\text{BBI} = \text{BB} / \text{KTB} \quad (1)$$

Dimana :

BBI = Berat Badan Ideal (Kg/m)

BB = Berat Badan (Kg)

KTB = Kuadrat Tinggi Badan (m)

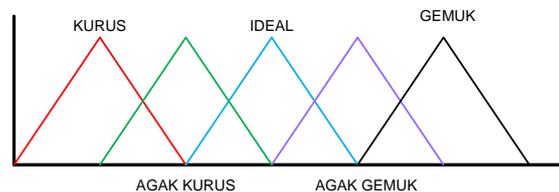
Sebagai patokan perhitungannya ialah sebagai berikut:

- Bila berat badan ideal anda kurang dari 17 , maka anda tergolong orang yang sangat kurus atau kekurangan berat badan tingkat berat
- Bila berat badan ideal anda 17 maka anda tergolong orang yang memiliki berat badan ringan
- Bila berat badan ideal anda 18,4 hingga 21 maka berat badan anda sedang
- Bila berat badan ideal anda 21,1 hingga 25 maka anda tergolong orang yang memiliki berat badan tingkat ringan / normal / ideal.
- Bila berat badan ideal anda 25,1 hingga 27,5 maka anda tergolong orang yang memiliki berat badan lebih tingkat sedang
- Bila berat badan ideal anda 27,6 hingga 30 maka anda tergolong orang yang memiliki berat badan lebih tingkat sedang
- Dan bila berat badan ideal anda menunjukkan angka lebih dari 30 (>30) maka anda tergolong orang dengan kelebihan berat badan tingkat berat (obesitas atau kegemukan)

2.4 Logika Fuzzy (Son Kuswadi,2007)

Keluaran Logika *Fuzzy* digunakan untuk menentukan besarnya faktor eksposi dengan menggunakan data referensi faktor eksposi rujukan rumahsakit –X di Semarang. Logika *fuzzy* ini akan di masukkan pada software visual basic 6.0. dimana akan menghasilkan software aplikasi yang digunakan untuk menentukan faktor eksposi. Langkah langkah dalam memasukan logika *fuzzy* sebagai berikut :

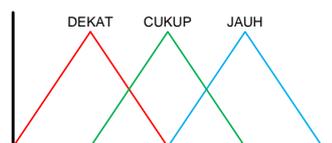
- Fuzzy fikasi



Gambar 3. Masukan Variabel Indeks Berat Badan

Kriteria aturan indek berat badan (17 - 30)

- Kurus = Segitiga (Indek_orang, 0, 17, 19.5)
- Agak_Kurus = Segitiga (Indek_orang, 17, 19, 22)
- Ideal = Segitiga (Indek_orang, 19, 21.5, 25)
- Agak_Gemuk = Segitiga (Indek_orang, 21.5, 25, 28)
- Gemuk = Segitiga (Indek_orang, 24.5, 28, 31)



Gambar 4. Masukan Variabel Jarak

Kriteria aturan jarak (0-150)

- Dekat = Segitiga (Val(txt_jarak), 70, 82.5, 95)
- Cukup = Segitiga (Val(txt_jarak), 90, 97.5, 116)
- Jauh = Segitiga (Val(txt_jarak), 110, 130, 150)

- Nilai MIN

- r(1) = Minimal(Kurus, Dekat)
- r(2) = Minimal(Kurus, Cukup)
- r(3) = Minimal(Kurus, Jauh)
- r(4) = Minimal(Agak_Kurus, Dekat)
- r(5) = Minimal(Agak_Kurus, Cukup)
- r(6) = Minimal(Agak_Kurus, Jauh)
- r(7) = Minimal(Ideal, Dekat)
- r(8) = Minimal(Ideal, Cukup)
- r(9) = Minimal(Ideal, Jauh)
- r(10) = Minimal(Agak_Gemuk, Dekat)
- r(11) = Minimal(Agak_Gemuk, Cukup)
- r(12) = Minimal(Agak_Gemuk, Jauh)
- r(13) = Minimal(Gemuk, Dekat)
- r(14) = Minimal(Gemuk, Cukup)
- r(15) = Minimal(Gemuk, Jauh)

c. Rule Base (Index vs jarak)

- r(1) = Minimal(Kurus, Dekat) * Kecil
- r(2) = Minimal(Kurus, Cukup) * Kecil
- r(3) = Minimal(Kurus, Jauh) * Kecil
- r(4) = Minimal(Agak_Kurus, Dekat) * Kecil
- r(5) = Minimal(Agak_Kurus, Cukup) * Kecil
- r(6) = Minimal(Agak_Kurus, Jauh) * Agak_Kecil
- r(7) = Minimal(Ideal, Dekat) * Kecil
- r(8) = Minimal(Ideal, Cukup) * Agak_Kecil
- r(9) = Minimal(Ideal, Jauh) * Agak_Kecil
- r(10) = Minimal(Agak_Gemuk, Dekat) * Kecil
- r(11) = Minimal(Agak_Gemuk, Cukup) * Tengah
- r(12) = Minimal(Agak_Gemuk, Jauh) * Agak_Besar
- r(13) = Minimal(Gemuk, Dekat) * Kecil
- r(14) = Minimal(Gemuk, Cukup) * Agak_Besar
- r(15) = Minimal(Gemuk, Jauh) * Besar

Perencanaan data faktor eksposi menggunakan data rujukan sebagai data awal untuk menentukan nilai data penyinaran pada kondisi berat badang pasien yang berbeda, yang kemudian digunakan sebagai data software pada sistem *control fuzzy logic*.

Tabel 1. Data Rujukan Faktor Eksposi Rumah Sakit

No	JenisPemeriksaan	Proyeksi	BeratBadan IdealFE (KV / mAS)
1	Thorak Dewasa	AP	63 / 6,3
		LAT	73 / 16
2	Thorak Pediatrik	AP	58 / 5
		LAT	63 / 6,3

2. HASIL DAN ANALISA

Pada pemeriksaan pasien ketebalan berbeda dan mengacu pada factor eksposi berat badan ideal yang sudah ditetapkan, maka kenaikan atau penurunan factor eksposi berdasarkan *rule of thumb* menghasilkan prakiraan perubahan factor eksposi kepada pasien dengan berat badan yang berbeda, Tabel Hasil prakiraan perubahan penentuan factor eksposi dengan perhitungan teoritis, *Rule of thumb* yaitu: berdasarkan factor eksposi pada pasien ideal.

- Perubahan kV : 1 % - 10 %
- Perubahan mAS : 1 % - 25 %

Tabel 2. Perencanaan data faktor ekposi

Pemeriksaan (Jarak)	Proyeksi	Faktor Ekposi				
		Kurus	Agak Kurus	Ideal	Agak Gemuk	Gemuk
		kV/mAS	kV/mAS	kV/mAS	kV/mAS	kV/mAS
Thorak Dewasa	AP	56,7 / 3,2	59,85/4,7	63 / 6,3	66,15/ 7,9	69,3 / 9,5
(120-150 Cm)	LAT	65,7 / 8	69,35 / 12	73 / 16	76,65 / 20	80,3 /24
Thorax Pediatrik	AP	48 / 2,5	52 / 3,75	58 / 5	60,9/6,25	63,8/7,5
(120-150 Cm)	LAT	58 / 3,2	58 / 4,7	63 / 6,3	66,15/ 10	69,3/11,5

- Berat badan, merupakan sinyal masukan (rentang indek 17 - 30)
- Jarak FFD, merupakan sinyal masukan (rentang 70 -150)
- Faktor ekposi, kilo Volt sebagai keluaran (56 -70)
- Faktor ekposi, mAS sebagai keluaran (3- 10)

Hasil simulasi fuzzy kontrol pada penentuan faktor ekposi pada kondisi pasien yang berbeda, yaitu :

1. Pemeriksaan Thorak Dewasa

The application displays the following results for four different patient scenarios:

Scenario	Weight (Kg)	Height (cm)	FFD (cm)	Projection	Index	Fuzzy Label	Kilo Volt	mAS
1	45	160	140	AP	17,57813	KURUS	56,831	3,2326
2	71	177	140	AP	22,98271	AGAK KURUS	62,634	5,6975
3	75	177	140	AP	23,93948	IDEAL	64,109	6,3679
4	77	170	140	AP	26,5436	AGAK GEMUK	67,860	8,5502

2. Pemeriksaan Thorax Pediatrik

The application displays the following results for two different patient scenarios:

Scenario	Weight (Kg)	Height (cm)	FFD (cm)	Projection	Index	Fuzzy Label	Kilo Volt	mAS
1	40	160	140	AP	15,625	KURUS	45	1,5
2	71	177	140	AP	22,98271	AGAK KURUS	53,193	3,7983

Parameter	Value	Unit	Result (Kilo Volt)	Result (mAS)
Weight	75	Kg	54.981	4.2453
Height	177	cm		
Index	23.93943	IDEAL		
FDD	140	cm JAUH		
Projection	AP			
Examination	Thorax Pediatrik			

Parameter	Value	Unit	Result (Kilo Volt)	Result (mAS)
Weight	77	Kg	60.625	6.3128
Height	170	cm		
Index	26.0438	AGAK GEMUK		
FDD	140	cm JAUH		
Projection	AP			
Examination	Thorax Pediatrik			

3. KESIMPULAN

Sistem logika *fuzzy* dapat digunakan untuk menentukan faktor eksposi pada pembangkit sinar-x konvensional dengan memasukkan jarak pasien terhadap pesawat dan index berat badan yang diukur dari berat dan tinggi badan.

Hasil keluaran faktor eksposi mAs dan kV dari rumah sakit X di Semarang yang sebagai rujukan dibandingkan keluaran program dengan logika *fuzzy* yaitu masih pada range yang telah ditentukan. Dengan adanya software logika *fuzzy* ini pengaturan faktor eksposi yang selama ini bersifat subyektif dari operator dapat menjadi obyektif sehingga hasil dari foto menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asih Puji Utami, SKM,M.Kes, Sudibyo Dwi Saputra, SSi, Fadli Felayani, S.ST, Bahan Kuliah Radiologi Dasar 1, Akademi Teknik Rontgen Widyahusada Semarang
- Boddy,M.S (2013), *Pengaruh Radiasi Hambur Terhadap Kontras Radiografi Akibat Variasi Ketebalan Obyek Dan Luas Lapangan Penyinaran* , Konsentrasi Fisika Medik, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin
- D.R. Hill Principles Of Diagnostic X-ray Apparatus, Phillips Technical Library,1979
- G.J. Van Der Plaats, Medical X-ray Technique edisi ketiga, Macmillan penerbit Phillips, 1972
- Sartinah , Sumariyah , N. Ayu K.U.(2008), *Variasi Nilai Eksposi Aturan 15 Persen pada Radiografi Menggunakan Imaging Plate untuk Mendapatkan Kontras Tertinggi*, Vol 11. , No.2, April 2008, hal 45-52
- Son Kuswadi, *Kendali Cerdas Teori dan Aplikasi Praktisnya*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2007.
- WWW.inicara info>kesehatan