

Penelitian

**KUALITAS RADIOGRAFI PADA OBJEK
BERGERAK DAN OBJEK TIDAK
BERGERAK DENGAN VARIASI
ARUS 200 mA dan 300 mA**



JOHAIDIN SARAGIH, M. Si

NIB. 1100000121

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA**

MEDAN

2017

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim...

Dengan segala kerendahan hati, penulis sampaikan puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat dan Hidayah-Nya memberi kesehatan, pengetahuan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **“Kualitas Radiografi Pada Objek Bergerak Dan Objek Tidak Bergerak Dengan Variasi Arus 200 Ma Dan 300 Ma ”**.

Dalam menyelesaikan penelitian ini banyak bantuan bimbingan dari berbagai pihak, baik berupa materil, spiritual, maupun informasi. Sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Maka selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H.M. Jamil, MA selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan
2. Ibu Dr. Rina Filia Sari, M.Si selaku Wakil Dekan I Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan
3. Bapak Dr. Abdul Halim Daulay, ST, M. Si selaku Kaprodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan sekaligus Konsultan pada penelitian ini.
4. Bapak/ibu rekan-rekan dosen tetap Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.

Menyadari kekurangan dan keterbatasan pada penelitian ini, maka penulis tetap mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak agar penelitian ini bisa dikembangkan dikemudian hari.

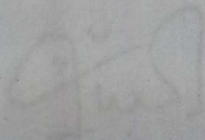
Akhir kata semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT berkenan memberikan berkahNya sehingga semua harapan dan cita-cita penulis dapat terkabulkan. Amin.

Medan, Oktober 2017

Johaidin Saragih, M. Si

Medan, Oktober 2017

Penulis

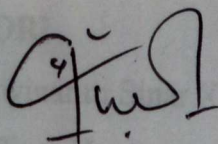


Dr. Abdul Halim Daubay, ST, M.Si
NIP. 19611206 2005 01 1003

REKOMENDASI

Setelah membaca dan menelaah hasil penelitian yang berjudul “Kualitas Radiografi Pada Objek Bergerak Dan Objek Tidak Bergerak Dengan Variasi Arus 200 Ma Dan 300 Ma”. Yang dilakukan oleh Mulkan Iskandar Nasution, M. Si maka saya berkesimpulan bahwa hasil penelitian ini dapat diterima sebagai karya tulis berupa hasil penelitian. Demikianlah rekomendasi diberikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, Oktober 2017
Konsultan



Dr. Abdul Halim Daulay, ST, M.Si
NIP.19811106 2005 01 1003

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
REKOMENDASI.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
ABSTRAK.....	viii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3

BAB II. DASAR TEORI

2.1. Mekanisme Penyinaran Sinar X.....	4
2.2. Pembentukan Sinar X.....	7
2.3. Radiografi Sinar X.....	7
2.4. Pengaruh faktor eksposi terhadap hasil radiografi..	13
2.4.1. Pengaruh tegangan tabung terhadap hasil radiograf.....	13
2.4.2. Pengaruh arus tabung (mA) dan waktu eksposi(s) terhadap hasil radiograf	14
2.4.3. Pengaruh jarak antar tabung dan image reseptor (FFD) terhadap Hasil radiograf.....	17

2.5.	Interaksi sinar X dengan materi	18
2.6.	Efek Biologi	19
2.7.	Faktor – faktor yang menentukan intensitas sinar-x	20
	2.7.1. Tegangan tabung	20
	2.7.2. Arus tabung	23
	2.7.3. Jarak fokus ke film(FFD).....	24
	2.7.4. Waktu ekposisi.....	24
2.8.	Paparan.....	24
2.9.	Densitas.....	26
2.10.	Kontras	27
2.11.	Detail.....	29
2.12.	Pemrosesan film.....	30

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Teknik pelaksanaan penelitian.....	31
3.2.	Perlengkapan penelitian.....	31
3.3.	Variabel penelitian.....	38
3.4.	Perosedur Penelitian.....	38

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Pengaruh objek tidak bergerak maupun bergerak terhadap kerataan densitas	40
4.2.	Hasil penelitian	41
4.3.	Pembahasan.....	46

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

1. Tabung Sinar-X	6
2. Gambar 2.3. Diagram Radiasi Sinar X.....	10
3. Gambar 2.4. Kurva Karakteristik Film	11
4. Gambar 2.5. Spektrum sinar-X pada tegangan tabung yang berbeda	21
5. Gambar 3.1. Tabung Sinar-X konvensional	31
6. Gambar 3.2. Meja kontrol pesawat sinar-X konvensional	33
7. Gambar 3.3. Phantom Air	34
8. Gambar 3.4. Processing Automatic	35
9. Gambar 4.4. Grafik hubungan densitas dengan titik pengamatan pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA	42
10. Gambar 4.5. Grafik hubungan densitas dengan titik pengamatan pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA	43

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Spektrum Radiasi Elektromagnetik.....	5
2. Gambar 2.2. Skema Tabung Sinar-X.....	6
3. Gambar 2.3. Distribusi Radiasi Sinar X.....	10
4. Gambar 2.4. Kurva Karakteristik Film	11
5. Gambar 2.5. Spektrum sinar-X pada tegangan tabung yang berbeda	21
6. Gambar 3.1. Pesawat sinar-X konvensional	32
7. Gambar 3.2. Meja kontrol pesawat sinar-X konvensional	33
8. Gambar 3.3. Phantom Air	34
9. Gambar 3.4. Processing Automatic.....	35
10. Gambar 4.4. Grafik hubungan densitas dengan titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA	42
11. Gambar 4.5. Grafik hubungan densitas dengan titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.4. Rata-rata densitas optik objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA	42
Tabel 4.5. Rata-rata densitas optik objek tidak bergerak dan bergerak pada 300 mA	45
Tabel 4.6. Tabel kebenaran Rangkaian H. Bridge	38

ABSTRAK

Penyeimbang robot otomatis (*self balancing robot*) adalah simulasi transportasi beroda dua di bagian kanan dan kiri robot yang seterusnya disebut ROBA-G1, ROBA-G1 didesign untuk mempertahankan posisinya pada posisi seimbang pada permukaan datar dengan cara bergerak maju dan mundur. Agar ROBA-G1 dapat mempertahankan posisi seimbang maka pada pembuatan robot ini digunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang kemudian output kedua sensor tersebut digabungkan dengan *complementary filter* untuk mendapatkan sudut yang seharusnya. Pergerakan motor yang halus sangat dibutuhkan pada pembuatan *self balancing robot* maka diperlukan sistem kontrol PD untuk memperhalus pergerakan robot dan menekan drift. Hasil yang didapat robot dapat mempertahankan posisi pada posisi seimbang dengan toleransi $\pm 3^{\circ}$. ROBA-G1 dapat mencapai posisi seimbang dari kemiringan $\pm 10^{\circ}$.

Kata kunci : *Penyeimbang robot otomatis, sensor accelerometer, gyroscope, complementary filter, toleransi,*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pemeriksaan Radiologi merupakan salah satu pemeriksaan dibidang medis yang sangat penting untuk menegakan diagnosa suatu penyakit dan sebagai terapi. Penyakit yang diderita oleh pasien sangat bervariasi, ada kelainan pada anatomi yang bergerak misalkan paru-paru dan jantung yang memerlukan kontras yang tinggi (perbedaan densitas antara suatu jaringan dengan jaringan sekitarnya) pada foto Rontgen, sedangkan pada anatomi yang tidak bergerak misalnya tulang, memerlukan kualitas foto Rontgen dengan ketajaman (detail) yang tinggi (batas tegas antara suatu jaringan dengan jaringan sekitarnya). Perbedaan anatomi yang akan dianalisa memerlukan teknik radiografi yang khusus terutama pada pengaturan faktor ekspose khususnya kuat arus (mA) dan waktu (s). Pengaturan kuat arus (mA) dapat menghasilkan banyaknya jumlah radiasi yang terjadi sehingga didapatkan densitas yang berpengaruh terhadap kontras di film Rontgen. Kontras Radiografi pada prinsipnya dibentuk oleh perbedaan intensitas sinar-X setelah

menembus objek yang sampai ke film. Variasi pola derajat kehitaman film (densitas) yang terang berasal dari objek yang mempunyai nilai koefisien attenuasi yang tinggi, dimana semua sinar-X diserap oleh jaringan. Sedangkan pola film dengan densitas yang hitam dihasilkan oleh jaringan dengan nilai koefisien attenuasi yang rendah, dimana hampir semua sinar-X diteruskan setelah menembus jaringan. Perbedaan gelap dan terang pada film radiografi disebut dengan kontras radiografi. Pengaturan faktor ekspose waktu (s) dapat menghasilkan lamanya radiasi keluar dari tabung Rontgen yang berpengaruh terhadap ketajaman (detail) pada film Rontgen.

I.2. Perumusan Masalah.

Bagaimana menghasilkan kualitas radiografi yang baik pada objek bergerak dan tidak bergerak dengan mengatur tegangan (kV), kuat arus (mA) dan waktu (s).

I.3. Batasan Masalah.

Dalam penulisan skripsi ini hanya dibahas mengenai kerataan densitas dengan pengaturan faktor ekspose yang sama pada objek bergerak dan tidak bergerak, pada variasi kuat arus mulai dari 200 mA dengan 0.15 s dan 300 mA dengan 0.1 s, dengan mAs

tetap yaitu 30 mAs, Fokus Film Distance (FFD) 100 cm.
dengan tegangan tabung 55 kV

I.4. Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui faktor ekspose pada objek bergerak dan tidak bergerak untuk menghasilkan kualitas radiografi yang baik.
2. Dapat menghindari terjadinya pengulangan foto Rontgen yang tidak bisa di analisa dikarenakan kualitas radiografi yang kurang baik.
- 3 Menambah wawasan bagi setiap Radiografer menentukan paktor eksposi untuk mendapatkan kualitas radiografi yang baik.

BAB II

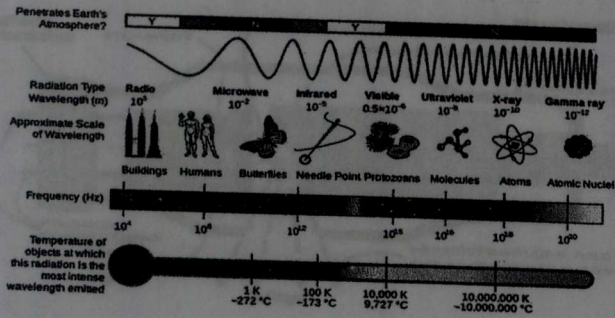
DASAR TEORI

2.1 Mekanisme Penyinaran Sinar-X

Sinar-X yang dipancarkan dari sistem pembangkit sinar-X merupakan pancaran foton dari atom. Pancaran foton tiap satuan luas disebut penyinaran. Foton-foton yang dihasilkan dari sistem pembangkit sinar-X dipancarkan dari anoda ketika elektron menumbuk anoda. Beda tegangan antara katoda dan anoda menentukan energi foton sinar-X, juga mempengaruhi pancaran sinar-X. Dilihat dari pancarannya sinar-X dibedakan menjadi 2 yaitu sinar-X kontinyu dan sinar-X karakteristik.

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek. Hal ini dipertegas dengan penelitian Friedsish dan Knipýing pada tahun 1912, yang mengemukakan bahwa panjang gelombang sinar-X sama dengan sinar ultraviolet ($\lambda \leq 10$ cm) yaitu gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang pendek¹. beberapa gelombang elektromagnetik dapat dilihat gambar 2.1

¹ Van der Plaats, 1972. Medical X-Ray Technique. Third Edition, Philips Technical Library, Eindhoven

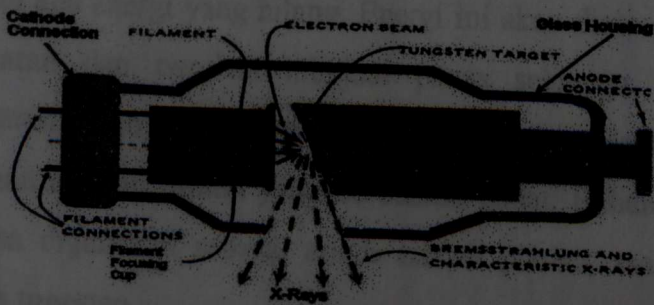


Gambar 2.1 Spektrum Radiasi Elektromagnetik

2.2 Pembentukan Sinar-X

Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Rontgen pada tahun 1895 dari universitas Wozzburg Jerman. Penemuan ini berawal dari pemberian beda potensial antara katoda dan anoda hingga beberapa kilovolt pada tabung sinar-X. Perbedaan potensial yang besar ini mampu menimbulkan arus elektron sehingga elektron-elektron yang dipancarkan akibat pemanasan filamen akan dipercepat menuju sasaran dalam sebuah tabung hampa udara. Gambar 2.2 berikut ini adalah gambar skema tabung sinar-X²

² Hoxter Erwin A., 1982. "Practical Radiography" 11th Edition, Germany, Siemens Aktiengesellschaft Heyden & Son Ltd



Gambar 2.2 Skema Tabung Sinar-X

Prinsip kerja dari pembangkit sinar-X dapat dijelaskan sebagai berikut, beda potensial yang diberikan antara katoda dan anoda menggunakan sumber yang bertegangan tinggi. Produksi sinar-X dihasilkan dalam suatu tabung berisi suatu perlengkapan yang diperlukan untuk menghasilkan sinar-X yaitu bahan penghenti atau sasaran dan ruang hampa.

Elektron bebas terjadi karena emisi dari filamen yang dipanaskan. Dengan sistem fokus, elektron bebas yang dipancarkan terpusat menuju anoda. Gerakan elektron ini akan dipercepat dari katoda menuju anoda bila antara katoda dan anoda diberi beda potensial yang cukup besar.

Gerakan elektron yang berkecepatan tinggi dihentikan oleh suatu bahan yang ditempatkan pada anoda. Tumbukan antara elektron dengan anoda ini menghasilkan sinar-X, pada tumbukan antara elektron dengan sasaran

akan ada energi yang hilang. Energi ini akan diserap oleh sasaran dan berubah menjadi panas sehingga bahan sasaran akan mudah meleleh. Untuk menghindarinya bahan sasaran dipilih yang berbentuk padat. Bahan yang biasa digunakan sebagai anoda adalah platina, wolfram, atau tungsten.

Untuk menghasilkan energi sinar-X yang lebih besar, tegangan yang diberikan ditingkatkan sehingga menghasilkan elektron dengan kecepatan yang lebih tinggi. Dengan demikian energi kinetik yang dapat diubah menjadi sinar-X jauh lebih besar.

2.3 Radiografi Sinar-X

Radiografi sinar-X adalah ilmu yang mempelajari citra suatu objek yang diradiasi dengan sinar-X. Bila sinar-X dilewatkan pada suatu objek, maka sebagian radiasi yang ada akan diteruskan sehingga citra objek dapat di rekam pada film.

Satuan yang biasa di gunakan untuk penyinaran radiografi adalah Rontgen, di singkat R. Satuan Rontgen dapat diartikan sebagai sejumlah sinar-X agar menghasilkan ion-ion yang membawa muatan satu statcoulomb tiap centimeter kubik udara dengan suhu nol derajat celcius pada tekanan 760 mmhg.

Satu Rontgen dari radiasi foton mempunyai energi rata – rata antara 0,1 Mev sampai 0,3 Mev yang mampu menghasilkan dosis serap sebesar 0,96 rad. Dengan demikian dapat dikatakan menghasilkan dosis sebesar 1 rad. jadi,

$$1 R = 1 \text{ rad}$$

Keluaran sistem generator sinar-X di pengaruhi oleh arus listrik, waktu penyinaran, besarnya potensial dan jarak target. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\text{Keluaran} = \frac{K(I.t)(V)^2}{d^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan,

K = Konstanta penyinaran.

I = Arus tabung (mA).

t = Waktu penyinaran (s).

V = Potensial tabung sinar-X (v).

d = Jarak target terhadap sumber radiasi (cm).

Potensial (kV) .kuat arus (mA) dan waktu (t) mempengaruhi densitas bayangan. Pemilihan potensial (kV) yang terlalu rendah akan menyebabkan penyinaran

yang diberikan tidak mampu memberikan densitas pada film. Sedangkan pemilihan potensial (kV) yang terlalu tinggi akan menimbulkan gambar film yang buruk sehingga informasi yang diberikan hilang (kabur).

Waktu penyinaran digunakan untuk menentukan lamanya penyinaran, hal ini terutama untuk mengurangi ketidajaman gambar yang dihasilkan pada film karena pergerakan objek. Dengan waktu penyinaran yang minimal dapat di gunakan untuk mengontrol densitas rata-rata bayangan.

Bila waktu penyinaran yang di pilih di tingkatkan atau diperbesar akan mengakibatkan gambar yang di hasilkan di film menjadi kurang tajam, hal ini terjadi bila ada faktor pergerakan dari objek yang diradiasi.

Hubungan antara variasi waktu penyinaran dengan potensial dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{mAs_1}{mAs_2} = \left[\frac{kV_2}{kV_1} \right]^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan,

mA : Arus listrik yang diberikan

s_{1,s_2} : Waktu penyinaran

kV_{1,kV_2} : Potensial yang di berikan



Gambar 2.3 : Distribusi Radiasi Sinar X

Gambar 2.3 menunjukkan adanya pengurangan intensitas sinar-X. Radiasi sinar-X dalam arah garis lurus .Pancaran itu kemudian didistribusikan dalam jarak yang semakin besar. Hal ini menyebabkan intensitas sinar-X itu menjadi berkurang dengan perbandingan kuadrat jarak. Bila jarak yang diberikan diperbesar menjadi dua kalinya, maka intensitas berkurang menjadi seperempatnya, dan bila jaraknya diperbesar menjadi tiga kali lipat maka intensitasnya berkurang menjadi sepersembilan dari intensitas semula.

Hubungan antara waktu penyinaran dengan jarak sumber radiasi ke film dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{mAs_1}{mAs_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan,

mA : Arus listrik yang diberikan

s_{1,s_2} : Waktu penyinaran

d_{1,d_2} : Jarak sumber radiasi ke film

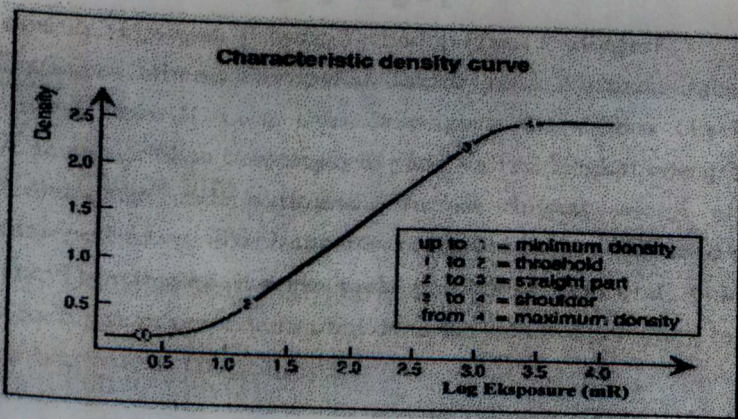
Dari persamaan (2.2) dan (2.3) dapat dinyatakan hubungan antara potensial dan jarak sumber radiasi:

$$\frac{d_1^2}{d_2^2} = \left[\frac{kV_2}{kV_1} \right]^4 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan,

d_{1,d_2} : Jarak sumber radiasi ke film

kV_{1,kV_2} : Potensial yang di berikan



Gambar 2.4 : Kurva Karakteristik Film

Gambar 2.4 adalah perubahan log penyinaran mempengaruhi densitas film (daerah 1). Pengaruh yang terjadi pada daerah ini sangat kecil. Densitas pada daerah ini disebabkan oleh adanya basic fog (densitas latar belakang) yang dimiliki setiap film. Pada daerah 2 (daerah toe), terjadi peningkatan log penyinaran. Densitas bertambah secara perlahan. Daerah ini menunjukkan efek penyinaran. Pada daerah 2-3 (strigth-line part), densitas meningkat secara linier terhadap log penyinaran. Kemiringan merupakan gradien film. Gradien film menyatakan kontras film. Kontras film merupakan kemampuan film untuk membedakan densitas yang disebabkan oleh dua penyinaran yang hampir sama. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan.

$$tga = \frac{D_1 - D_2}{\log E_2 - \log E_1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan

$tg \alpha$: Gradien film

D_1, D_2 : Densitas hasil penyinaran

E_1, E_2 : Penyinaran (J)

Pada daerah 3-4 (Daerah shoulder), densitas meningkat dengan intensitas penyinaran yang sangat tinggi.

2.4 Pengaruh Faktor Ekspose Terhadap Hasil Radiografi

2.4.1 Pengaruh Tegangan Tabung Terhadap Hasil Radiograf

Tegangan tabung merupakan faktor yang dominan dalam penentuan tingkat energi

sinar-X yang di dihasilkan guna menembus objek yang akan diperiksa, sehingga akan di pengaruhi pada variasi tingkat energi radiasi sinar-X yang di tangkap oleh radiograf.

Variasi tingkat energi tersebut dapat memberikan perbedaan nilai intensitas radiasi sinar-X objek satu dengan objek lainnya sehingga timbul kontras pada gambaran radiograf. Nilai kontras di radiograf merupakan perbedaan nilai densitas satu dengan yang lain dan dalam jarak yang berdekatan (D_1-D_2).

Semakin tinggi tegangan tabung yang di berikan dapat mengurangi nilai kontras, hal ini di sebabkan oleh semakin banyaknya intensitas sinar -X yang diterima oleh radiograf sehingga variasi kehitaman pada radiograf akan menurun. Perubahan tegangan tabung akan berpengaruh

terhadap daya tembus sinar-X. Dengan menggambarkan pancaran radiasi sinar-X bersifat radial kesegala arah, maka intensitas radiasi sebanding dengan kuadrat tegangan tabung yang dirumuskan sebagai berikut ³ :

$$I \propto V^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan,

I : Intensitas sinar-x

V : Tegangan tabung (Volt)

\propto : Lambang equivalen

2.4.2. Pengaruh Arus Tabung (mA) Dan Waktu Eksposi (s) Terhadap Radiografi

Besarnya arus tabung dan waktu ekspose merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan densitas pada film dengan semua variabel yang lain tetap⁴. Kuantitas dari sinar-X yang diterima oleh

³ Marshal, G. C. 1944. Military Roentgenology. Washington D. C. War Department of US

⁴ Carrol, B. Quinn dan Fuch's, 1985, Principles of Radiographic Exposure processing and Quality Control, third edition, Charles C. Thomas Publisher, illinois.

radiograf menyebabkan timbulnya rentang atau range densitas yang berbeda-beda pada radiograf.

Densitas tidak hanya dikatakan sebagai suatu derajat kehitaman yang terjadi pada film Rontgen, tetapi densitas merupakan perhitungan numerik (angka) yang dapat dihitung jika diketahui derajat cahaya insiden dan nilai cahaya transmisi yang melewati film⁴.

Dua pertimbangan yang mendasar mengenai densitas ditunjukkan dengan logaritma adalah perhitungan logaritma tepat untuk menunjukkan perbedaan angka yang lebar dengan skala angka kecil, sedangkan alasan yang lain adalah pertimbangan super posisi nilai densitas. Apabila film super posisi maka nilai densitas adalah penjumlahan dari densitas yang dihasilkan sehingga dapat diilustrasikan bahwa intensitas cahaya awal adalah 1000 dan mengenai lapisan emulsi film pertama akan mendapatkan densitas 1 dengan menyerap cahaya 90 % dan selanjutnya mengenai emulsi film kedua yang

menghasilkan nilai densitas 2 sehingga nilai densitas total adalah 3.

Kuantitas sinar-X juga ditentukan oleh jumlah elektron persatuan waktu dari katoda anoda yang mencapai atom target dan dinamakan sebagai kuat arus tabung. Dengan menaikkan arus tabung dapat meningkatkan jumlah elektron yang tertumbuk anoda sehingga jumlah foton sinar-X yang dihasilkan akan semakin banyak. Intensitas sinar-X yang terbentuk sebanding dengan besarnya arus tabung.

$$I \propto i \quad (2.7)$$

I merupakan intensitas sinar-X \propto adalah lambang ekuivalen, dan i menyatakan kuat arus tabung (jumlah elektron persatuan waktu yang dihasilkan pada anoda).

Dengan,

I : Intensitas sinar-X

\propto : Lambang ekuivalen

i : Kuat arus tabung (mA)

Hubungan antara arus tabung dan waktu ekspose (mAs) terhadap densitas, oleh karena itu apabila terjadi peningkatan terhadap nilai arus tabung menjadi dua kali mA semua, maka dilakukan penurunan waktu eksposi menjadi setengahnya untuk menghasilkan nilai densitas yang sama³.

2.4.3 Pengaruh Jarak Antar Tabung Dan Image Reseptor (FFD) Terhadap Hasil Radiografi

Pengaruh jarak terhadap penyinaran pada image reseptor adalah berbanding terbalik dengan kuadratnya. FFD turut berperan terhadap intensitas yang diteruskan sampai dengan ke image reseptor tetapi tidak berpengaruh terhadap kualitas radiasi sinar-X yang di pancarkan⁵.

Intensitas sinar-X yang terbentuk oleh image reseptor berbanding terbalik dengan jarak pangkat dua. Hubungan perubahan intensitas dengan perubahan jarak

⁵ Bushong, Stewart.C, 1988, Radiologic Science for tehnologist Physic, Biologi and Protection, 4 thedition The CV Mosby Company, Washington,DC.

image reseptor dikenal sebagai hukum kuadrat jarak terbalik, sehingga dapat di rumuskan sebagai berikut ;

$$I_1 \propto \frac{I_0}{d^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan,

- I_0 : Intensitas awal
- I_1 : Intensitas setelah pertambahan jarak
- \propto : Lambang ekuivalen
- d : Perubahan jarak image reseptor terhadap sumber sinar-x (cm)

Dengan demikian semakin panjang jarak yang diberikan 2.maka intensitas sinar-X yang diterima receptor akan berkurang dan mengakibatkan penurunan nilai densitas pada radiograf tersebut.

2.5 Interaksi Sinar-X Dengan Materi

Interaksi sinar-X dengan materi akan terjadi bila sinar-X yang dipancarrkan dari tabung dikenakan pada suatu obyek. Sinar-X yang terpancar merupakan panjang gelombang elektromagnetik dengan energi yang

cukup besar. Gelombang elektro magnetik ini dinamakan foton dan tidak bermuatan listrik yang menjalar menurut garis lurus.

Bila sinar-X dikenakan pada suatu objek, akan terjadi interaksi antara foton dengan atom-atom tersebut.

Interaksi ini menyebabkan foton akan kehilangan energi yang dimiliki oleh foton. Besarnya energi yang diserap tiap satuan massa dinyatakan sebagai satuan dosis serap, disingkat gray. Dalam jaringan tubuh manusia, dosis serap dapat diartikan sebagai adanya 1 joule energi radiasi yang diserap 1 kg jaringan tubuh⁵.

$$1 \text{ gray} = 1 \text{ joule} / \text{kg} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.6. Efek biologik

Sinar-X akan menimbulkan perubahan-perubahan biologik pada jaringan. Efek biologik ini dipergunakan dalam pengobatan radioterapi.

Efek biologi dapat di bedakan menjadi dua yaitu:

1. Efek Stokastis

Efek stokastis adalah efek yang terjadi sebagai akibat paparan radiasi dengan dosis yang menyebabkan terjadinya perubahan pada sel.

2. Efek non Stokastis

Efek non stokastis adalah efek yang terjadi karena adanya kematian sel sebagai akibat dari paparan radiasi baik pada sebagian atau pada seluruh tubuh.

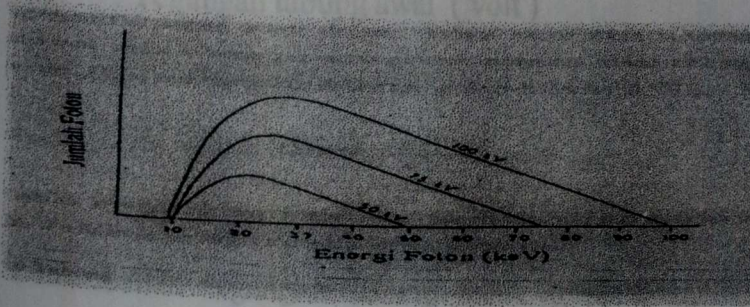
2.7 Faktor- Faktor Yang Menentukan Intensitas Sinar-X

Faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas sinar-X yang dihasilkan dari suatu pemaparan atau disebut faktor eksposi adalah tegangan tabung, arus tabung, jarak fokus ke film dan waktu eksposi.

2.7.1 Tegangan tabung

Tegangan tabung sinar-X atau beda potensial antara anoda dengan katoda selain menentukan energi maksimum sinar-X yang dihasilkan, juga menentukan paparan sinar-X⁶.

Gambar berikut ini adalah gambar spektrum sinar-X dengan tegangan tabung yang berbeda.



Gambar 2.5 Spektrum sinar-X pada tegangan tabung yang berbeda.

Paparan sinar-X kira-kira sebanding dengan faktor pangkat dua dari besarnya tegangan tabung yang digunakan. Dengan kata lain jika tegangan tabung atau energi sinar-X dinaikan dua kali lipat maka paparan sinar-X akan menjadi empat kalinya sehingga daya tembusnya semakin besar.

Hubungan antara tegangan tabung dengan intensitas dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$\frac{I_1}{I_2} \propto \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan,

V_1 : Tegangan tabung awal (volt)

V_2 : Tegangan tabung akhir (volt)

I_1 : Intensitas sinar-X awal

I_2 : Intensitas sinar-X akhir

Penambahan tegangan tabung akan menambah jumlah pancaran radiasi dari target atau meningkatkan intensitas radiasi yang dipancarkan⁶.

Pemilihan tegangan tabung (kV) yang terlalu rendah akan menyebabkan penyinaran yang diberikan tidak mampu menghasilkan densitas pada film sedangkan pemilihan tegangan tabung yang terlalu tinggi akan menimbulkan radiograf yang buruk sehingga informasi yang diperlukan hilang (kabur).

Tegangan (kV) antara anoda dengan katoda menunjukkan kecepatan dari elektron-elektron, semakin besar kecepatan

⁶ Meredith, W.J. and Massey, J.B., 1977, Fundamental Physics of radiology, edisi IV, John Wright and Sons Ltd, Bristol.

elektron menumbuk anoda maka semakin besar pula energi yang terkonversi ke dalam energi sinar-X

$$\text{Exsposure} = \frac{i \cdot t \cdot (V)^2}{d^2} \dots\dots (2.11)$$

Dengan,

- i : Arus tabung (mA)
 t : Waktu penyinaran (s)
 V : Tegangan tabung sinar-X (Volt)
 d : Jarak target terhadap sumber radiasi (cm)

2.7.2 Arus Tabung

Arus tabung didefinisikan sebagai jumlah elektron persatuan waktu yang bergerak dari katoda ke anoda.

Paparan sinar-X yang terjadi dengan besarnya arus tabung

. Hubungan ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{I_1}{I_2} \propto \frac{i_1}{i_2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan,

- I_1 : Intensitas sinar-X awal
 I_2 : Intensitas sinar-X akhir
 i : Kuat arus (ampere)

2.7.3 Jarak Fokus Ke Film (FFD)

Jarak fokus ke film (FFD) adalah jarak antara titik tumbuk sinar-X (fokus) dengan letak film radiografi . perubahan pada FFD akan selalu berakibat pada perubahan nilai paparan sinar-X yang mencapai film, karena intensitas sinar-X berbanding terbalik dengan jarak (invers square law). Apabila d merupakan jarak dari fokus ke film maka paparan sinar-x dapat dituliskan menjadi⁷

$$\frac{I_1}{I_2} \propto \frac{d_2^2}{d_1^2} \dots\dots\dots (2.13)$$

2.7.4 waktu eksposi (dalam menit)

Waktu eksposi menunjukkan lamanya penyinaran, semakin lama waktu penyinaran maka semakin besar sinar-X yang dihasilkan.

2.8 Paparan

⁷ Chesney D.N., dan Chesney O.M, 1980, Radiographic Imaging, Penerbit Oxford London.

Paparan adalah parameter dosis radiasi yang diatur pada pesawat Rontgen. Satuannya adalah Rontgen (R)

Keluaran tabung sinar-X mempunyai nilai kV, mA dan waktu eksposi yang bervariasi, untuk dapat membandingkan keluaran tabung sinar-X biasanya dengan menentukan perbandingan antara paparan dengan hasil kali arus dan waktu (mR/mAs). Keluaran hasil kali arus dengan waktu (mAs) terhadap tabung dapat diukur pada dua lokasi, di udara atau di bawah *phantom*.

Pengukurun jauh lebih efektif dalam udara terhadap perubahan kecil pada keluaran tabung sinar-X (*phantom* akan menyaring sejumlah keluaran sinar-X). Namun perbandingan keluaran paparan dengan hasil kali kuat arus dengan waktu (mR/mAs) tidak menyediakan informasi spesifik mengenai setiap perubahan keluaran yang mungkin terjadi seperti perubahan tegangan tabung (kV) dan kuat arus tabung (mA). Kalibrasi pewaktu meskipun kesimpulan-kesimpulan bisa dibuat. Perbandingan keluaran paparan dengan hasil kali kuat arus

dengan waktu (mR/mAs) merupakan cara cepat untuk evaluasi linearitas/repetabilitas pembangkit Arus sinar-X.

Banyaknya Foton sinar-X yang mengenai film berbeda-beda tergantung pada penyerapan tubuh pasien sehingga akan terbentuk pola bayangan pada film yang akan terlihat bila sudah melalui proses pengolahan film.

2.9 Densitas

Densitas merupakan derajat kehitaman dari suatu radiograf. Kehitaman yang dihasilkan berhubungan langsung dengan banyaknya paparan yang diterima film sinar-X atau penerangan cahaya yang berasal dari intensifying screen, sehingga densitas atau derajat kehitaman radiografi dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = \log \frac{I_0}{I_1} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan,

D : Densitas pada film

I : Intesitas sinar-X mula-mula yang datang pada film

I_1 : Intesitas sinar-X yang diteruskan.

Densitas diukur menggunakan suatu alat yang dinamakan densitometer. Alat ini menggunakan suatu berkas sinar yang secara langsung sistem optiknya memperlihatkan intensitas sinar yang dipancarkan dalam bentuk densitas. Densitas yang terjadi pada suatu film dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis film, energi radiasi, jumlah paparan dan kondisi pemerosesan⁸.

2.10 Kontras

Merupakan perbedaan derajat kehitaman antara bagian-bagian yang membentuk gambar. Radiografi di katakan

⁸ Curry. 1990. *Densitas dan Tingkat Kehitaman Film*. Jakarta: Universitas Indonesia

memiliki kontras baik apabila bagian yang satu dengan yang lain dapat di bedakan menjadi dua bagian:

1. Kontras obyektif yaitu kontras yang sebenarnya dan dapat di ukur. Kontras obyektif dalam kontras radiasi yaitu perbedaan intensitas radiasi yang di teruskan ke film yang di sebabkan oleh perbedaan daya serap bahan terhadap sinar-X dalam memberikan perbedaan penghitaman. Kontras film biasanya dinyatakan sebagai gradien rata-rata dalam kurva karekteristik film. Serta kontras radiografi adalah prbedaan penghitaman dari dua daerah yang berbeda. Perbedaan densitas dapat di ukur dengan densito meter. Untuk menentukan nilai kontras yaitu dengan mengulangi nilai densitas yang besar dengan densitas yang kecil. Hasilnya merupakan kontras radiografi yang dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$C = D_2 - D_1 \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan,

C : Kontras radiografi

D₁ : Densitas yang kecil

D₂ : Densitas yang besar

2. Kontras subyektif yaitu kontras yang di pengaruhi oleh kondisi pnglihatan pada masing- masing individu dimana pada masing-masing individu akan berbeda pula bila kondisi penglihatan berbeda kontras subyektif tidak dapat dinilai dalam bentuk angka. Kontras radiografi tergantung pada kontras organ yang di periksa dan kontras film. Kontras organ yang di periksa di pengaruhi oleh ketebalan ,pergerakan organ ,densitas dan perbedaan atom dari organ yang di periksa.

2.11 Detail

Detail Radiografi menggambarkan ketajaman dari struktur-struktur kecil pada radiografi. Dengan detail yang baik, bagian anatomi yang kecil akan tampak jelas. Detail gambar tergantung dari tingkat ketajaman detail dan

kontras artinya apabila detail tidak tajam dengan menaikkan kontras maka detail dapat di tingkatkan sebaliknya bila di peroleh detail yang tajam dan kontras yang kecil maka mempunyai detail yang baik.

2.12 Pemrosesan film.

Setelah film sinar-X dipaparin, film tersebut harus diproses secara kimia supaya menghasilkan bayangan radiografi yang permanen sehingga dapat diamati . Urutan pemrosesan selengkapnya meliputi pembangkitan (development) pembilasan (rinsing), penetapan (fixing) dan pengeringan (drying) .

Tujuan pemrosesan film ini adalah untuk menghasilkan radiografi kering dengan bayangan atau gambaran yang dapat diamatin dan dapat dijaga agar tidak mengalami kerusakan hingga beberapa tahun jika disimpan dalam kondisi yang memenuhi syarat.

Merk	HITACHI
Buatan	Jepang
Arus maksimum	300 mA
Waktu maksimum	10,0 detik
Tegangan	40-150 kV

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Teknik Pelaksanaan Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis melakukan praktek/penelitian di instalasi radiologi Rumah Sakit Umum Dr Pirngadi Kota Medan dengan menggunakan pesawat Rontgen konvensional, sedangkan pengukuran hasil densitas pada film dilakukan di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Medan.

3.2 Perlengkapan penelitian

Beberapa perlengkapan yang di perlukan sehubungan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Sumber sinar-X

a. Pesawat sinar-X konvensional dengan generator model P-C-10-BH-B,

Merk : HITACHI

Buatan : Jepang

Arus maksimum : 500 mA

Waktu maksimum : 10,0 detik

Tegangan : 40- 150 kV

Adapun komponen-komponen pesawat sinar-X terdiri dari :

- Tabung sinar-X adalah tempat diproduksi sinar-X
- Meja kontrol merupakan tempat pengaturan faktor ekspos yang dibutuhkan terdiri dari tegangan (kV), kuat arus (mA) dan waktu (s).
- Meja pemeriksaan adalah merupakan tempat pengaturan dan penempatan objek yang akan di X-ray.

Berikut ini gambar pesawat sinar-X dan komponen-komponennya :



Gambar 3.1 pesawat sinar-X konvensional



Gambar 3.2 Meja kontrol pesawat sinar-X konvensional

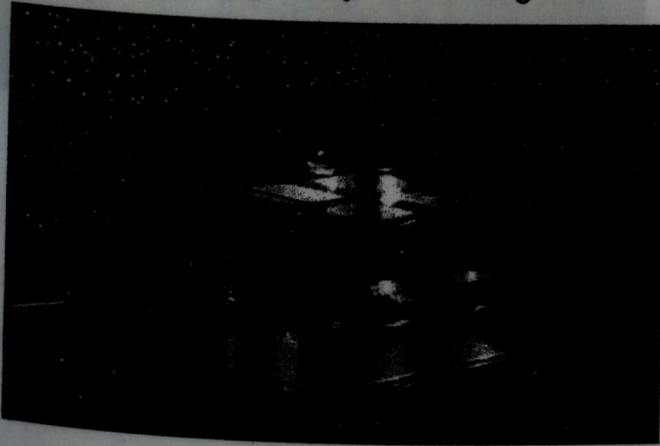
b. Prosedur Penggunaan Pesawat Sinar-X Konvensional dan Pengaturan objek pemeriksaan.

- Sambungkan alat ke PLN.
- Tekan tombol generator pada panel listrik
- Tekan ON pada kontrol table
- Pilih tindakan yang akan di pergunakan Radiografi atau fluoroscopy (dalam Penelitian ini di gunakan adalah Radiografi)
- Atur Tegangan (kV) kuat Arus (mA) dan waktu (s) sesuai dengan yang ditetapkan pada penelitian
- Atur Fokus Film Distance (FFD) 100 cm
 - Tempatkan kaset ukuran 24 X 30 cm yang berisi film di atas meja pemeriksaan
- Tempatkan kawat strimin diatas kaset
- Tempatkan pantom air yang berisi air setinggi 20 cm diatas kawat
- strimin

- Atur luas lapangan sesuai kebutuhan
- Lakukan eksposi
- Selesai
- - Setelah selesai semua tombol diposisikan pada angka nol dan pesawat Rontgen di off-kan
- Matikan tombol pada generator di panel listrik

2. Objek

Phantom air adalah bahan yang terbuat dari kaca acrylic yang kerapatannya setara dengan air

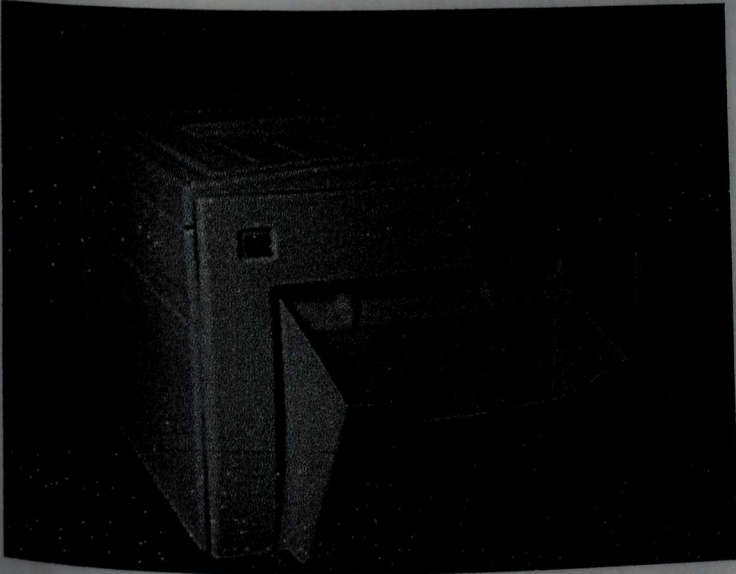


Gambar 3.3 Phantom Air

3. Film Rontgen

Ada 6 (enam) lembar jenis green film sensitif dengan merk Kodak. Film ini digunakan untuk mengetahui densitas pada film

4. Processing Film



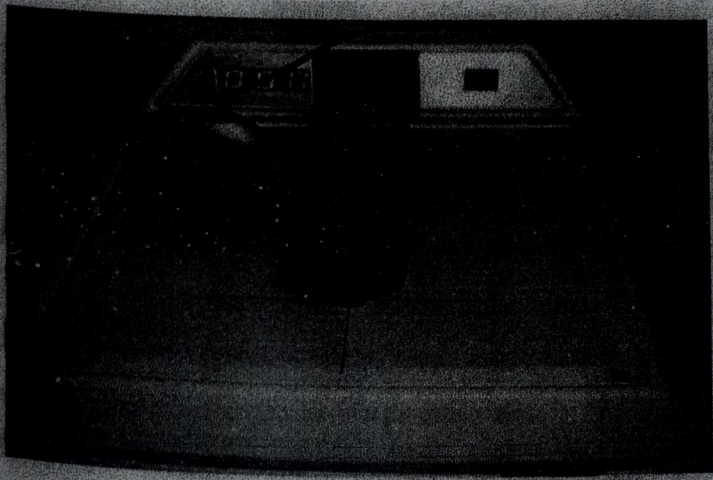
Gambar 3.4 Processing Automatic

Film Processor merk Kodak dengan suhu 32° dengan waktu proses selama 90 detik.

5. Zat Processing Film
 - Rapid X-Ray Developer Kodak G
 - Rapi X-Ray Fixer Kodak G 338
6. Meja Pada Kamar Gelap

Berfungsi untuk tempat membuka film yang akan dimasukkan kedalam processor
7. Densitometer

Berfungsi untuk mengukur densitas film, Desitometer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Digital Densitometer II merk X-Rite



Gambar 3.5 Digital Densitometer model X-Rite

Proses Pembacaan Kerapatan Optik Dosimeter Film:

- Siapkan alat densitometer (Pastikan alat tersebut telah di charger selama 14 jam)
- Nyalakan densitometer dengan menekan tombol ON/OFF pada posisi "ON" di depan dan dibelakan alat.
- Tekan tuas dari densitometer sehingga menyentuh permukaan lampu sensor densitometer dan tekan tombol "measure" bersamaan dengan tombol "null".
- Letakan film Rontgen di atas lampu sensor densitometer, tekan tuas densitometer hingga menyentuh permukaan lampu sensor densitometer dan tekan tombol "measure"
- Lihat angka densitas film Rontgen yang di tampilkan densitometer.

- Jika nilai densitas film yang ditampilkan densitometer masih dalam batas toleransi, maka pengukuran densitas dosimeter film siap dilakukan, tetapi jika nilai densitas film Rontgen tidak sesuai nilai toleransi maka dilakukan adjustment/ pengaturan dengan cara nenstel tombol "adjust"
- Letakan densitometer film uji diatas lampu sensor densitometer ukur masing- masing titik tersebut lima kali, dengan cara menekan kuas dari densitometer hingga menyentuh permukaan lampu sensor densitometer dan tekan tombol "measure" sampai lampu sensor padam.
- Pada monitor densitometer akan muncul nilai densitas dari dosimeter film Rontgen dan catat pada kolom lembar kerja.

8. Ruang gelap, digunakan sebagai tempat pengolahan film lengkap dengan pengatur suhu ruangan dan ventilasi udara yang kedap cahaya.

9. Ruang densitometer, digunakan sebagai tempat densitometer yang dilengkapi dengan pengatur suhu ruangan dan alat pengering udara.

3.3 Variabel penelitian

Melakukan ekspos Untuk mendapatkan hasil penelitian, digunakan variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi dan variabel bebas yaitu yang mempengaruhi dalam hal ini densitas radiograf sebagai variabel terikat sedangkan titik pengukuran sebagai variabel bebas.

3.4 Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Dr.Pirngadi Kota Medan dengan menggunakan pesawat Rontgen konvensional, adapun objek yang dipergunakan adalah phantom air yang terbuat dari acrylic dengan ketinggian air 20 cm.

Adapun langkah-langkah pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah;

1. Mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan dalam proses penelitian yang akan dilakukan
2. Mengidupkan generator pesawat sinar-X
3. Mengatur Kv.mA,s dan diaphragma sesuai dengan luas lapangan yang dibutuhkan.
4. Mengatur jarak objek dari sumber radiasi yaitu 100 cm
5. Menempatkan film dalam kaset dilakukan di kamar gelap
6. Menempatkan kawat strimin diatas kaset film

7. Menempatkan phantom di atas kawat strimin
8. Melakukan eksposi
9. Film di proses di kamar gelap dengan alat pencucian otomatis processing
10. Pengukuran densitas optik pada film yang sudah di proses dengan menggunakan densitometer

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan kualitas radiografi yang baik hal yang paling penting diketahui adalah apakah objek yang akan di foto tidak bergerak atau bergerak. Dengan diketahuinya apakah objek tidak bergerak atau bergerak maka faktor eksposi dapat ditentukan dengan tepat untuk mendapatkan kualitas radiografi yang baik.

4.1 Pengaruh objek tidak bergerak maupun bergerak terhadap kerataan densitas

Analisis kualitas radiografi pada objek bergerak dan tidak bergerak dengan menggunakan variasi ekspose di RSUD Dr.Pirngadi Kota Medan.

Dari hasil penelitian ini, grafik hubungan densitas dengan 10 (sepuluh) titik yang diukur pada film diperlukan untuk menentukan kerataan densitas film pada masing – masing kuat arus yang di lakukan. Variasi kuat arus yang di lakukan adalah 100 mA, 200 mA, 300 mA

dengan tegangan tabung 55 kV, 30 mAs dan Fokus Film Distance (FFD) 100 cm. Untuk objek tidak bergerak kerataan densitas pada titik yang diukur satu dengan yang lainnya tidak jauh berbeda, sedangkan untuk objek yang bergerak kerataan densitas pada titik yang diukur satu dengan yang lainnya sangat jelas perbedaannya akibat adanya pergerakan.

Dari variasi kuat arus yang dilakukan pada objek tidak bergerak maupun bergerak dibuat grafik untuk mengetahui nilai kerataan densitas pada masing-masing titik yang diukur.

4.2 Hasil Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan pada objek tidak bergerak maupun bergerak dengan variasi ekspose 200 mA dan 300 mA dengan tegangan tabung 55 kV, 30 mAs dan Fokus Film Distance (FFD) 100 cm.

4.2.1 Hasil Penelitian Pada Objek tidak bergerak Dan Bergerak

Kerataan Densitas Pada Objek Tidak Bergerak Dengan Objek Bergerak Pada Faktor Eksposi 200 mA

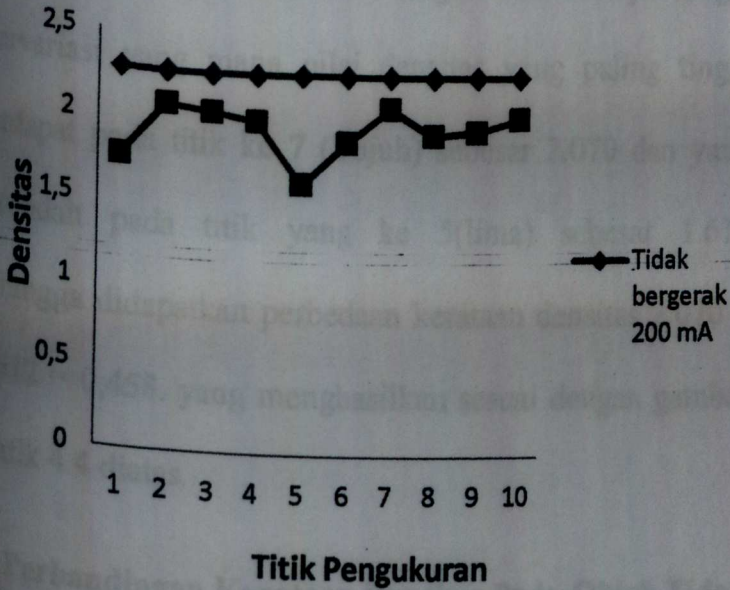
Dari data penelitian yang terdiri dari 200 mA pada objek tidak bergerak dan objek bergerak didapatkan data sesuai tabel berikut ini :

Tabel 4.1 Rata – rata densitas optik objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA.

Dari hasil data diatas maka didapat grafik hubungan densitas rata-rata dengan 10 (sepuluh) titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak di 200 mA

Objek	N	Skala densitas optik di 10 (sepuluh) titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak untuk 200 mA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. Bergerak	1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	72	62	56	56	60	60	58	56	60	58	
Bergerak	2	1.7	2.0	2.0	1.9	1.6	1.8	2.0	1.9	1.9	2.0
	50	64	26	80	12	64	70	10	34	10	

didapatkan grafik sesuai dengan gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Grafik hubungan densitas dengan titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 200 mA.

Grafik 4.1 di atas menunjukkan bahwa kerataan densitas pada objek tidak bergerak antara 1 titik dengan lainnya tidak jauh berbeda yang mana densitas tertinggi terdapat pada titik yang ke 1 (satu) yang nilainya sebesar 2.272 dan densitas terendah pada titik ke 3 titik ke 4 dan titik ke 8 sebesar 2.256 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $2.272 - 2.256 = 0.016$. Dari grafik diatas dapat

kita lihat pada objek tidak bergerak didapatkan grafik menyerupai garis lurus. Sedangkan kerataan densitas pada objek bergerak antara titik dengan titik lainnya sangat bervariasi yang mana nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada titik ke 7 (Tujuh) sebesar 2.070 dan yang terendah pada titik yang ke 5 (lima) sebesar 1.612 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $2.070 - 1.612 = 0,458$. yang menghasilkan sesuai dengan gambar grafik 4.4 diatas.

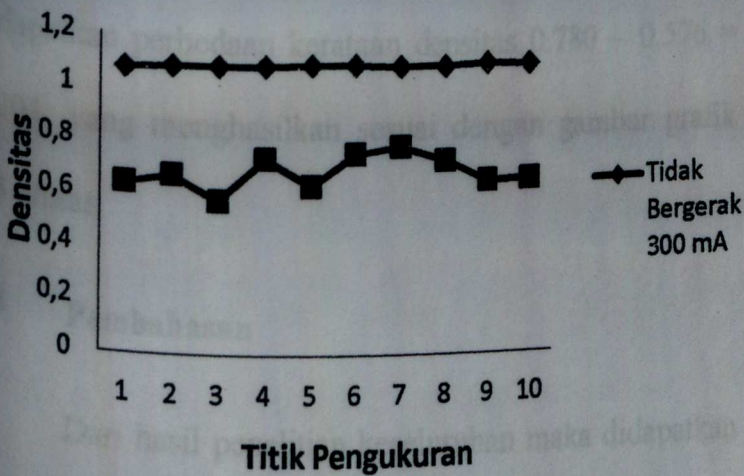
A. Perbandingan Kerataan Densitas Pada Objek Tidak Bergerak Dengan Objek Bergerak Pada Faktor Eksposi 300 mA

Dari data penelitian yang terdiri dari 300 mA pada objek tidak bergerak dan objek bergerak didapatkan data sesuai tabel berikut ini :

Tabel 4.2 Rata – rata densitas optik objek tidak bergerak dan bergerak pada 300 mA

Objek	N	Skala densitas optik di 10 (sepuluh) titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak untuk 300 mA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T.Bergerak	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Bergerak	2	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
		40	72	76	36	34	54	80	26	46	50

Dari hasil data diatas maka didapat grafik hubungan densitas rata-rata dengan 10 (sepuluh) titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak di 300 mA didapatkan grafik sesuai dengan gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Grafik hubungan densitas dengan titik pengukuran pada objek tidak bergerak dan bergerak pada 300 mA.

Grafik 4.2 di atas menunjukkan bahwa kerataan densitas pada objek tidak bergerak antara satu titik dengan lainnya

tidak jauh berbeda yang mana densitas tertinggi terdapat pada titik yang ke 5 , titik 6 dan titik 9 yang nilainya sebesar 1.088 dan densitas terendah pada titik ke 1 (satu) sebesar 1.074 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $1.088 - 1.074 = 0.014$. Dari grafik diatas dapat kita lihat pada objek tidak bergerak didapatkan grafik menyerupai garis lurus. Sedangkan kerataan densitas pada objek bergerak antara titik dengan titik lainnya sangat bervariasi yang mana nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada titik ke 7 (Tujuh) sebesar 0.780 dan yang terendah pada titik yang ke 3(tiga) sebesar 0.576 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $0.780 - 0.576 = 0.204$. yang menghasilkan sesuai dengan gambar grafik 4.5 diatas.

4.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian keseluruhan maka didapatkan perbandingan antara masing – masing variasi eksposi sebagai berikut :

Pada 200 mA menunjukkan bahwa kerataan densitas pada objek tidak bergerak antara 1 (satu) titik dengan lainnya tidak jauh berbeda yang mana densitas tertinggi terdapat pada titik yang ke 1 (satu) yang nilainya sebesar 2.272 dan densitas terendah pada titik ke 3 (tiga) titik ke 4 (empat) dan titik ke 8 (delapan) sebesar 2.256 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $2.272 - 2.256 = 0,016$. Kerataan densitas pada objek bergerak antara titik dengan titik lainnya sangat bervariasi yang mana nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada titik ke 7 (tujuh) sebesar 2.070 dan yang terendah pada titik yang ke 5 (lima) sebesar 1.612 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $2.070 - 1.612 = 0,458$. Bila dibandingkan nilai kerataan densitas pada objek tidak bergerak didapat nilai sebesar 0,016 dan pada objek bergerak didapat nilai kerataan densitas sebesar 0,458 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas pada objek tidak bergerak dengan objek bergerak adalah sebesar $0,458 - 0,016 = 0,442..$

Pada 300 mA menunjukkan bahwa kerataan densitas pada objek tidak bergerak antara 1 (satu) titik dengan lainnya tidak jauh berbeda yang mana densitas tertinggi terdapat pada titik yang ke 5 (lima) , titik 6 (enam) dan titik 9 (sembilan) yang nilainya sebesar 1.088 dan densitas terendah pada titik ke 1 (satu) sebesar 1.074 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $1.088 - 1.074 = 0.014$. Kerataan densitas pada objek bergerak antara titik dengan titik lainnya sangat bervariasi yang mana nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada titik ke 7 (Tujuh) sebesar 0.780 dan yang terendah pada titik yang ke 3(tiga) sebesar 0.576 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas $0.780 - 0.576 = 0.204$. Bila dibandingkan nilai kerataan densitas pada objek tidak bergerak didapat nilai sebesar 0,014 dan pada objek bergerak didapat nilai kerataan densitas sebesar 0,204 sehingga didapatkan perbedaan kerataan densitas pada objek tidak bergerak dengan objek bergerak adalah sebesar $0,204 - 0,014 = 0,19$.

Dari hasil penelitian pada ketiga variasi kuat arus yang dilakukan yaitu 100 mA, 200 mA dan 300 mA dapat disimpulkan bahwa perbedaan kerataan densitas paling tinggi terdapat pada variasi 100 mA, paling rendah perbedaan kerataan densitas pada variasi 300 mA sedangkan variasi 200 mA kerataan densitas berada diantara variasi 100 mA dengan 300 mA.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari ketiga variasi yang dilakukan diatas didapatkan nilai perbedaan kerataan densitas yang paling kecil adalah pada variasi 300 mA.
2. Pada objek yang bergerak wajib mempergunakan faktor eksposi kuat arus (mA) yang besar dan waktu (s) yang singkat yang bertujuan menghindari terjadinya pergerakan objek yang dapat mengurangi kualitas radiografi khususnya kontras (perbedaan derajat kehitaman suatu jaringan dengan jaringan sekitarnya)
3. Untuk objek yang tidak bergerak dapat mempergunakan faktor eksposi kuat arus (mA) yang rendah dan waktu (s) panjang yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas radiografi

yang baik khususnya ketajaman gambar (batas tegas suatu jaringan dengan jaringan sekitarnya).

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini analisis kualitas radiografi pada objek bergerak dan objek tidak bergerak dengan variasi eksposi, dengan menghitung rata-rat densitas optik pada film yang dihasilkan.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan elektrometer.

DAFTAR PUSTAKA

1. Van der Plaats, 1972. Medical X-Ray Technique. Third Edition, Philips Technical Library, Eindhoven
2. Hoxter Erwin A., 1982. "Practical Radiography" 11th Edition, Germany, Siemens Aktiengesellschaft Heyden & Son Ltd
3. Marshal, G. C. 1944. Military Roentgenology. Washington D. C. War Department of US
4. Carrol, B. Quinn dan Fuch's, 1985, Principles of Radiographic Exposure processing and Quality Control, third edition, Charles C. Thomas Publisher, illinois.
5. Bushong, Stewart.C,1988, Radiologic Science for tehнологist Physic, Biologi and Protection, 4 thedition The CV Mosby Company, Washington,DC.
6. Meredith, W.J.and Massey, J.B.,1977, Fundamental Phisics of radiology, edisi IV, John Wright and Sons Ltd, Bristol.
7. Chesney D.N., dan Chesney O.M, 1980, Radiographic Imaging, Penerbit Oxford London.
8. Curry. 1990. *Densitas dan Tingkat Kehitaman Film*. Jakarta: Universitas Indonesia