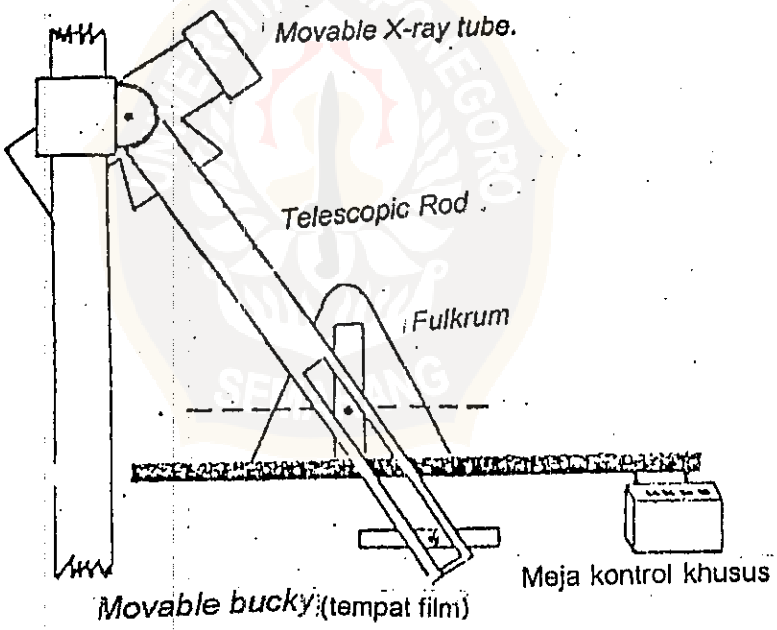
BAB III
TEHNIK PEMERIKSAAN DENGAN TOMOGRAFI

III.1. Teknik Tomografi (*Littleton,1976, op. cit. Koman, Suganda, 1984*)

Ketika pada Roentgenogram terjadi perbedaan intensitas dengan kontras yang cukup dari struktur yang satu dengan lainnya, maka hal tersebut tidak ada kesukaran untuk memvisualkan objek yang dikehendaki. Tetapi pada kasus dimana objek saling superposisi dengan menghasilkan derajat kehitaman yang relatif hampir sama, maka obyek yang dikehendaki akan sukar divisualkan.



Gambar 3.1
Pesawat Roentgen untuk tomografi
(Anonim, 1994.)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Sebagai alternatifnya untuk menghindari terjadinya superposisi tersebut dilakukan penyudutan tabung Roentgen atau film, tetapi kelemahannya adalah kemungkinan akan terjadi distorsi karena tabung Roentgen dan film tidak saling sejajar.

Teknik yang lebih akurat untuk mendapatkan gambaran obyek yang tajam dari struktur yang saling superposisi, dapat dilakukan dengan cara mengaburkan pada bagian atas dan bagian bawah obyek yang dikehendaki. Teknik ini dikenal dengan nama "Teknik Tomografi", yaitu teknik radiografi yang dilakukan dengan cara menggerakkan dua di antara tiga komponen sewaktu dilakukan eksposi (exposure). Komponen-komponen tersebut adalah:

- tabung Roentgen (*tube)*
- penderita (pasien) dan
- film.

Untuk melakukan teknik tomografi diperlukan pesawat Roentgen khusus yang dilengkapi:

a. *Telescopic Rod*, adalah tiang penghubung antara tabung Roentgen dan bucky / tempat film.
b. *Fulkrum*, adalah titik pergerakan dari tabung dan film yang dapat diukur tingginya dari permukaan meja pemeriksaan sesuai dengan kedalaman lapisan tubuh yang dikehendaki.
c. Tabung Sinar-X yang dapat digerakan (*Movable X-ray tube*).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

d. Meja kontrol khusus, selain tombol-tombol yang sesuai dengan pesawat sinar-X konvensional juga dilengkapi tombol :

- untuk jenis pergerakan tomografi yang dikehendaki.
- untuk mengatur penyudutan tabung.
- untuk mengatur ketinggian dari fulkrum.

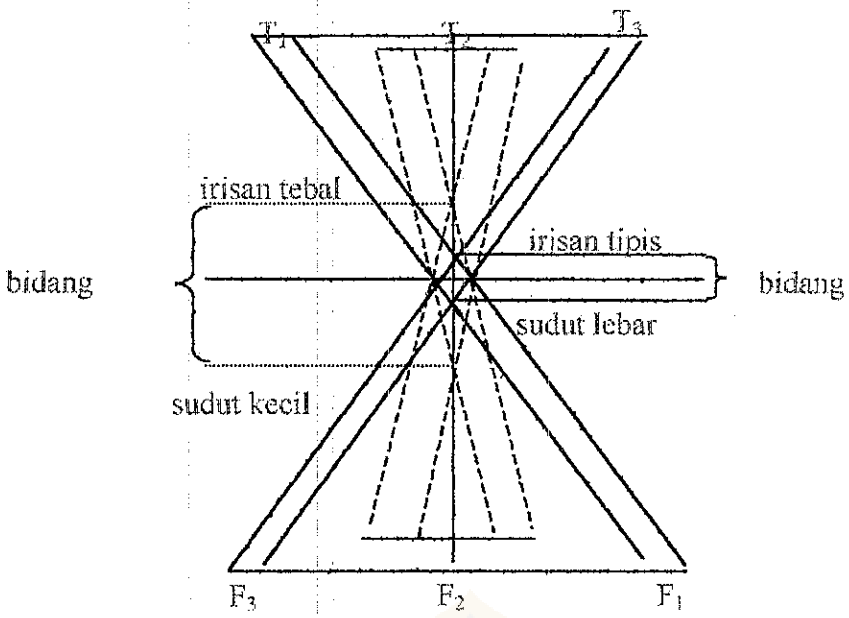
e. Pengatur kesetabilan mekanik (*Mechanical stability*), kemampuan pesawat Roentgen untuk tidak bergetar dan tidak ada komponen yang menyimpang selama pengambilan eksposi.

f. Bucky / tempat film Roentgen yang dapat digerakkan(*Movable bucky*)

Pada pemeriksaan tomografi sudut penyinaran pada waktu dilakukan pemotretan memegang peranan penting.

Sudut penyinaran adalah sudut yang dibentuk oleh gerakan tabung sinar-X selama pemotretan berlangsung. Luas bidang yang terjadi disebut ketebalan irisan, ketebalan irisan ini dapat diatur sesuai besar kecilnya sudut penyinaran (Lihat Gambar 3.2).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3.2
Besar kecilnya sudut penyinaran menghasilkan ketebalan irisan yang berbeda.
(Anonim, 1994)

Semakin besar sudut penyinaran, semakin tipis irisan yang diperoleh dan semakin kecil sudut penyinarannya, maka semakin tebal irisan yang diperoleh.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

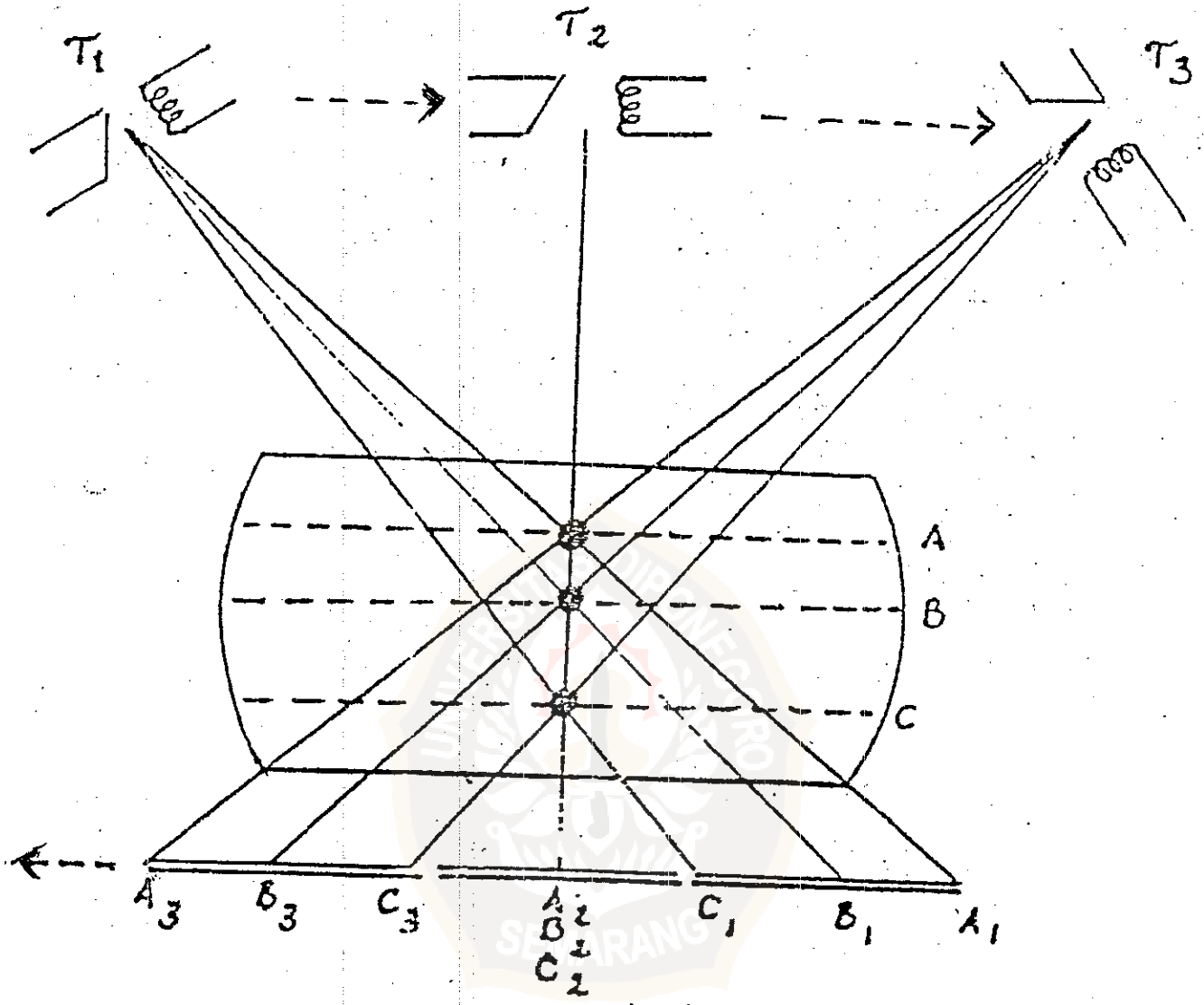
III.2. Prinsip Tomografi (*Halmshaw, 1981*)

Untuk mengaburkan (*bluring*) bagian atas dan bawah dari suatu lapisan yang dikehendaki, maka dapat dilakukan dengan cara menggerakkan tabung sinar-X dan film, sedangkan obyek (pasien) diam selama dilakukan eksposi (exposure).

Eksposi (exposure) terjadi sewaktu tabung Roentgen bergerak dari T1 ke T3, dan film bergerak secara berlawanan arah dari A1 ke A3 (lihat gambar 3.3). Adapun pasien sewaktu pergerakan tersebut tetap diam pada meja pemeriksaan, dan struktur B merupakan obyek yang kita kehendaki (lihat Gambar 3.3).

Pada saat pergerakkan tabung sinar-X dan film struktur B tetap berada sebagai suatu titik sentral pada bidang film, sedangkan struktur A dan C berpindah-pindah pada satu bidang film, sehingga pada gambaran tomografi (tomograf) akan dihasilkan, gambaran B yang tampak jelas dibandingkan struktur A dan C yang tampak mengalami kekaburan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3.3
Prinsip Tomografi
(Anonim, 1994)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

III.3. Jenis-Jenis Pergerakan Tabung Roentgen Pada Teknik Tomografi

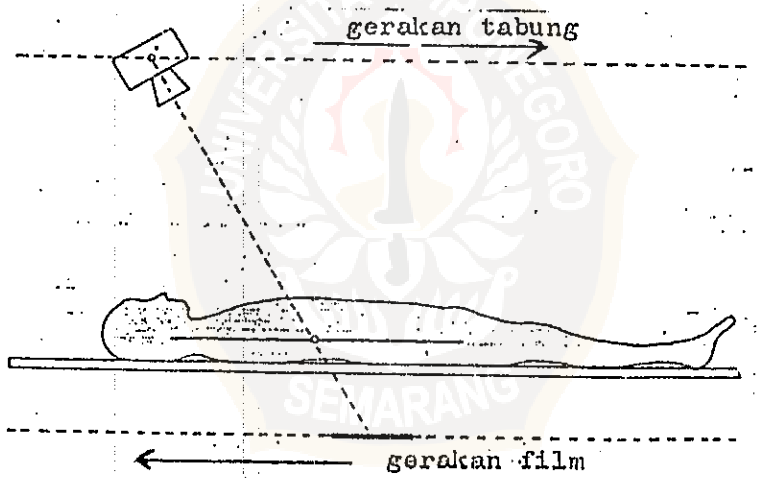
III.3.a Gerak lurus (*Linear Movement*)

Pada pesawat jenis ini, film dan tabung sinar-X bergerak membentuk suatu garis lurus, dengan gerakan berlawanan arah.

Ini adalah pergerakan yang paling sederhana.

Pesawat tipe linier ini dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

III.3.a.1. Gerakan lurus-lurus (*Line to line movement*), pada jenis ini tabung sinar-X dan film bergerak berlawanan arah menurut garis lurus.



Gambar 3.4
Gerakan lurus-lurus (*line to line movement*)
(Anonim, 1994)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Kelemahan pesawat ini adalah terjadi perubahan jarak tabung sinar-X dan film serta jarak obyek film, sehingga faktor perbesaran bayangan tidak sama. Hal ini mengakibatkan *penumbra* yang menambah ketidak tajaman gambar. Ketidaktajaman gambar hasil tomografi disebabkan karena proses pergerakan yang terjadi.

Ketidaktajaman ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Ketidaktajaman akibat gerakan
2. Ketidaktajaman geometrik

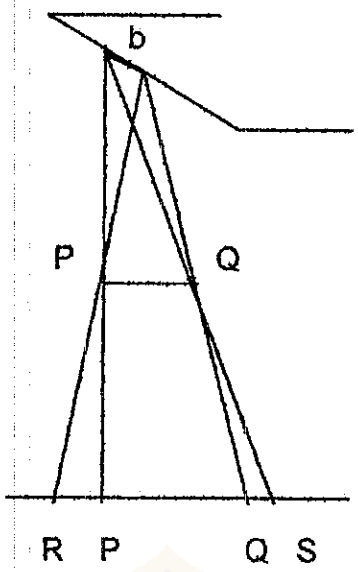
Ketidaktajaman akibat gerakan terjadi karena pola pengaburan yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan sudut penyinaran yang berbeda, waktu penyinaran yang panjang, dan getaran pesawat yang dapat mempengaruhi titik *fulkrum*.

Untuk menghindarinya dapat dilakukan antara lain:

- Menetapkan posisi obyek pada saat penyinaran berlangsung
- Pemilihan pesawat yang mempunyai pengatur kestabilan mekanik (*mechanical stability)* yang baik.

Ketidaktajaman geometrik disebabkan karena bentuk fokus (target) yang tidak berupa titik (lihat Gambar 3.5).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

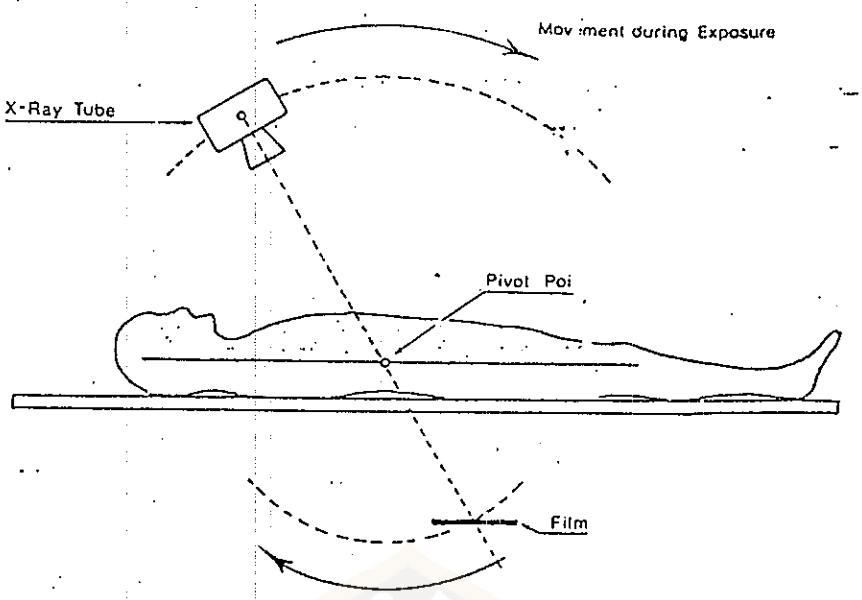


Gambar 3.5 Pe*numbra* yang disebabkan oleh fokus (target) yang tidak berupa satu titik. PQ =obyek, RP = QS = *Penumbra*, b= *fokal spot* (target) (Surtiningsih, 1985).

III.3.a.2 Gerakan lengkung-lengkung (*Arc to arc movement)*

Pada jenis ini tabung sinar-X dan film bergerak menurut garis lengkung dengan *fulkrum* sebagai titik pusatnya. Besarnya jarak tabung sinar-X dan film selalu sama, demikian pula jarak obyek ke film sehingga pembesaran selalu sama. Kelemahan pesawat ini adalah peralatan sulit dibuat (Lihat Gambar 3.6).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

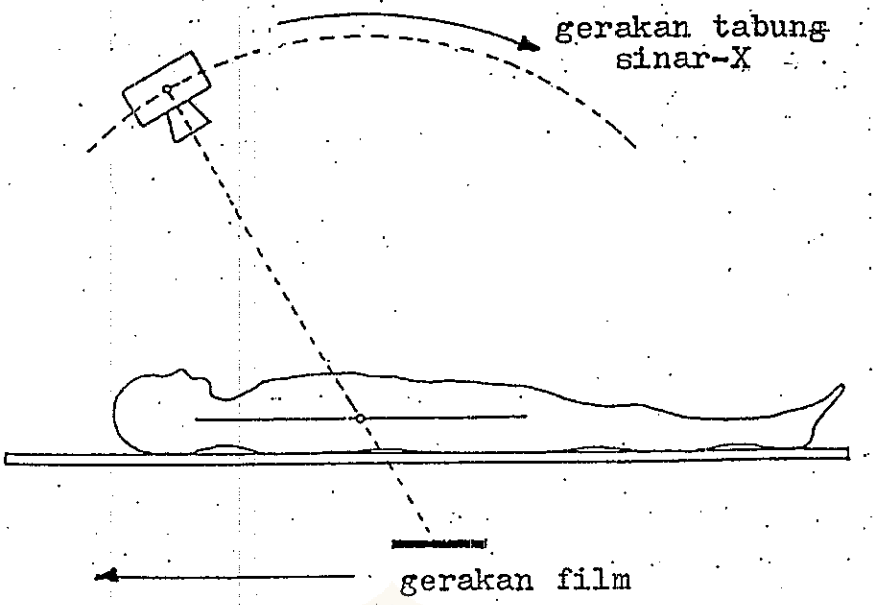


Gambar 3.6
Gerak lengkung-lengkung (*Arc to arc movement*)
(Anonim, 1994)

III.3.a.3 Gerakan lengkung-lurus *(Arc to line movement)*

Pada jenis ini tabung sinar-X bergerak menurut garis lengkung terhadap film yang bergerak menurut garis lurus. Pemakain tipe ini lebih menguntungkan karena pembesaran bayangan tidak terlalu besar dibanding tipe pertama, dan peralatannya lebih mudah dibuat (lihat Gambar 3.7).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3.7
Gerakan lengkung-lurus (Arc to line movement)
(Anonim, 1994)

III.3.b Gerak lengkung (*arc movement*)

Pada jenis pesawat ini tabung sinar-x bergerak membentuk lengkung (setengah lingkaran).

III.3.c Gerakan melingkar (*Circular movement*)

Pada jenis pesawat ini baik tabung sinar-X maupun film berjalan pada garis lengkung membentuk lingkaran, sehingga perbadingan jarak fokus obyek dan jarak obyek film selalu konstan,

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dalam hal ini faktor pembesaran akan tetap setiap titik dimana tabung sinar-X dan film bergerak.

III.3.d Gerak elliptika (Elliptical movement)

Pada jenis pesawat ini pergerakannya secara ellips.

III.3.e Gerak hiposikloida (*Hypocycloidal movement*)

Pada jenis pesawat ini pergerakannya sangat kompleks merupakan modifikasi dari pergerakan melingkar dengan sistem lengkung.

III.4. Cara Kerja

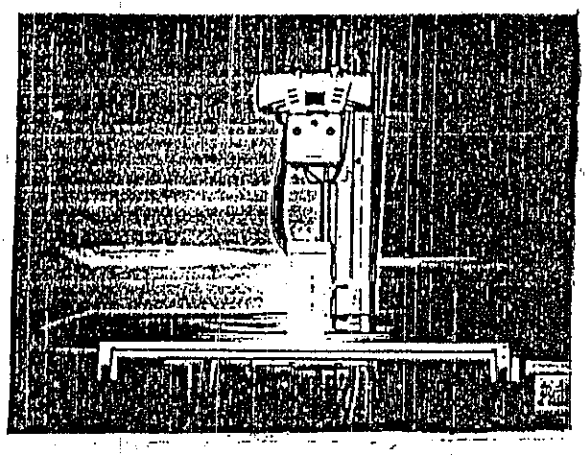
Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi Semarang melalui kerja praktek.

III.4.1. Pesawat Tomografi

Kerja praktek ini menggunakan pesawat tomografi yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Merk Shimadzu, buatan tahun 1986
- Tipe : HL-20, Nomor Seri S/N : 626.0061
- Tegangan maximum = 125 KV
- Arus Tabung sinar-X maximum = 500 mA
- Waktu eksposi maximum = 5 detik

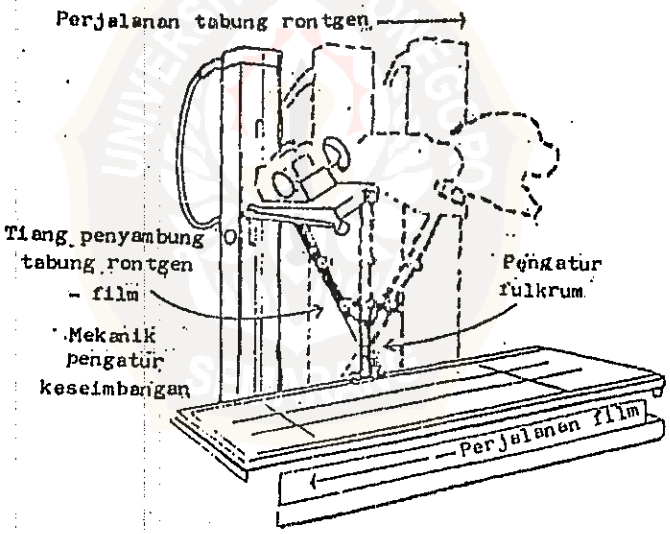
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 3.8

Pesawat Tomografi di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang (Anonim, 1986)

Komponen-komponen pesawat tersebut dapat diperhatikan pada gambar 3.9.



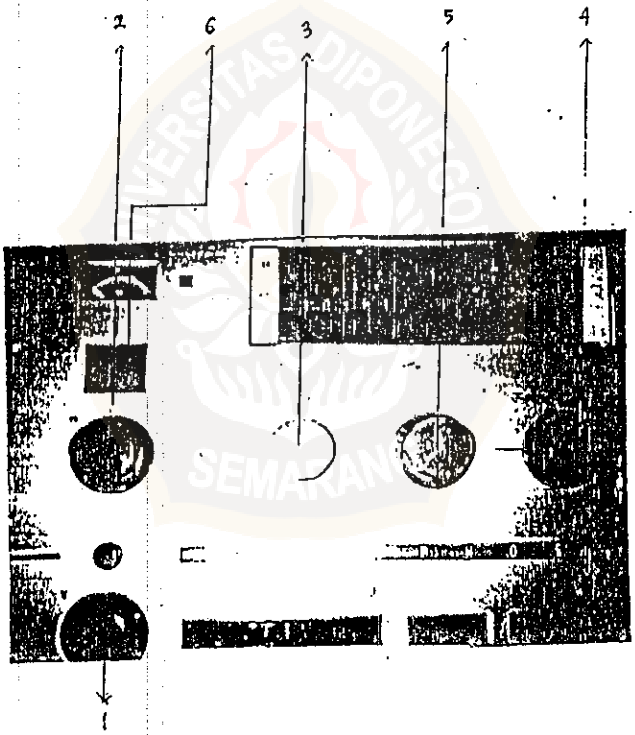
Gambar 3.9.

Unsur-unsur Pesawat Tomografi (Anonim, 1986)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Jenis pesawat ini dilengkapi dengan meja pengontrol yang dapat dilihat pada gambar 3.10 di bawah ini yang mempunyai tombol-tombol sebagai berikut :

1. Tombol Pengatur Tegangan
2. Tombol Pengatur Tegangan untuk fluoroskopi
3. Tombol Pengatur Arus untuk fluoroskopi
4. Tombol Pengatur Tegangan untuk radiografi
5. Tombol Pengatur Arus untuk radiografi
6. Tombol Pengatur waktu penyinaran

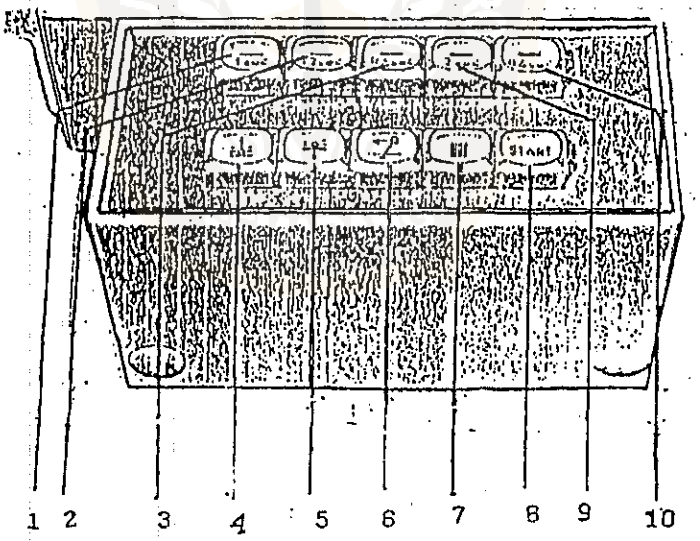


Gambar 3.10. Meja Pengontrol (Anonim, 1986)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Selain meja pengontrol pada pesawat tomografi dilengkapi pula dengan kotak kendali (lihat gambar 3.11) yang mempunyai tombol – tombol sebagai berikut :

1. Tombol untuk gerakan sudut 30 derajat
2. Tombol untuk gerakan sudut 20 derajat
3. Tombol untuk gerakan sudut 10 derajat
4. Tombol untuk menaikkan fulkrum
5. Tombol untuk menurunkan fulkrum
6. Tombol untuk tomografi, jika tombol ini ditekan maka tombol-tombol lainnya yang berhubungan dengan tomografi akan menyala/hidup.
7. Tombol untuk radiografi
8. Tombol start, jika tombol ini ditekan maka tabung sinar-x dan film akan bergerak pada gerakan sudut yang paling besar atau posisi start.
9. Tombol gerakan tabung linier
10. Tombol gerakan tabung lengkung (arc).



Gambar 3.11 Kotak kendali (Anonim, 1986)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

III.4.2. Film

Pada penelitian ini digunakan:

a. Film Roentgen merk Agfa dengan :

- ukuran 35 x 35 cm
- ukuran 18 x 24 cm

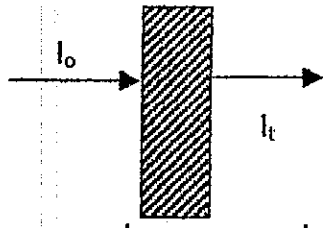
b. Bahan kimia pencuci film Roentgen

Film yang digunakan ini mempunyai respon terhadap eksposi (exposure) intensitas sinar-X atau radiasi sinar-X yang diterima, sehingga menentukan derajat penghitaman film. Maka dari itu film tersebut berguna untuk memperoleh gambaran/foto tomografi dari obyek yang diperiksa. Dari foto tersebut dapat divisualisasikan obyek yang diperiksa, sehingga melalui foto hasil tomografi dapat diuji secara kualitatif atau dilakukan diagnosa suatu penyakit untuk menetapkan langkah selanjutnya dalam menentukan luas bidang/daerah penyinaran di bagian radioterapi.

III.4.3. Densitometer

Alat ini berfungsi untuk mengukur derajat kehitaman film. Kehitaman film yang terjadi tergantung pada respon film terhadap eksposi (exposure) radiasi yang diterima. Dengan demikian densitometer digunakan untuk keperluan mengukur densitas suatu hasil foto tomografi konvensional.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Densitas suatu film yang berupa gambaran radiologis/foto tomografi mengikuti persamaan :

$$D = \log_{10} I_o/I_t, \qquad \ldots(3.1)$$

dengan : D = densitas

I_o = intensitas gelombang datang

I_t = intensitas gelombang diteruskan

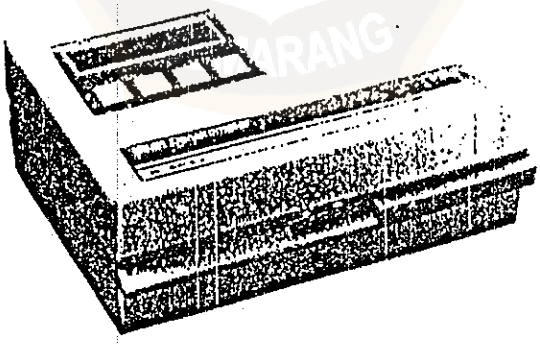
Sedangkan rumus transmisi adalah :

$$T = I_t/I_o \qquad \ldots(3.2)$$

$T = 10^{-D}$ (Meredith dan Massey, 1977)

Adapun spesifikasi alat tersebut adalah sebagai berikut :

- Automatic Densitometer
- RMI Model 2-334
- 90 – 130 V AC, 50/60 Hz
- Power 12 V DC, (of 0,70 Amp 380x)



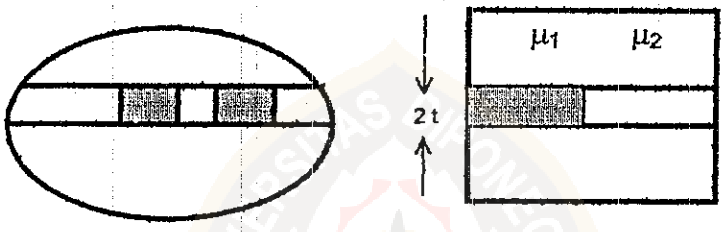
Gambar 3.12 Densitometer model 380 (Anonim, 1982)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

III.5 Kualitas Gambaran Tomografi yang Baik

Untuk mendapatkan kualitas gambaran tomografi yang baik atau mutu foto Roentgen yang tinggi yaitu bila foto tersebut dapat dibaca secara mendetail.

- Bila dibandingkan dengan hasil foto radiografi biasa, maka foto tomografi kontrasnya lebih rendah. Hal ini disebabkan beberapa faktor antara lain : terjadinya penumpukan bayangan dari lapisan yang tidak diinginkan, sehingga kontras gambar menjadi rendah.



Gambar 3. 13
Skema pengkontrasan dalam tomogarfi
μ_1 dan μ_2 masing-masing koefisien atenuasi linier
dari bahan 1 dan bahan 2
dan 2t tebal lapisan tomografi
(Meredith dan Massey, 1977)

Kontras dalam tomografi ditunjukkan oleh persamaan (Meredith dan Massey,1977) adalah :

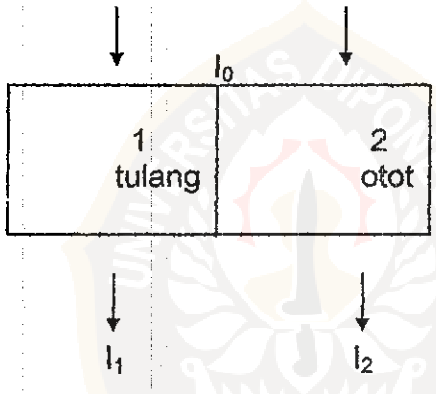
$$C = 0{,}4343\ (\mu_1 - \mu_2)\ 2t \qquad (3.3)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Bila obyek (pasien) yang dilalui sinar-X tebal dan padat (mempunyai nomor atom yang tinggi, seperti tulang), maka sinar-X banyak yang diserap sehingga sinar-X setelah melalui pasien tinggal sedikit. Tetapi bila obyek (pasien) yang dilalui sinar-X tipis (mempunyai nomor atom yang rendah seperti otot), maka sebagian besar sinar-X akan diteruskan.

Sinar-X waktu melalui bahan akan mengalami pengurangan intensitas sesuai dengan Hukum Pelemahan Eksponensial:

$$I = I_0 e^{-ux} \qquad (3.4)$$



Gambar 3.14
Skema proses pelemahan sinar-X pada dua objek yang berbeda
(Meredith dan Massey, 1977)

Setelah sinar-X melalui tulang (1) intensitas berkurang dari I_0 menjadi I_1, sedangkan sinar-X yang melalui otot (2) intensitas berkurang dari I_0 menjadi I_2.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Jadi hubungan I_1, I_2, I_0

$$I_1 = I_0\, e^{-u1x} \qquad (3.5)$$

$$I_2 = I_0\, e^{-u2x} \qquad (3.6)$$

μ_1 dan μ_2 adalah koefisien atenuasi linier dua bahan, x adalah tebal bahan.

Dari kedua persamaan diatas maka:

$I_0 = I_1\, e^{-u1x} = I_2\, e^{-u2x}$ ..... (3.7)

dimana e = 2,7184

$\log I_1 + \mu_1 x \log e = \log I_2 + \mu_2 x \log e$

$\log I_1 - \log I_2 = \log e\,(\mu_1 x - \mu_2 x)$

$\log I_1 - \log I_2 = \log 2{,}7184\,(\mu_1 x - \mu_2 x)$

$\log I_1 - \log I_2 = 0{,}4343\,(\mu_1 x - \mu_2 x)$

$C = 0{,}4343\,(\mu_1 - \mu_2)\,x$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)