



**ANALISA SISTEM KELISTRIKAN COMPUTERIZED  
TOMOGRAPHY SCAN DI RUMAH  
SAKIT HAJI MEDAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi Medan**

**OLEH**

**NAMA : M YASIR POHAN  
N.P.M : 1724210209  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO  
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUN PANCA BUDI  
MEDAN**

**2019**

# **ANALISA KELISTRIKAN COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN PADA RUMAH SAKIT HAJI MEDAN**

**M Yasir Pohan\***

**Rahmaniar, ST.,MT\*\* Muhammad Rizky Syahputra\*\***

**pohanmyasir@gmail.com**

**Teknik Elektro**

## **ABSTAK**

CT scan adalah sebuah alat kesehatan yang digunakan untuk membantu mendiagnosis suatu penyakit pada pasien. Selain mampu melakukan pemeriksaan kepada pasien, kebocoran radiasi sangat perlu perhatian khusus dari pihan fasilitas kesehatan. Untuk mengantisipasi tersebut harus dilakukan uji kesesuaian agar mengetahui ambang batas radiasi yang sudah ditentukan. Selain itu system kelistrikan medis juga mempengaruhi kebocoran radiasi pada tabung Ct. selain melakukan pengujian kesesuaian setiap tahunnya. Fasyankes juga harus melakukan pemeriksaan TLD agar bis diketahui ambang batas radiasi bulanan.

Kata kunci : CT Scan, Radiasi, Kelistrikan

\*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

\*\*Dosen Program Studi Teknik Elektro

# **ANALISA KELISTRIKAN COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN PADA RUMAH SAKIT HAJI MEDAN**

**M Yasir Pohan\***

**Rahmaniar, ST.,MT\*\* Muhammad Rizky Syahputra\*\***

**pohanmyasir@gmail.com**

**Teknik Elektro**

## ***ABSTRACT***

*CT scan is a medical device used to help diagnose a disease in a patient. In addition to being able to carry out examinations to patients, radiation leaks need special attention from selected health facilities. To anticipate this the conformity test must be carried out in order to know the radiation threshold that has been determined. In addition, the medical electrical system also affects radiation leakage in the Ct tube. besides doing suitability testing every year. Fasyankes must also carry out TLD examinations so that the bus can be known monthly radiation threshold threshold.*

Kata kunci : CT Scan, Radiasi, Kelistrikan

\*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

\*\*Dosen Program Studi Teknik Elektro

## DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN**

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

<b>ABSTAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTACK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan masalah.....	2
C. Batasan masalah.....	2
D. Tujuan penelitian.....	2
E. Manfaat penelitian.....	2
F. Metode pembahasan.....	3
G. Sistematik penulisan.....	3

### **BAB II LANDASAN TEORI**

A. Pengertian CT Scan.....	5
B. Generasi CT Scan.....	9
C. Prinsip kerja CT Scan.....	12
D. Tujuan penggunaan CT Scan .....	15
E. Komponen dasar CT Scan.....	21
F. Aspek Proteksi radiasi.....	36

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Flowchat Penelitian.....	44
-----------------------------	----

B. System kelistrikan .....	45
C. Analisa Radiasi.....	46
D. Batasan dosis radiasi .....	50
E. Dampak radiasi pada pekerja radiasi.....	52
F. Dampak radiasi pada pasien.....	56
G. Kelistrikan Intalasi CT Scan .....	60
 <b>BAB IV HASIL PENELITIAN</b>	
A. Analisa radiasi.....	61
B. Hasil pengukuran kelistrikan.....	61
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan dan saran .....	64
B. Daftar pustaka .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi bangunan radiologi .....	46
Tabel 3.2 perkiraan besaran dosis yang diterima organ utama pada berbagai pemeriksaan radiologi .....	50
Tabel 3.3 Nilai batasan dosis untuk pekerja radiasi .....	52
Tabel 3.4 Tabel perhitungan kenutuhan energy listrik untuk peralatan radiologi dengan kapasitas rendah, menengah, tinggi .....	60
Tabel 4.1 Hasil pengukuran radiasi menggunakan dosimeter termoluminensi	61
Tabel 4.2 Paparan radiasi hambur .....	61
Tabel 4.3 tabel hasil pengukuran Thorak .....	62

## TABEL GAMBAR

Gambar 2.1 New 160 slice tosiabah CT Auilion Lihtining .....	5
Gambar 2.2 Jaringan otak mati .....	15
Gambar 2.3 Proses CT tulang belakang.....	21
Gambar 2.3 Bagian-bagian gantry .....	22
Gambar 2.4 Bagian-bagian kolimator .....	25
Gambar 2.5 Meja pemeriksaan pasien CT Scan .....	26
Gambar 2.6 ruangan konsul RSUP H Adam malik.....	27
Gambar 2.7 Bagian prinsip kerja CT scanner .....	28
Gambar 2.8 Kolimator dan detector.....	29
Gambar 2.9 Proses pembentukan citra.....	30
Gambar 2,10 Hasil CT Scan.....	30
Gambar 2.11 Teknik akusisii gambar pada spiral CT scan.....	33
Gambar 2.12 Apron pelindung tubuh.....	40
Gambar 2.13 Penahan radiasi Gonand .....	41
Gambar 2.14 Sarung tanan proteksi .....	41
Gambar 3.1 Metode penelitian.....	44
Gambar 3.2 Denah ruangan.....	45
Gambar 3.3 konstruksi bangunan ruang radiologi .....	46
Gambar 3.4 Konstruksi dosimeter saku .....	47
Gambar 3.5 Alat dosimeter .....	48
Gambar 3.5 TLD .....	49

Gambar 3.7 Efek radiasi terhadap manusia.....	54
Gambar 3.8 Patofisiologi penyakit jantung akibat radiasi .....	57
Gambar 3.9 Mekanisme penyakit katub akibat radiasi .....	58
Gambar 3.10 Alogaritma pemantauan pasien terpapar radiasi mediastinum terkait risiko penyakit jantung.....	59
Gambar 4.1 Blok diagram panel kelistrikan CT scan .....	63

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah swt, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Laporan Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar strata satu (S1) di program studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

Adapun judul laporan tugas akhir ini adalah” **ANALISA KELISTRIKAN COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN PADA RUMAH SAKIT HAJI MEDAN** “.Dalam hal ini masih adanya keterbatasan kemampuan dan pengalaman yang terbatas dalam penulisan laporan. Untuk itu diharapkan kritik saran nantinya dapat membangun dan menyempurnakan isi dari skripsi ini. Selesainya laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini dengan hati yang tulus dan ikhlas menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. DR. H.M Isa Indrawan, S.E., M.M. selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Ibu Sri Shindi Indira, S.T. M.Sc. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.
3. Bapak Hamdani, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangun Panca Budi.
4. Ibu Rahmaniar ST.,MT Dosen Pembimbing I (satu) yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Muhammad Rizky ST.,MT Dosen pembimbing II (dua) yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Hj Zuraidah Tharo ST.,MT Dosen PA yang memberikan Masukan dan Arahan Kepada saya.
7. Bapak Dino Evrianto ST.,MT yang berperan penting dalam penyelesaian skripsi saya.

8. Bapak dan Ibu Dosen, selaku staff pengajar pada fakultas Sains dan Teknologi Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.
9. Terkhusus buat kedua Orang tua saya yang sudah mendahului saya, semoga Allah SWT mengampuni dosanya dan ditempatkan di surga.
10. Abang saya Tuful Zuchri Siregar, BE., ST., MPH dan Kakak Zuhrita Kustiwi, AMTE., ST dan juga keluarga Batik SUMUT. yang memberikan saya support dan masukan sehingga skripsi ini dapat selesai
11. Sri Rahmadani yang terus memberikan saya Supportnya.
12. Keluarga Besar Rumah Sakit Islam Malahayati Medan.
13. Keluarga Besar Rumah Sakit Haji Medan.
14. Seluruh yang terlibat dalam skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

**Medan, 10 Oktober 2018**

**Muhammad Yasir Pohan**  
**NPM 1724210209**

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Instalasi unit radiologi dengan modalitas Computed tomography (CT) Scan harus dikelola dengan baik agar aman bagi pekerja dan masyarakat. Perilaku Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pekerja radiologi perlu diteliti guna memberikan informasi tentang bagaimana pengelolaan kerja pada pasien yang selama ini dijalankan di samping faktor lain. Catatan sistem kelistrikan dan dosis radiasi para pekerja merupakan salah satu indikasi yang tidak boleh disampingkan pada pekerja radiasi, sehingga perlu dicari hubungan antara perilaku K3 pekerja radiologi dengan catatan dosisnya dan juga harus diperhatikan adalah sistem kelistrikan dan keamanan seluruh jaringan listrik sehingga tidak ada kesalahan yang menyebabkan kecelakaan kerja. Hiswara,(1993) menyatakan bahwa pemantauan dosis radiasi perorangan berguna untuk memperoleh perkiraan dosis ekuivalen pada jaringan dan dosis efektif secara keseluruhan pada individu tersinar. Studi ini berguna untuk membatasi dosis radiasi pada pekerja. Evaluasi keselamatan kerja radiasi dan kelistrikan di tiap-tiap instalasi radiologi harus dilakukan yang menggunakan berbagai modalitas seperti CT Scan untuk mengetahui tingkat.

Pesawat Computed Tomography Scanner (CT) merupakan modalitas radiologi secara moderen menggunakan prinsip kerja tomografi, dan mesin sinar-X yang berbentuk cincin (*gantry*) berputar mengelilingi pasien yang tidur terlentang. *CT-Scan* dapat menghasilkan gambar-gambar yang sangat akurat dari objek-objek di dalam tubuh seperti tulang dan pembuluh darah. Kekurangan CT scan yg berhubungan dengan dosis radiasi sehingga perlu dijaga keselamatan pekerja dapat dibandingkan dengan tes diagnosa lainnya, CT scan memberikan dosis radiasi yang lebih tinggi kepada pasien. Scan yang dilakukan hanya sekali umumnya tidak akan menyebabkan masalah. Tetapi

prosedur yang dilakukan berulang dapat meningkatkan risiko kanker akibat paparan radiasi yang berulang (Wibisono,2011).

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang judul skripsi dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Dampak Kelistrikan dan Radiasi CT Scan pada pasien, pegawai di Rumah Sakit Umum Haji Medan

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk menghindari meluasnya pembahasan yang dapat mengganggu penyampaian maksud dari skripsi ini, penulis memberikan batasan antara lain:

1. Radiasi computerized Tomography Scan di Rumah Sakit Haji Medan.
2. Pengaruh Kelistrikan CT Scant Pada Radiasi.

### **2.4. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mencegah dan mengurangi resiko terjadinya Kecelakaan radiasi dan efek radiasi pasien.
2. Kelistrikan CT Scan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembuatan skripsi ini, dapat kita ketahui manfaat, antarai lain :

1. Dapat mengetahui keselamatan para pekerja terhadap radiasi yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan sekitar.

2. Dapat mengetahui kebocoran radiasi pada pesawat CT Scan di Rumah Sakit Umum Haji Medan.

### **1.6 Metode Pembahasan**

Dalam menyusun skripsi ini, penulis menggunakan beberapa metode pembahasan yaitu sebagai berikut :

#### 1. Metode Penelitian

Yaitu cara pengumpulan data dengan melihat langsung material-material yang ada di Rumah Sakit Umum Daerah Haji Medan.

#### 2. Metode Studi Literatur

Yaitu dengan mempelajari buku-buku, referensi-referensi ilmiah, dan sumber lainnya yang berhubungan dengan bahasan penulis.

#### 3. Metode Studi Lapangan

Yaitu melakukan pengujian terhadap CT Scan, berkonsultasi dengan narasumber dan pembimbing mengenai topik yang berhubungan bahasan penulis baik di unit kerja Rumah sakit umum Daerah Haji Medan maupun dosen pembimbing di Universitas Pancabudi Medan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini dibagi dalam lima bab, yaitu:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini membahas latar belakang, perumusan masalah, tujuan pembahasan, batasan masalah, dan sistematika penulisan .

## **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Dalam bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang mendukung dalam analisis Kelistrikan CT Scan Pada Rumah Sakit Umum Haji Medan.

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini membahas tentang metode pengumpulan data, metode analisis data untuk mencari hasil dari penelitian.

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini menjelaskan tentang analisis data dan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

## **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dan saran pembahasan yang dilakukan dari skripsi ini.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **1.1 Pengertian**

CT scan adalah test diagnostik yang memiliki informasi yang sangat tinggi. Tujuan utama penggunaan ct scan adalah mendeteksi perdarahan intra cranial, lesi yang memenuhi rongga otak (space occupying lesions/ SOL), edema serebral dan adanya perubahan struktur otak. Selain itu Ct scan juga dapat digunakan dalam mengidentifikasi infark , hidrosefalus dan atrofi otak. Bagian basilar dan posterior tidak begitu baik diperlihatkan oleh Ct Scan (Sunardi).



**Gambar 2.1 New 160 slice Toshiba CT Aquilion Aquilion Lightning**  
*Sumber: e-katalog.lkpp.go.id*

Alat CT Scan Alexion dapat melakukan seluruh pemeriksaan dasar CT scan, seperti Kepala, Abdomen, Extremities CT-Scan (*Computed Tomography Scanner*) merupakan alat penunjang diagnosa yang mempunyai aplikasi yang universal untuk pemeriksaan seluruh organ tubuh, seperti susunan saraf pusat, otot dan tulang, tenggorokan, dan rongga perut. CT-Scan (*Computed Tomography Scanner*) pertama kali digunakan pada awal tahun 1970-an untuk diagnosa kedokteran. Teknik diagnosa ini dilakukan dengan melewati seberkas sinar-X terkolimasi (lebar  $\pm 2$  mm) pada tubuh pasien dan berkas radiasi yang diteruskan ditangkap oleh suatu sistem detektor. Sumber sinar-X berikutan detektor bergerak di suatu bidang mengitari tubuh pasien. Berdasarkan perbedaan respon detektor pada berbagai posisi penyinaran kemudian dibuat suatu rekonstruksi ulang untuk mendapatkan gambar bidang tomografi dari objek (pasien) yang disinari. CT-Scan hampir dapat digunakan untuk menilai semua organ dalam tubuh, bahkan di luar negeri sudah digunakan sebagai alat skrining menggantikan foto *rontgen* dan *ultrasonografi*. Dalam pemanfaatannya, CT-Scan sebaiknya digunakan untuk.

1. Menilai kondisi pembuluh darah misalnya pada penyakit jantung koroner, emboli paru, aneurisma (pembesaran pembuluh darah) aorta dan berbagai kelainan pembuluh darah lainnya.
2. Menilai tumor atau kanker misalnya metastase (penyebaran kanker), letak kanker, dan jenis kanker.
3. Kasus trauma/cidera misalnya trauma kepala, trauma tulang belakang dan trauma lainnya pada kecelakaan. Biasanya harus dilakukan bila timbul

penurunan kesadaran, muntah, pingsan ,atau timbulnya gejala gangguan saraf lainnya.

4. Menilai organ dalam, misalnya pada stroke, gangguan organ pencernaan dll.
5. Membantu proses biopsi jaringan atau proses drainase/pengeluaran cairan yang menumpuk di tubuh. Disini CT-Scan berperan sebagai “mata” dokter untuk melihat lokasi yang tepat untuk melakukan tindakan.
6. Alat bantu pemeriksaan bila hasil yang dicapai dengan pemeriksaan radiologi lainnya kurang memuaskan atau ada kondisi yang tidak memungkinkan anda melakukan pemeriksaan selain CT-Scan. (STT Batan Yogyakarta) Pemeriksaan CT Scan Pada Bagian Tubuh Manusia/Pasien

#### **Pada dada**

mendeteksi perubahan akut ataupun kronik parenkim paru evaluasi proses interstitial kronik (emfisema, fibrosis) evaluasi mediastinum dan limfadenopati menggunakan kontras per IV metode pemeriksaan utama pada emboli paru, dan diseksi aorta menggunakan kontras IV.

#### **Pada abdomen dan pelvik**

diagnosa pada batu ginjal, apendisitis, pankreatitis, divertikulitis, aneurisma aorta abdomen, obstruksi usus. pilihan pertama mendeteksi trauma menelan benda solid. CT scan bukan pilihan utama pada pelvik, pilihan pertama adalah ultrasonografi.

#### **Pada Ekstremitas**

Digunakan pada fraktur kompleks

### **Asuhan Keperawatan**

Tidak ada kontraindikasi medis terhadap pelaksanaan CT Scan pada klien. Namun sebagai radioaktif terlebih lagi adanya penggunaan zat kontras maka perawat harus memperhatikan beberapa hal. Berikut ini adalah asuhan keperawatan yang dapat dilakukan pada klien yang akan dilakukan pemeriksaan diagnostik CT Scan.

### **Pengkajian**

Pengkajian terutama ditujukan kepada penggunaan zat kontras. Zat yang umum digunakan adalah iodium atau barium. Kaji apakah ada adanya reaksi terhadap zat kontras seperti hematoma pada tempat injeksi dan nadi pada area sekitarnya. Sedangkan sebelum pemberian perlu diaji apakah klien memiliki alergi tertentu contohnya terhadap iodium atau terhadap ikan yang dikeringkan. Penggunaan kontras dapat berbahaya karena dapat mengiritasi pembuluh darah. Sedangkan klien yang memiliki kecenderungan alergi dapat mengalami shock anafilaktik.

### **Diagnosa**

Pelaksanaan CT Scan sendiri tidak memiliki bahaya yang fatal kecuali pada dosis radiasi yang tinggi atau telah terakumulasi. Sedangkan bahaya sesungguhnya dapat terjadi pada penggunaan kontras. Diagnosa yang dapat muncul adalah resiko trauma. Iritasi dan alergi akibat pemberian benda kontras. Sebagai sebuah alat yang asing maka CT Scan juga dapat memunculkan

rasa cemas pada klien. pada klien dengan resiko tertentu ini akan membahayakan dirinya.

### **Beberapa Generasi CT-Scan Sebagai Berikut:**

#### **Scanner Generasi Pertama**

Prinsip *scanner* generasi pertama, menggunakan pancaran sinar-X model pensil yang diterima oleh satu detektor. Waktu yang dicapai 4,5 menit untuk memberi informasi yang cukup pada satu *slice* dari rotasi tabung dan detektor sebesar 180 derajat. *Scanner* ini hanya mampu digunakan untuk pemeriksaan kepala saja (Bontrager, 2010).

#### **Scanner Generasi Kedua**

Scanner generasi ini mengalami perkembangan besar dan memberikan pancaran sinar-X model kipas dengan menaikkan jumlah detektor sebanyak lebih dari 30 buah. Dengan waktu *scanning* yang sangat pendek, yaitu antara 15 detik per *slice* atau 10 menit untuk 40 *slice* (Bontrager, 2010).

#### **Scanner Generasi Ketiga**

*Scanner* generasi ketiga ini, dengan kenaikan 960 detektor yang meliputi bagian tepi, berhadapan dengan tabung sinar-X yang saling rotasi memutar pasien dengan membentuk lingkaran 360° secara sempurna untuk menghasilkan satu *slice* data jaringan. Waktu *scanning* pada *scanner* generasi ketiga ini berkurang sangat signifikan jika dibandingkan dengan *scanner* generasi pertama dan kedua (Bontrager, 2010).

#### **Scanner Generasi Keempat**

Sekitar tahun 1980 *scanner* generasi ini diperkenalkan dengan teknologi *fixed-ring* yang mempunyai 4800 detektor atau lebih. Saat pemeriksaan berlangsung, *X-ray tube* mampu berputar 360 derajat mengelilingi pasien yang diam (Bontrager, 2010)

#### ScannerGenerasi Kelima (Electron Beam Technique)

Pada Electron Beam Technique tidak menggunakan tabung sinar-x, tapi menggunakan electron gun yang memproduksi pancaran electron berkekuatan 130 KV. Pancaran electron difokuskan oleh electro-magnetic coil menuju focal spot pada ring tungsten. Proses penumbukkan electron pada tungsten menghasilkan energy sinar-x. Sinar-x akan keluar melewati kolimator yang membentuknya menjadi pancaran *fan beam*. Kemudian sinar-x akan mengenai obyek dan hasil atenuasinya akan mengenai solid state detector dan selanjutnya prosesnya sama dengan prinsip kerja CT Scan yang lain. Perbedaannya hanya pada pembangkit sinar-x nya bukan menggunakan tabung sinar-x tetapi menggunakan electron gun.

#### ScannerGenerasi Keenam (Spiral / Helical CT).

Akuisisi data dilakukan dengan meja bergerak sementara tabung sinar-x berputar, sehingga gerakan tabung sinar-x membentuk pola spiral terhadap pasien ketika dilakukan akuisisi data.Pola spiral ini diterapkan pada konfigurasi rancangan

CT generasi ketiga dan keempat.

Pengembangan dari generasi III dan IV

X-ray : wide fan beam

Gerakan : stationary-rotate system scanning (spiral CT)  
 Detektor : multi detector (424-2400) slip ring detector  
 Rotasi : 360 derajat  
 Waktu : <10 detik / scan slice  
 App : whole body scanner (multi slice, 3D, 4D)

#### Scanner Generasi Ketujuh (*Multi Array Detector CT / Multi Slice CT*)

Dengan menggunakan multi array detector, maka apabila kolimator dibuka lebih lebar maka akan dapat diperoleh data proyeksi lebih banyak dan juga diperoleh irisan yang lebih tebal sehingga penggunaan energy sinar-x menjadi lebih efisien.

#### Scanner Generasi Kedelapan (*Dual Source CT*)

*Dual Source CT (DSCT)* menggunakan dua buah tabung sinar-x dan terhubung pada dua buah detector. Masing-masing tabung sinar-x menggunakan tegangan yang berbeda. Yang satu menggunakan tegangan tinggi (biasanya sekitar 140 KV) dan tabung yang lainnya menggunakan tegangan rendah (sekitar 80 KV). DSCT berguna untuk menentukan jenis bahan atau zat.

Dari perkembangan teknologi CT Scan dapat diperoleh indicator perkembangannya sebagai berikut :

Makin compact / ringkas komponennya

Makin cepat scanning time nya

Makin halus resolusinya

Makin banyak slice nya

Makin banyak manfaatnya

Makin kecil bahayanya.

Makin luas dimensinya

## 1.2 Prinsip Dasar CT Scan

Prinsip dasar *CT scan* mirip dengan perangkat radiografi yang sudah lebih umum dikenal. Kedua perangkat ini sama-sama memanfaatkan intensitas radiasi terusan setelah melewati suatu obyek untuk membentuk citra/gambar. Perbedaan antara keduanya adalah pada teknik yang digunakan untuk memperoleh citra dan pada citra yang dihasilkan. Tidak seperti citra yang dihasilkan dari teknik radiografi, informasi citra yang ditampilkan oleh *CT scan* tidak tumpang tindih (*overlap*) sehingga dapat memperoleh citra yang dapat diamati tidak hanya pada bidang tegak lurus berkas sinar (seperti pada foto rontgen), citra *CT scan* dapat menampilkan informasi tampang lintang obyek yang diinspeksi. Oleh karena itu, citra ini dapat memberikan sebaran kerapatan struktur internal obyek sehingga citra yang dihasilkan oleh *CT scan* lebih mudah dianalisis daripada citra yang dihasilkan oleh teknik radiografi konvensional.

CT Scanner menggunakan penyinaran khusus yang dihubungkan dengan komputer berdaya tinggi yang berfungsi memproses hasil scan untuk memperoleh gambaran panampang-lintang dari badan. Pasien dibaringkan diatas suatu meja khusus yang secara perlahan – lahan dipindahkan ke dalam cincin CT Scan. Scanner berputar mengelilingi pasien pada saat pengambilan sinar rontgen. Waktu yang digunakan sampai seluruh proses scanning ini

selesai berkisar dari 45 menit sampai 1 jam, tergantung pada jenis CT scan yang digunakan( waktu ini termasuk waktu check-in nya). Proses scanning ini tidak menimbulkan rasa sakit . Sebelum dilakukan scanning pada pasien, pasien disarankan tidak makan atau meminum cairan tertentu selama 4 jam sebelum proses scanning. Bagaimanapun, tergantung pada jenis prosedur, adapula prosedur scanning yang mengharuskan pasien untuk meminum suatu material cairan kontras yang mana digunakan untuk melakukan proses scanning khususnya untuk daerah perut.

Prinsip dasar CT-Scan hampir sama dengan perangkat radiografi. Pada prinsipnya, kedua perangkat ini sama-sama memanfaatkan intensitas radiasi terusan setelah melewati suatu objek untuk membentuk citra/gambar. Perbedaan antara keduanya adalah pada teknik yang digunakan untuk memperoleh citra dan pada citra yang dihasilkan. Tidak seperti citra yang dihasilkan dari teknik radiografi, informasi citra yang ditampilkan oleh CT-Scan tidak tumpang tindih (overlap) sehingga dapat memperoleh citra yang dapat diamati tidak hanya pada bidang tegak lurus berkas sinar (seperti pada foto rontgen), citra CT-Scan dapat menampilkan informasi tampang lintang obyek yang diinspeksi. Oleh karena itu, citra ini dapat memberikan sebaran kerapatan struktur internal obyek sehingga citra yang dihasilkan oleh CT-Scan lebih mudah dianalisis daripada citra yang dihasilkan oleh teknik radiografi konvensional.

CT-Scan menggunakan penyinaran khusus yang dihubungkan dengan komputer berdaya tinggi yang berfungsi memproses hasil scan untuk

memperoleh gambaran panampang-lintang dari badan. Pasien dibaringkan diatas suatu meja khusus yang secara perlahan – lahan dipindahkan ke dalam cincin CT-Scan. Scanner berputar mengelilingi pasien pada saat pengambilan sinar rontgen. Waktu yang digunakan sampai seluruh proses scanning ini selesai berkisar dari 45 menit sampai 1 jam, tergantung pada jenis CT-Scan yang digunakan( waktu ini termasuk waktu check-in nya).Proses scanning ini tidak menimbulkan rasa sakit . Sebelum dilakukan scanning pada pasien, pasien disarankan tidak makan atau meminum cairan tertentu selama 4 jam sebelum proses scanning. Bagaimanapun, tergantung pada jenis prosedur, adapula prosedur scanning yang mengharuskan pasien untuk meminum suatu material cairan kontras yang mana digunakan untuk melakukan proses scanning khususnya untuk daerah perut.

Sistem pemroses citra merupakan bagian yang secara langsung berhadapan dengan obyek yang diamati (pasien). Bagian ini terdiri atas sumber sinar-x, sistem kontrol, detektor dan akuisisi data. Sinar-x merupakan radiasi yang merambat lurus, tidak dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnet dan dapat mengakibatkan zat fosforesensi dapat berpendar. Sinar-x dapat menembus zat padat dengan daya tembus yang tinggi. Untuk mengetahui seberapa banyak sinar-x dipancarkan ke tubuh pasien, maka dalam peralatan ini juga dilengkapi sistem kontrol yang mendapat input dari komputer. Bagian keluaran dari sistem pemroses citra, adalah sekumpulan detektor yang dilengkapi sistem akuisisi data. Detektor adalah alat untuk mengubah besaran fisik dalam hal ini radiasi-menjadi besaran listrik. Detektor radiasi yang sering

digunakan adalah detektor ionisasi gas. Jika tabung pada detektor ini ditembus oleh radiasi maka akan terjadi ionisasi. Hal ini akan menimbulkan arus listrik. Semakin besar interaksi radiasi, maka arus listrik yang timbul juga semakin besar. Detektor lain yang sering digunakan adalah detektor kristal zat padat. Susunan detektor yang dipasang tergantung pada tipe generasi *CT Scanner*. Tetapi dalam hal fungsi semua detektor adalah sama yaitu mengidentifikasi intensitas sinar-x setelah melewati objek. Dengan membandingkan intensitas pada sumbernya, maka atenuasi yang diakibatkan oleh propagasi pada objek dapat ditentukan. Dengan menggunakan sistem akuisisi data maka data dari detektor dapat dimasukkan dalam komputer.

### 1.3 Tujuan Penggunaan CT Scan

CT scan merupakan pemeriksaan pertama yang dilakukan untuk mengevaluasi stroke, terutama pada fase akut di ruang UGD. CT scan dapat menunjukkan ; jaringan lunak, tulang, otak dan pembuluh darah. Pemeriksaan ini dapat menunjukkan area otak yang abnormal, dan dapat menentukan penyebab stroke, apakah karena insufisiensi aliran darah (stroke iskemik), ruptur pembuluh darah (hemoragik) atau penyebab lainnya.



**Gambar 2.2 Jaringan otak yang mati**

*sumber: yuyun yuneiti*

Gambar pada *CT Scan* dapat terjadi sebagai hasil dari berkas-berkas sinar-X yang mengalami perlemahan setelah menembus objek, ditangkap detektor, dan dilakukan pengolahan dalam komputer. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dalam *CT Scan* dikenal beberapa parameter untuk pengontrolan eksposi dan *output* gambar yang optimal. Adapun beberapa parameter dalam *CT-Scan* Sebagai Berikut

a. Slice Thickness

*Slice thickness* adalah tebalnya irisan atau potongan dari objek yang diperiksa. Pada umumnya ukuran yang tebal akan menghasilkan gambaran dengan detail yang rendah, sebaliknya ukuran yang tipis akan menghasilkan gambaran dengan detail yang tinggi. Jika ketebalan irisan semakin tinggi, maka gambaran akan cenderung terjadi artefak, dan jika ketebalan irisan semakin tipis, maka gambaran cenderung akan menjadi *noise*. Nilai *slice thickness* pada teknologi *Multi-*

*Slice CT (MSCT)* dapat dipilih antara 0,5 mm-10 mm sesuai dengan keperluan klinis. Setiap generasi *MSCT*, mempunyai ketebalan *slice* yang berbeda (CTisus, 2012). Pemilihan *slice thickness* pada saat pembuatan gambar CT Scan mempunyai pengaruh langsung terhadap *spatial resolution* yang dihasilkan. Dengan *slice thickness* yang meningkat (tipis) maka *spatial resolution* gambar semakin baik, demikian sebaliknya. Namun pengaruh yang berbeda terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Semakin tipis irisan, dosis radiasi semakin tinggi dan berlaku sebaliknya. Pada volume CT *single slice*, ketebalan irisan/ *slice thickness* dari irisan ditentukan oleh *pitch* dan lebar dari *precollimator* (yang juga didefinisikan sebagai *beam width [BW]*) pada pusat dari rotasi. *Beam width (BW)* diukur pada poros-z pada pusat dari rotasi untuk *single row detector array*, dan digambarkan oleh lebar *precollimator*. Lebar dari *precollimator* menggambarkan ketebalan irisan/ *slice thickness* (*z axis resolution* atau *spatial resolution*) dan pengaruh volume coverage terhadap kecepatan kinerja. *Slice thickness* yang tebal akan menghasilkan *contrast resolution* yang baik (*SNR* baik), tetapi *spatial resolution* pada *slice thickness* yang tebal akan tereduksi. Bentuk *slice sensitivity profile* untuk *single detector* merupakan konsekuensi dari : terbatasnya lebar dari *focal spot*, penumbra dari kolimator, faktor gambaran komputer dari jumlah sudut proyeksi yang melingkari pasien. Pada *helical scan* memiliki *slice sensitivity profile* sedikit lebih luas untuk translasi pasien selama scanning. Pada CT multislice, *slice thickness* dari irisan yang ditentukan oleh *beam width (BW)*, *pitch* dan faktor yang lain seperti bentuk dan lebar dari filter rekonstruksi pada poros-z. *Beam width (BW)* masih didefinisikan

pada poros-z pada pusat rotasi tapi pada multislice digunakan untuk empat baris detektor array. Lebar beam width digunakan untuk empat irisan dan ditentukan oleh precollimator (Seeram, 2001).

b. *Range*

*Range* adalah perpaduan atau kombinasi dari beberapa *slice thickness*. Sebagai contoh untuk *CT Scan* kepala, *range* yang digunakan adalah dua. *Range* pertama lebih tipis dari *range* kedua. *Range* pertama meliputi irisan dari basis cranii hingga *pars petrosum* dan *range* kedua dari *pars petrosum* hingga verteks. Pemanfaatan dari *range* adalah untuk mendapatkan ketebalan irisan yang berbeda pada satu lapangan pemeriksaan

c. Volume Investigasi

*Volume investigasi* adalah keseluruhan lapangan dari objek yang diperiksa. Lapangan objek ini diukur dari batas awal objek hingga batas akhir objek yang akan diiris semakin besar.

d. Faktor Eksposi

Faktor eksposi adalah faktor-faktor yang berpengaruh terhadap eksposi meliputi tegangan tabung (kV), arus tabung (mA) dan waktu (S). Besarnya tegangan tabung dapat dipilih secara otomatis pada tiap-tiap pemeriksaan. Image quality tergantung pada produksi sinar-X yang berarti pula dipengaruhi oleh mili ampere (mA), waktu (s) dan tegangan tabung (kV). Salah satu usaha dalam pengendalian Image noise pada gambaran CT Scan adalah dengan melakukan pemilihan kV yang tepat pada saat scanning dengan harapan dapat memberikan kualitas hasil yang optimum dalam rangka menegakkan

diagnosis. Menurut Sharma (2006) pemilihan kV mengacu pada efektivitas energi yaitu 80 kV, 110 kV dan 130 kV. Pemilihan tegangan yang tinggi antara rentang 80–140 kV direkomendasikan untuk menghasilkan resolusi yang tinggi. Efek yang ditimbulkan dari pemilihan kV telah diteliti untuk pesawat CT Scan Siemes Emotion, di mana penurunan kV diikuti dengan peningkatan fluktuasi CT number (noise). Penelitian tersebut sebagai dasar estimasi efek dari variasi perbedaan penggunaan voltage( kV) pada pesawat CT Scan Siemes Emotion (Brindha, Subramanian dkk, 2006). Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan dalam buku petunjuk Equipment Specification Detail untuk pesawat Siemen Emotion, parameter untuk tegangan tabung sinar-X yang tersedia adalah 80 kV, 110 kV dan 130 kV dengan mA : 20-240, Daya maksimal 40 kW. Homogenitas CT number air pada 110 kV dan 130 kV kurang dari 1 HU.

e. *Field of View (FOV)*

*Field of view (FOV)* adalah diameter maksimal dari gambaran yang akan direkonstruksi. Besarnya bervariasi dan biasanya berada pada rentang 12-50 cm. *Field of view (FOV)* kecil, antara 100 mm sampai dengan 200 mm akan meningkatkan resolusi sehingga detail gambar dan batas objek akan tampak jelas. *Field of View (FOV)* kecil akan menyebabkan *noise* meningkat. *Field of View (FOV)* sedang, yaitu 200 mm diharapkan gambar yang dihasilkan memiliki spasial resolusi yang baik, *noise* serta artefak sedikit. *Field of View (FOV)* besar, antara 350 mm sampai dengan 400 mm akan menghasilkan spasial resolusi yang rendah karena *pixel* menjadi besar akibat dilakukannya

magnifikasi. *Field of View (FOV)* besar akan menyebabkan *noise* berkurang dan kontras resolusi meningkat serta dapat dihindari munculnya *streak artifact*.

f. *Gantry Tilt*

*Gantry tilt* adalah sudut yang dibentuk antara bidang vertikal dengan *gantry* (tabung sinar-X dengan detektor). *Gantry tilt* dapat disudutkan ke depan dan ke belakang sebesar 300. *Gantry tilt* bertujuan untuk keperluan diagnosa dari masing-masing kasus yang dihadapi, dan menentukan sudut irisan dari objek yang akan diperiksa. Di samping itu, bertujuan untuk mereduksi dosis radiasi terhadap organ-organ yang sensitif seperti mata.

g. *Window Width*

*Window Width* adalah rentang nilai computed tomography yang dikonversi menjadi *gray level* untuk ditampilkan dalam TV monitor dengan satuan HU (Hounsfield Unit). Menurut Amarudin (2007), *window width* yang sempit akan menghasilkan image yang memiliki kontras yang tinggi, tetapi struktur di luar *window* tidak terepresentasikan bahkan terabaikan. Sementara bila menggunakan *window* yang luas, perbedaan kepadatan yang kecil akan terlihat homogen dan data akan termasking (tertutup/ tersembunyi). Amarudin merkomendasikan teknik double window yaitu teknik untuk mendisplaykan dua tipe jaringan yang perbedaan kepadatannya sangat besar (paru dan usus halus). Teknik ini baik untuk diagnosis (Amarudin 2007). Secara umum, dapat terlihat perubahan kontras pada citra CT scan dengan merubah WW. Pada saat WW tinggi (*wide WW*), pada paru-paru, jaringan hati dan tulang pelvis memiliki kesamaan tingkatan keabu-abuan (*bottom of diagram*). Dengan

*narrow WW*, terdapat ketajaman kontras kehitaman pada daerah paru, putih pada tulang dan jaringan hati menunjukkan keabu-abuan. Sehingga, kontras citra CT scan dapat diatur dengan medium WW (*middle of diagram*) Menurut Berland (1987).

#### h. Window Level

*Window level (WL)* adalah nilai tengah CT number pada *window width (WW)* dan menunjukkan nilai keabu-abuan. Pada saat mengatur WL paru-paru (nilai CT number rendah), citra dapat dioptimalkan pada struktur paru-paru, jaringan hati dan tulang pelvis terlihat putih. Pada pengaturan yang lain, WL pada tulang pelvis (nilai CT number tinggi), struktur tulang pelvis, paru-paru dan hati akan terlihat lebih hitam. Sehingga, pengaturan WL pada (*middle CT number*) struktur pelvis, paru-paru dan hati akan terlihat optimal. Pengaruh pengaturan WL (WW tetap) Pada saat WL naik dari +50 menjadi +200, perubahan gambar dari putih menjadi hitam. Nilai WL dengan CT number tinggi (putih), semakin tinggi nilai *CT number* mengakibatkan gambaran terlihat hitam Menurut (Berland 1987).

### 2.3 Komponen Dasar CT Scan

Ct scan memiliki 2 komponen utama yaitu scan unit dan operator konsul. Scan unit biasanya berada didalam ruang pemeriksaan, sedangkan operator konsul letaknya terpisah dari ruang control. scan terdiri dari dua bagian yaitu meja pemeriksaan (*couch*) dan *gantry* (Bontrager, 2001)



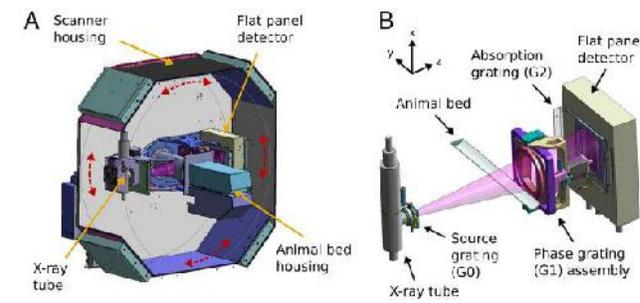
**Gambar 2.3**Proses CT Scan Tulang Belakang  
*sumber: Klinik24.net*

Proses pemeriksaan Tulang Belakang Menggunakan CT Scan 160 Slide. Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui diagnose penyakit yang diderita pasien

Bagian-bagian Scan unit adalah sebagai berikut. (tortorici,1995)

### 2.3.1 Gantry

Didalam CT Scan, pasien berada di atas meja pemeriksaan dan meja tersebut dapat bergerak menuju gantry. Gantry ini terdiri atas beberapa perangkat yang sangat diperlukan untuk menghasilkan suatu gambar. Perangkat keras tersebut antara lain tabung sinar-X, kolimator, dan detector.



**Gambar 2.3** Bagian-bagian Gantry Ct Scan  
*sumber: www.researchgate.net*

Gantry merupakan komponen pesawat CT-Scan yang didalamnya terdapat tabung sinar-x, filter, detektor, DAS ( Data Acquisition System ). Serta lampu indikator untuk sentrasi. Pada gantry ini juga dilengkapi dengan indikator data digital yang memberi informasi tentang ketinggian meja pemeriksaan, posisi objek dan kemiringan gantry. Pada pertengahan gantry diletakkan pasien. Tabung sinar-x dan detektor yang letaknya selalu berhadapan didalam gantry akan berputar mengelilingi objek yang akan dilakukan scanning. Flat Panel Detector merupakan detector sinar x berbasis silicon. Ada dua jenis detector yaitu detector konvensional tak langsung dan detector langsung. Pada detector konvensional tak langsung, sinar x yang mengenai detector akan diubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan Kristal sintilasi. Selanjutnya, cahaya tampak yang dihasilkan. Diubah menjadi sinyal elektronik oleh matrik fotodiode, yang kemudian dibaca dan dikonversi menjadi citra oleh bagian akuis data dari detektor tersebut. Skema Flat Panel Detektor jenis Langsung ditunjukkan pada gambar. Lapisan pertama dari detector ini berfungsi untuk mengubah sinar x menjadi muatan listrik, dan umumnya lapisan ini terbuat dari Kristal sintilasi yang di couple dengan photodiode. Lapisan kedua berfungsi mengumpulkan muatan listrik yang disusun oleh thin film transistor (TFT) dan mengubahnya menjadi tegangan atau arus. Pada lapisan ini terdapat jutaan atau lebih komponen yang tersusun secara matriks, dimana matriks ini terkait pada piksel pada citra yang dihasilkan

### 2.3.2 Tabung Sinar-X

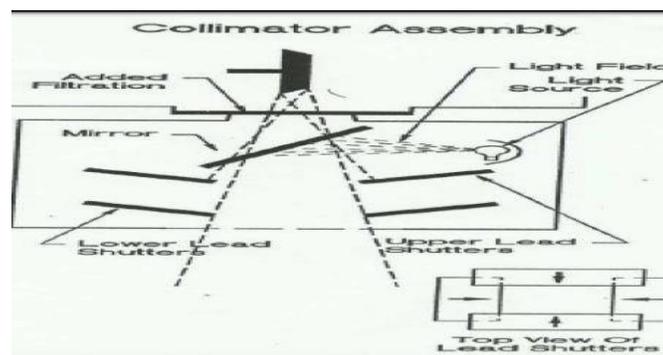
Berdasarkan strukturnya, tabung sinar X sangat mirip dengan tabung sinar X konvensional, perbedaannya yaitu terletak pada kemampuan untuk menahan panas dan output yang tinggi. Panas yang cukup tinggi disebabkan karena perputaran anoda yang tinggi dengan elektro-elektron yang menumbuknya. Ukuran fokal spot yang kecil yaitu (kurang dari 1 mm sangat dibutuhkan untuk menghasilkan resolusi yang sangat tinggi). Beda potensial yang diberikan antara katoda dan anoda menggunakan sumber yang bertegangan tinggi merupakan prinsip dari pembangkitan sinar-X. 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 memuai. 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 juga lebih besar.

### 2.3.3 Kolimator

Kolimator berfungsi untuk mengurangi radiasi hambur, membatasi jumlah sinar yang sampai ke tubuh pasien. Serta untuk meningkatkan kualitas gambar CT Scan menggunakan 2 buah kolimator yaitu pre pasienkolimator dan pre detectorkolimator. Kolimator adalah alat pembatas radiasi yang umumnya digunakan pada radiografi yang terdiri dari dua set penutup (*shutter*) timbal yang saling berhadapan dan bergerak dengan arah berlawanan secara berpasangan.



**Gambar 2.4 Bagian-Bagian Kolimator**

*Sumber: Yuyun Yuneti*

Fungsi pembatas kolimator yaitu untuk meminimalkan paparan radiasi yang diterima oleh pasien dan untuk mengurangi radiasi hambur. Dalam instalasi, suatu kuat penerangan atau iluminasi merupakan suatu ukuran dari cahaya yang jatuh pada suatu bidang permukaan. Satuan iluminasi sesuai

dengan satuan internasional (SI) adalah lux (lx). Sinar-X tidak dapat terlihat maka dengan menggunakan cahaya tampak yang diproyeksikan seperti arah dan luas sinar-X agar mata kita dapat melihat dengan nyaman seberapa luas sinar-X yang keluar dari tabung dan akan dimanfaatkan untuk pemeriksaan.

#### 2.3.4 Detektor

Selama Ekspose, berkas sinar x (foton) menembus pasien dan mengalami pelemahan (atenuasi). Sisa-sisa foton yang mengalami atenuasi kemudian ditangkap oleh detector. Ketika detector menerima sisa-sisa foton tersebut, foton berinteraksi dengan detector dan memproduksi sinyal dengan arus kecil yang disebut sinyal *outputanalog*. Sinyal ini besarnya sebanding dengan intensitas radiasi yang diterima. Kemampuan penyerapan detector yang tinggi akan dipengaruhi pada kualitas gambar yang lebih optimal. Ada 2 tipe detector yaitu solid state dan isian gas.

#### 2.3.5 Meja Pemeriksaan

Meja pemeriksaan merupakan tempat yang memposisikan pasien. Meja ini biasanya terbuat dari fiber karbon. Dengan adanya bahan ini maka sinar X yang menembus pasien tidak terhalangi jalannya untuk menuju detector. Meja ini kuat dan kokoh, mengingat fungsinya sebagai penopang tubuh pasien selama meja bergerak ke dalam *gatri*.



**Gambar 2.5**Meja pemeriksaan pasien CT Scan

*Sumber:lisdanurindra.com*

Meja CT Scant dan juga Gantry. Dimana jika dilakukan pemeriksaan kepada pasien, pasien dibaringkan di meja pemeriksaan dan meja akan bergerak menuju gatry.

#### 2.3.6 System Konsul

Konsul terdiri dari berbagai varian. Model yang lama masih menggunakan dua system konsul yaitu system konsul yaitu untuk pengoperasian CT Scan sendiri dan untuk perekaman serta untuk pencetakan gambar . model terbaru sudah menggunakan system satu konsul yang memiliki banyak kelebihan dan banyak fungsi. Bagian dari system konsul yaitu system control, system pencetakan gambar, dan system perekaman gambar.



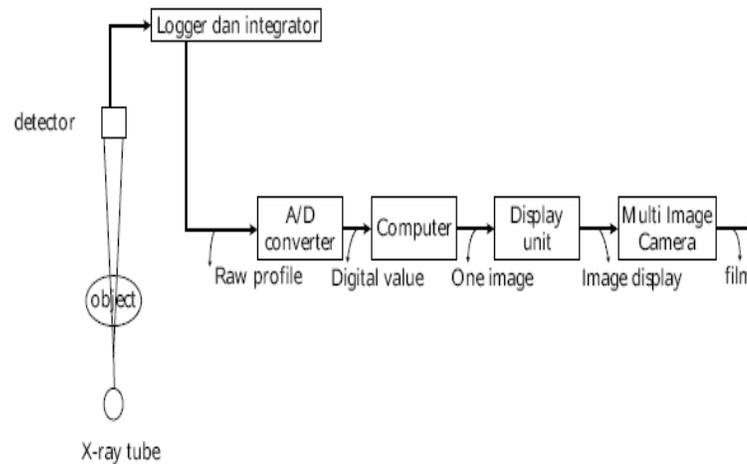
**Gambar 2.6 Ruang konsul RSUP Adam Malik**

*Sumber: beritasumut.com*

Ruang konsul digunakan pasien dan keluarga untuk melakukan pembacaan hasil CT Scant sekaligus melukan konsul mengenai penyakit yang didera pasien.

#### 2.4 Prinsip Kerja CT Scan

Prinsip yang paling mendasar pada radiografi adalah perbedaan penyerapan sinar X oleh jaringan tubuh yang berbeda. Jaringan padat seperti tulang menyerap sinar X paling banyak sehingga sinar X yang menembusnya lebih sedikit. Sebaliknya, jaringan yang memiliki kepadatan rendah seperti lemak atau udara hampir tidak menyerap sinar X sehingga hampir seluruh sinar X yang melewatinya dapat diteruskan ke film. Dengan menggunakan tabung sinar-x sebagai sumber radiasi yang berkas sinarnya dibatasi oleh kollimator, sinar x tersebut menembus tubuh dan diarahkan ke Gantry Intensitas sinar-x yang diterima oleh Gantry akan berubah sesuai dengan kepadatan tubuh sebagai objek, dan Gantry akan merubah berkas sinar-x yang diterima menjadi arus listrik, dan kemudian diubah oleh integrator menjadi tegangan listrik analog.

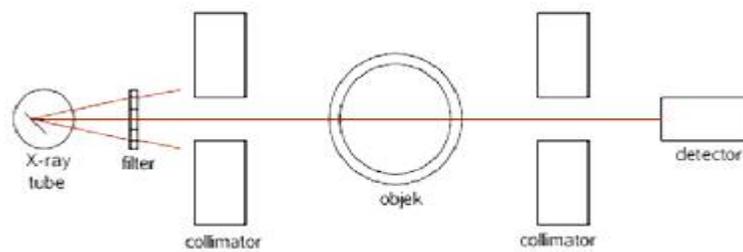


**Gambar 2.7 Bagan Prinsip Kerja CT Scanner**

*Sumber: STTN – Batan Yogyakarta*

Tabung sinar-x tersebut diputar dan sinarnya di proyeksikan dalam berbagai posisi, besar tegangan listrik yang diterima diubah menjadi besaran digital oleh analog to digital Converter (A/D C) yang kemudian dicatat oleh Gantry. Selanjutnya diolah dengan menggunakan Image Processor dan akhirnya dibentuk gambar yang ditampilkan ke layar monitor TV. Gambar yang dihasilkan dapat dibuat ke dalam film dengan Multi Imager atau LaserImager. Penghitungan transmisi yang cukup atau data harus terekam sebagai syarat proses rekonstruksi. Pada skema kumpulan data yang pertama kali tabung sinar-X dan detektor bergerak pada garis lurus atau translasi melewati kepala pasien, mengumpulkan hasil penghitungan transmisi selama pergerakan dari kiri ke kanan. Lalu sinar-X berotasi 1 derajat dan mulai lagi melewati kepala pasien, kali ini dari kanan ke kiri. Proses gerak translasi-rotasi-stop-rotasi ini dinamakan *scanning* yang berulang 180 kali.

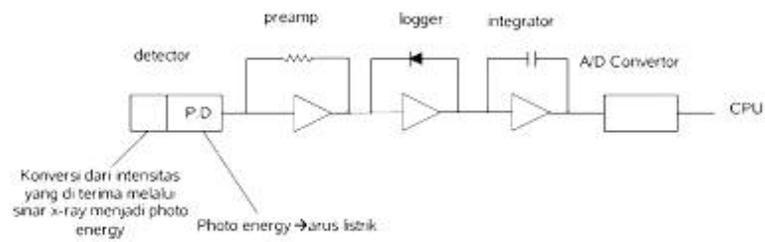
Permasalahan dasar yang muncul dengan metode pengambilan data ini adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk mendapat data yang cukup untuk rekonstruksi gambar. Berikutnya, diperkenalkan skema *scanning* pasien yang lebih efisien. Sebagai tambahan, sinyal dari detektor harus dikonversikan menjadi data yang dapat dipakai oleh komputer untuk menghasilkan gambar. Pemrosesan data terjadi sebagai berikut. Suatu sinar sempit (*narrow beam*) yang dihasilkan oleh X-ray didapatkan dari perubahan posisi dari tabung X-ray, hal ini juga dipengaruhi oleh kolimator dan Gantry. Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 2.8 Kolimator dan Detektor**

*Sumber :STTN – Batan Yogyakarta*

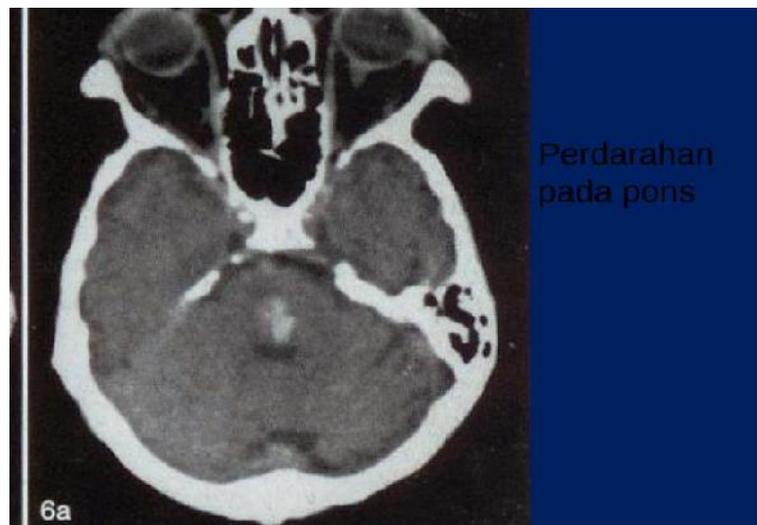
Sinar X-ray yang telah dideteksi oleh Gantry kemudian dikonversi menjadi arus listrik yang kemudian ditransmisikan ke Gantry dalam bentuk sinyal melalui proses berikut.



**Gambar 2.9 Proses pembentukan citra**

*Sumber: STTN – Batan Yogyakarta*

Setelah diperoleh arus listrik dan sinyal aslinya, maka sinyal tadi dikonversi ke bentuk digital menggunakan A/D Converter agar sinyal digital ini dapat diolah oleh Gantry sehingga membentuk citra yang sebenarnya. Hasilnya dapat dilihat langsung pada monitor Gantry ataupun dicetak ke film. Berikut contoh citra yang diperoleh dalam proses scanning menggunakan CT-Scan.



**Gambar 2.10 Hasil CT-Scan**

*Sumber : DR Pangan Pambumi*

Pendaraan Batang otak merupakan struktur pada bagian posterior (belakang) otak. Batang otak merupakan sebutan untuk kesatuan dari tiga struktur yaitu medulla oblongata, pons dan mesencephalon (otak tengah). Sistem akuisisi data terdiri atas sistem pengkondisi sinyal dan interface (antarmuka) analog ke komputer. Metode *back projection* banyak digunakan dalam bidang kedokteran. Metode ini menggunakan pembagian *pixel-pixel* yang kecil dari suatu irisan melintang. *Pixel* didasarkan pada nilai *absorpsi linier*. Kemudian *pixel-pixel* ini disusun menjadi sebuah profil dan terbentuklah sebuah matrik.

Rekonstruksi dilakukan dengan jalan saling menambah antar elemen matrik. Untuk mendapatkan gambar rekonstruksi yang lebih baik, maka digunakan metode *konvolusi*. Proses rekonstruksi dari *konvolusi* dapat dinyatakan dalam bentuk matematik yaitu transformasi Fourier. Dengan menggunakan *konvolusi* dan transformasi Fourier, maka bayangan radiologi dapat dimanipulasi dan dikoreksi sehingga dihasilkan gambar yang lebih baik.

## 2.5 Prosedur Pemeriksaan CT Scan

Sebelum dilakukan *scanning*, haruslah dilakukan persiapan pasien terlebih dahulu. Pasien dan keluarga sebaiknya diberi penjelasan tentang prosedur yang akan dilakukan. Pasien diberi gambaran tentang alat yang akan digunakan. Bila perlu dengan menggunakan kaset video atau poster, hal ini dimaksudkan untuk memberikan pengertian kepada pasien dengan demikian mengurangi stress sebelum waktu prosedur dilakukan. Test awal yang dilakukan meliputi. Proses pemeriksaan pasien yang dilakukan oleh radiographer di RS

Harapan Keluarga. Setelah itu, dilakukan *scanning* dengan proses dan gambar sebagai berikut.

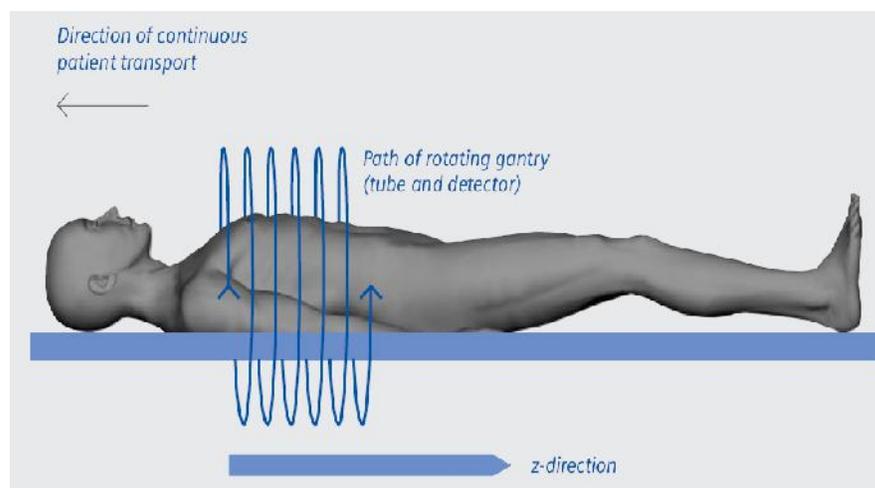
1. Posisi terlentang dengan tangan terkendali.
2. Meja elektronik masuk ke dalam alat scanner.
3. Dilakukan pemantauan melalui Gantry dan pengambilan gambar dari beberapa sudut yang dicurigai adanya kelainan. Selama prosedur berlangsung pasien harus diam gantry selama 20-45 menit.
4. Pengambilan gambar dilakukan dari berbagai posisi dengan pengaturan Gantry.
5. Selama prosedur berlangsung perawat harus menemani pasien dari luar dengan memakai protektif lead approan.

#### 2.6 Arah Perkembangan Teknologi CT SCAN

Arah pengembangan teknologi tomografi pada saat ini lebih diutamakan ke masalah peningkatan kecepatan pencitraan dengan multi irisan, peningkatan resolusi gambar, dan pengurangan dosis radiasi yang diterima pasien. Sedangkan untuk pengembangan aplikasinya lebih dipengaruhi oleh teknologi pengolahan citra digital baik dalam bentuk 2 dimensi maupun 3 dimensi. Dengan teknologi ini maka banyak jenis pemeriksaan yang dulunya bersifat dapat digantikan oleh pemeriksaan CT yang bersifat non-invasif dengan tingkat keakuratan yang dapat dipertanggung jawabkan.

Perkembangan teknologi CT Scan secara komersial dimulai antara tahun 1972 – 1974. Pada tahun 1974 perusahaan Siemens dari Jerman memproduksi CT Scan pertamanya yang hanya dapat digunakan untuk

pemeriksaan kepala dan diberi nama Siretom. Pesawat ini bekerja dengan prinsip gerakan pemindaian translasi dan rotasi (searah dan berlawanan). Pemindaian dilakukan secara berurutan irisan demi irisan (sekuensial) dengan kecepatan putaran 34 antry 5 detik/rotasi. Menggunakan 2 baris gantry, sehingga dapat dilakukan pengambilan 2 irisan sekaligus dalam sekali akuisisi. Gambar yang dihasilkan hanya memiliki resolusi 80 x 80 matriks dan gambar dapat ditampilkan dalam waktu sekitar 5 sampai 7 menit. Sejak itu dimulai inovasi yang sangat hebat dilakukan dalam meningkatkan waktu pemindaian (kecepatan) dan kualitas gambar. Pada tahun 1987, perusahaan Siemens memperkenalkan CT Scan dengan teknologi *slip ring* yang pertama di dunia yang diberi nama Somatom Plus. Teknologi *slip ring* memungkinkan gerakan rotasi tabung sinar-X dan Gantry yang terus menerus (kontinu) mengelilingi pasien.



**Gambar 2.11 Teknik akuisisi gambar pada spiral CT Scan.**

*Sumber :Daniel Kartawiguna*

Akuisisi gambar dilakukan secara sekuensial, waktu putar Gantry 1 detik, ukuran matriks gambar hasil rekonstruksi ditingkatkan menjadi 512 x 512, dan penampilan gambar dapat dipercepat hingga 8 detik. Meski amat berguna untuk meneliti lebih dalam terhadap sebuah penyakit, namun teknologi pemindaian dengan memanfaatkan sinar X, seperti CT scan ini memancarkan radiasi tinggi yang berpotensi merusak jaringan di dalam tubuh. Untuk itu, para ahli berlomba-lomba menghasilkan CT scan yang rendah radiasi.

Hasilnya adalah sebuah CT scan jantung terbaru yang diklaim memiliki radiasi yang jauh lebih rendah dibandingkan CT scan standar. Coba bayangkan, radiasi dari CT scan teranyar ini sekitar 91% lebih rendah ketimbang CT scan yang digunakan saat ini. CT angiography koroner telah membangkitkan antusiasme tinggi belakangan ini terkait dengan akurasinya yang sangat tinggi dalam mendiagnosis pasien yang diduga atau sudah terserang penyakit jantung koroner. Namun, antusiasme itu terganggu oleh kekhawatiran mengenai tingginya radiasi yang akan diterima si pasien," ujar Dr. Andrew J. Einstein, direktur cardiac CT research di Columbia University Medical Center. Einstein bersama timnya membandingkan pemancaran radiasi dari CT scan standar yang memiliki 64 detektor -- yang mampu memindai jantung sepanjang 4 sentimeter dalam sekali pemindaian -- dengan CT scan teranyar yang memiliki 320 detektor, yang dapat memindai jantung 16 cm. Itu artinya, keseluruhan panjang jantung dapat dipindai dalam sekali rotasi dan dalam satu kali denyutan.

Dengan teknologi terbaru ini, dijamin gambar yang dihasilkan lebih jelas dan tak putus-putus. Terlebih lagi, radiasi yang diterima pasien amat kecil

karena durasi pemindaian hanya sekitar 0,35 detik, kata Einstein dalam pernyataannya di Radiological Society of North America. Studi yang diterbitkan dalam jurnal *Radiologi* terbitan Maret itu juga ditemukan bahwa dosis radiasi efektif adalah sebesar 35,4 millisievert (mSv) untuk CT scan yang memiliki detektor 64 baris dan 4,4 mSv untuk CT scan 320 baris detektor. Ketika kemampuan teknologi CT meningkat dari 16 menjadi 64 detektor, dosis radiasinya naik secara signifikan. Saat ini perkembangan teknologi berjalan ke arah yang berlawanan, yaitu mulai mengurangi pancaran radiasi.

### 2.7 Aspek kekurangan dan kelebihan

CT-Scan memiliki kelebihan sebagai berikut.

1. Gambar yang dihasilkan memiliki resolusi yang baik dan akurat.
2. Tidak invasive (tindakan non-bedah).
3. Waktu perekaman cepat.
4. Gambar yang direkonstruksi dapat dimanipulasi dengan computer sehingga dapat dilihat dari berbagai sudut pandang.

CT-Scan memiliki kekurangan sebagai berikut.

Paparan radiasi akibat sinar X yang digunakan yaitu sekitar 4% dari radiasi sinar X saat melakukan foto rontgen. Jadi ibu hamil wajib memberitahu kondisi kehamilannya sebelum pemeriksaan dilakukan. Munculnya artefak (gambaran yang seharusnya tidak ada tapi terekam). Hal ini biasanya timbul karena pasien bergerak selama perekaman, pasien menggunakan tambalan gigi amalgam atau sendi palsu dari logam, atau kondisi jaringan tubuh

tertentu. Reaksi alergi pada zat kontras yang digunakan untuk membantu tampilan gambar.

## 2.8 Aspek Proteksi Radiasi

Untuk setiap pemeriksaan, seorang bisa menerima dosis radiasi sampai dengan 10 mSv (1 rem) pada bagian tubuh yang sangat sempit. Karena dapat memberikan dosis cukup tinggi, maka pesawat CT-scan harus ditempatkan pada ruang khusus yang berpenahan radiasi cukup. Selama pengambilan data, operator/radiografer tidak diperkenankan berada di dalam ruang pemeriksaan. Ruangan perlu diberikan tanda-tanda/lampu ketika pemeriksaan sedang berlangsung. Disain dinding penahan radiasi adalah seperti halnya pada pesawat sinar-X konvensional.

## 2.9 Sejarah Sinar X

Jika membicarakan mengenai sejarah sinar – x, rasanya tidak mungkin jika tidak membahas mengenai penemu sinar – x yaitu Wilhelm Conrad Roentgen. Wilhelm Conrad Roentgen lahir pada tanggal 27 Maret 1845 di Lennep sebuah kota kecil di Jerman. Wilhelm Conrad Roentgen merupakan anak satu–satunya dari pasangan orang tua dengan ayah sebagai tukang kayu dan ibu sebagai pedagang kain. Saat Wilhelm Conrad Roentgen berusia 3 tahun, orang tuanya pindah ke Apeldoorn di Belanda, kampung halaman dari neneknya hingga keluarganya pindah kewarganegaraan menjadi warga negara Belanda (Bower, 1970). Roentgen kemudian bersekolah di sekolah asrama di Apeldoorn dan kemudian Roentgen melanjutkan sekolah

menengahnya di sekolah Teknik di Utrecht. Tetapi Roentgen akhirnya dikeluarkan dari sekolah Utrecht karena masalah yang sangat sepele.

Roentgen menolak memberitahu siapa nama temannya yang telah menggambar karikatur dari gurunya. Di sekolah Roentgen bukan termasuk murid yang istimewa meskipun dia menunjukkan bakatnya dibidang mekanik. Roentgen merupakan pecinta alam sejati ini terbukti Roentgen suka sekali menghabiskan waktunya untuk berlibur di Alpens atau danau pada daerah Itali utara. Roentgen lebih menyukai *traveling* dengan menggunakan kuda dibandingkan dengan mobil.

Pada awal tahun 1865 Roentgen masuk ke Universitas Utrecht, meskipun tidak sebagai mahasiswa reguler karena dia kurang memenuhi kualifikasi yang dibutuhkan di kampus tersebut. Kemudian dia menemukan kemungkinan untuk memasuki Zurich PoytechnicalSchool di Switzerland (yang saat itu merupakan Perguruan Tinggi untuk teknik terkemuka di dunia) dengan cara lulus pada ujian masuk. Roentgen melupakan kenangan buruknya saat dia dikeluarkan dari sekolahnya dulu. Hingga akhir hidupnya Roentgen selalu mengingat kenangan indahny di Zurich dan Roentgen sangat berterimakasih kepada Augustus Kundt, seorang Profesor Fisika pada politeknik yang memberikan inspirasi pada Roentgen untuk membangun karir di bidang Fisika.

Roentgen pada waktu itu menjadi asisten Profesor Augustus Kundt di Zurich dan juga di *University of Wurzburg* saat professor pindah tugas kesana. Saat di Zurich Roentgen bertemu dengan Anna Bertha Ludwig, yang

dinikahnya pada tahun 1871. Mereka tidak memiliki anak dari pernikahannya tetapi mereka mengadopsi keponakan dari Anna yang berjenis kelamin perempuan. Di Wurzburg, Roentgen kembali pada perhatiannya sebagaimana banyak ilmuwan saat itu yang sedang meneliti mengenai sinar katoda . merupakan kegemarannya untuk melakukan penelitian baru dengan mengadakan pengujian ulang dari hasil penelitian ilmuwan sebelumnya untuk bidang yang sama. Pada beberapa eksperimen yang dilakukan dia menggunakan Tabung *Crookes* yang ditutupi oleh kotak hitam untuk menutupi pendaran Fluoresensi, selalu berada di dalam gelas. Saat tabung tersambung Roentgen memperhatikan bahwa beberapa Kristal dari barium *platino-cyanide* yang berada di meja dekat tabung tersebut menjadi berpendar.

Observasi tersebut terjadi pada hari Jumat malam tanggal 8 November 1895, di waktu yang sudah begitu larut dimana tidak ada satupun asisten yang ada di laboratorium tersebut. Roentgen menyelidiki dan memastikan dirinya bahwa tabung tersebut mengeluarkan sejenis sinar yang tidak diketahui jenisnya yang bisa memancarkan Kristal yang ada didekatnya. Sebuah *screen* yang dilapisi dengan barium *platino-cyanide* dan diletakkan di dekat tabung, akan berpendar selama tabung dihubungkan tetapi jika ada benda yang terbuat dari logam diletakkan di antara tabung dan *screen* maka tidak ada pendaran. Roentgen lalu memberitahu temannya Boveri, “Saya menemukan sesuatu yang menarik tetapi saya tidak tahu apakah eksperimen saya sudah benar atau tidak”. Dikarenakan hal ini, Roentgen dia tidak memberitahukan orang lain mengenai penemuannya selama tujuh minggu.

Selama tujuh minggu itu Roentgen mengkonsentrasikan dirinya untuk mempelajari “sesuatu yang menarik” tersebut dan menyiapkan *paper* mengenai sinar-x tersebut. Roentgen sendiri menggunakan istilah sinar-x sebab sinar yang ditemuinya tidak bisa di identifikasikan olehnya. Di Jerman nama sinar Roentgen digunakan sejak sinar-x ditemukan hingga saat ini. Nama penemu yang digunakan pada bahan temuannya sangat jarang digunakan dipakai pada Negara yang menggunakan bahasa Inggris sebagai bahasa utamanya, hal ini disebabkan orang – orang yang berbahasa Inggris tidak tahu bagaimana mengeja “Roentgen”. Kata Roentgen diperkenalkan pada tahun 1896 untuk sebuah gambar dihasilkan oleh sinar-x dan istilah tersebut digunakan untuk beberapa tahun.

Radiograf pertama di dunia yang menggunakan tangan manusia sebagai obyeknya merupakan radiograf yang menggunakan tangan istri Roentgen sendiri. Radiograf pertama ini merupakan dasar bagi dunia kedokteran terutama bidang radiologi untuk selanjutnya berkembang hingga sekarang dan digunakan untuk menegakan diagnosa dengan tepat tanpa melakukan pembedahan terlebih dahulu. Setelah dilakukan pembuatan radiograf ini pada tangan istri Roentgen tahun ke tahun menimbulkan kanker pada tangan istrinya hal ini diakibatkan oleh efek sinar-x itu sendiri namun dengan berkembangnya ilmu pengetahuan saat ini terjadinya kanker pada organ yang diperiksa dengan sinar-x dapat diminimalisasikan.

#### 4.1.1 Perlengkapan keamanan Proteksi Radiasi

Perlengkapan proteksi radiasi wajib disediakan oleh Pemegang Izin dan digunakan oleh pekerja radiasi yang relevan, terutama dokter spesialis radio terapi atau dokter spesialis radiologi konsultan radio terapi. Penggunaan perlengkapan proteksi radiasi dimaksudkan untuk memastikan agar nilai batas dosis bagi pekerja tidak terlampaui.

#### 1. Apron Proteksi Tubuh

Apron proteksi tubuh yang digunakan untuk pemeriksaan radiografi atau fluoroskopi dengan tabung puncak sinar x hingga 150 kVp harus menyediakan sekurang kurangnya setara 0,5 mm lempengan Pb. Tebal kesetaraan timah hitam harus diberi tanda secara permanen dan jelas pada apron tersebut.



**Gambar 2.12 Apron Pelindung Tubuh**

*Sumber: ilmuradiologi.com*

Apron Pelindung Tubuh digunakan operator pada saat melakukan CT Scant kepada pasien.

#### 2. Penahan Radiasi Gonad

Penahan radiasi gonad jenis kontak yang digunakan untuk radiologidiagnostik rutin harus mempunyai lempengan Pb, tebal sekurang – kurangnya setara 0,25 mm dan hendaknya mempunyai tebal setara lempengan Pb 0,5 mm pada 150 Kvp. Proteksi ini harus dengan ukuran dan bentuk yang sesuai untuk mencegah gonad secara keseluruhan dari paparan berkas utama.



**Gambar 2.13 Penahan Radiasi Gonad**

*Sumber: Alat Kedokteran.com*

### 3. Sarung Tangan Proteksi

Sarung tangan proteksi yang digunakan untuk fluoroskopi harus memberikan kesetaraan atenuasi sekurang – kurangnya 0,25 mm Pb pada 150kVp. Proteksi ini harus dapat melindungi secara keseluruhan, mencakup jari dan pergelangan tangan.



**Gambar 2.14 Sarung tangan proteksi**

*Sumber: hdhealthcare.id*

Sarung tangan proteksi radiasi bisa juga digunakan pada saat pencucian film sehabis melakukan tindakan CT Scant

Pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi dimaksudkan untuk mengetahui keadaan kesehatan pekerja radiasi, perkembangannya dan kalau mungkin mencarhubungan kausal dengan radiasi pengion, apabila terjadi gangguan patologik. Dengan pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi ini ingin dipantau kondisi kesehatan pekerja baik sebelum, selama maupun sesudah masa kerja. Disamping itu pemeriksaan ini berguna pula untuk menyesuaikan penempatan pekerja dengan kondisi kesehatannya. Pemeriksaan kesehatan sebelum masa kerja akan memberikan informasi tentang kondisi kesehatan pekerja radiasi pada saat akan mulai bekerja serta penyakit apa saja yang pernah diderita. Masukan ini selanjutnya akan dimanfaatkan sebagai *base line* yang akan diacu untuk setiap pemeriksaan berikutnya, disamping untuk menentukan apakah seseorang berdasarkan kesehatannya dapat bekerja sebaga pekerja

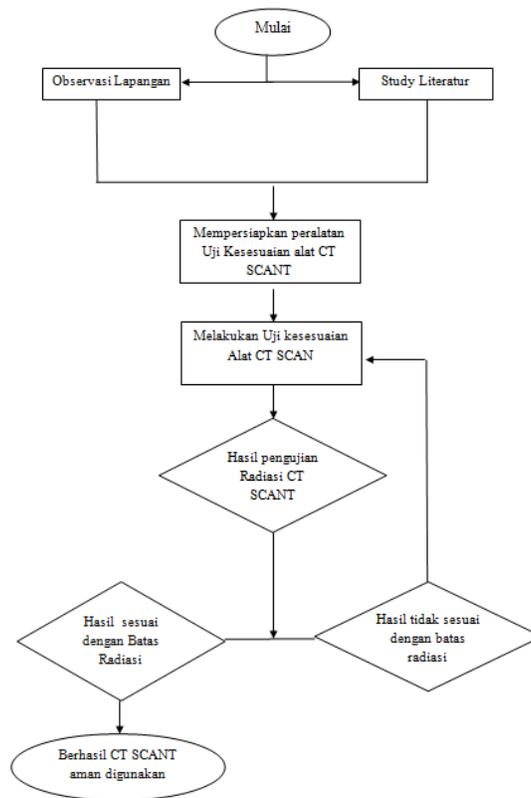
radiasi. Pemeriksaan kesehatan sebelum masa kerja akan memberikan informasi tentang kondisi kesehatan pekerja radiasi pada saat akan mulai bekerja serta penyakit apa saja yang pernah diderita. Masukan ini selanjutnya akan dimanfaatkan sebagai *base line* yang akan diacu untuk setiap pemeriksaan berikutnya, disamping untuk menentukan apakah seseorang berdasarkan kesehatannya dapat bekerja sebagai pekerja radiasi. Pemeriksaan selama masa kerja dilakukan secara berkala, minimal sekali dalam setahun, sesuai PP tahun 2000 tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion (pasal 20) yang telah diamandemen dengan PP No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif (pasal 11). Pemaparan terhadap radiasi dan peristiwa kontaminasi internal dapat saja terjadi tanpa diketahui oleh si pekerja radiasi, karena itu diperlukan usaha untuk mendeteksi akibat yang ditimbulkannya.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Proses Metode Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan pada Alat CT Scant di Rumah Sakit Haji Medan dapat digambarkan pada Flowchat dibawah ini:



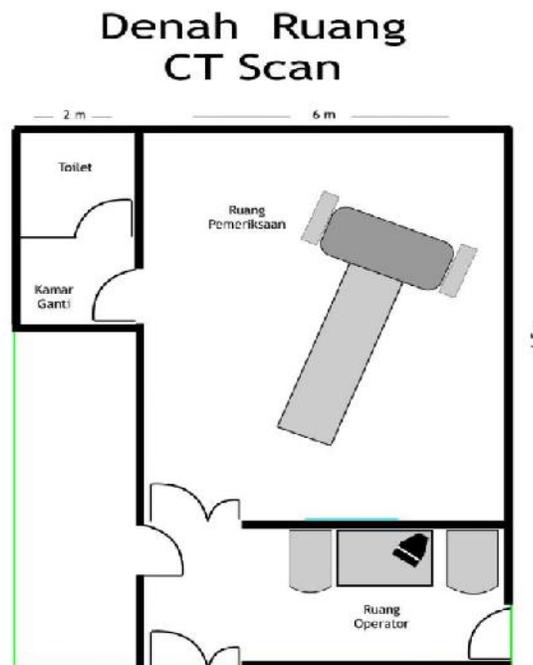
**Gambar 3.1 Metode Penelitian**

*Sumber: Penulis*

Dalam memulai penelitian, penulis melakukan observasi Instalasi Radiologi langsung di lapangan. Berbekal ilmu pengetahuan melalui buku, internet, dan bertanya langsung dengan narasumber yang bersangkutan

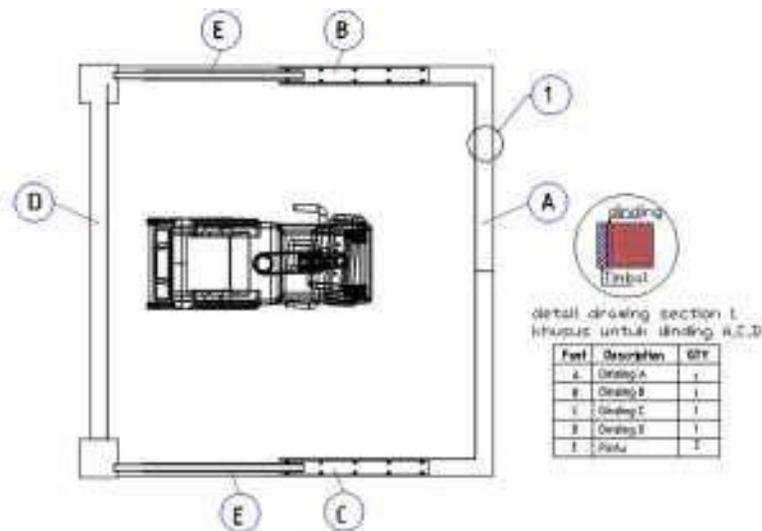
langsung dengan Kepala Unit Pemeliharaan Sarana Medik di Rumah Sakit Haji Medan serta berbekal data base lapangan dan arsip penulis melakukan penelitian dan pengambilan data yang dibutuhkan, data tersebut diantaranya standarisasi Instalasi Radiologi Untuk CT Scant dan antisipasi kebocoran radiasi yang akan berdampak kepada pasien, pengunjung dan pegawai di Rumah Sakit Haji Medan. Pada langkah selanjutnya dimana data-data yang dibutuhkan sudah lengkap maka dilakukan pemantauan mengenai standarisasi Kelistrikan yang dibutuhkan oleh CT Scan.

### 3.2 Sistem Kelistrikan Instalasi CT Scan



**Gambar 3.1 Denah Ruangan**  
*sumber: Penulis*

Ruangan CT scant yang sudah dilapisi oleh Timbal Pb agar pada saat melakukan tindakan dipastikan aman baik kepada pengunjung dan juga pegawai.



**Gambar 3.3 Kontruksi bangunan Ruang Radiologi**

*Sumber: M. Tekad Reza R Batan*

Gambar kontruksi gedung CT Scant dan juga spesifikasi bahan untuk gedung CT scant

**Table 3.1 Spesifikasi Bangunan Radiologi**

Dinding	Tebal dinding yang ada (setara beton)	Tebal dinding yang seharusnya (setara beton)	Keterangan
A	14,09 cm	24 cm	Tembok perlu dilapisi Pb 1,57 mm
B	14,09 cm	15 cm	Tidak perlu pelapisan pb
C	14,09 cm	15 cm	Tembok perlu

			pelapisan Pb 0,4 mm
D	14,09 cm	15 cm	Tembok perlu pelaspisan Pb 0,4 mm

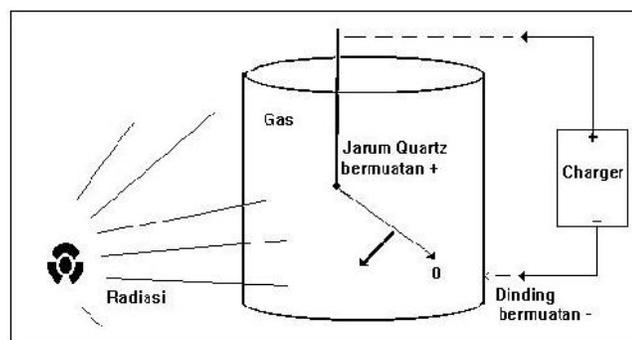
Sumber: M. Tekad Reza R Batan

### 3.3 Analisa Radiasi CT Scan

Peralatan Proteksi

Dosimeter Saku

Dosimeter ini sebenarnya merupakan detektor kamar ionisasi sehinggapinsip kerjanya sama dengan detektor isian gas akan tetapi tidakmenghasilkan tanggapan secara langsung karena muatan yang terkumpulpada proses ionisasi akan “disimpan” seperti halnya suatu kapasitor.



**Gambar 3.4 Konstruksi dosimeter saku**

sumber: Bapeten

Konstruksi dosimeter saku berupa tabung silinder berisi gas sebagaimana pada Gambar 2 di atas. Dinding silinder akan berfungsi sebagai katoda, bermuatan negatif, sedangkan sumbu logam dengan jarum 'quartz' di

bagian bawahnya bermuatan positif. Mula-mula, sebelum digunakan, dosimeter ini diberi muatan menggunakan charger yaitu suatu catu daya dengan tegangan tertentu. Jarum quartz pada sumbu detektor akan menyimpang karena perbedaan potensial. Dengan mengatur nilai tegangan pada waktu melakukan 'charging' maka penyimpangan jarum tersebut dapat diatur agar menunjukkan angka nol. Dalam pemakaian di tempat kerja, bila ada radiasi yang memasuki detektor maka radiasi tersebut akan mengionisasi gas, sehingga akan terbentuk ion-ion positif dan negatif. Ion-ion ini akan bergerak menuju anoda atau katoda sehingga mengurangi perbedaan potensial antara jarum dan dinding detektor.

Perubahan perbedaan potensial ini menyebabkan penyimpangan jarum berkurang. Jumlah ion-ion yang dihasilkan di dalam detektor sebanding dengan intensitas radiasi yang memasukinya, sehingga penyimpangan jarum juga sebanding dengan intensitas radiasi yang telah memasuki detektor. Skala dari penyimpangan jarum tersebut kemudian dikonversikan menjadi nilai dosis. Keuntungan dosimeter saku ini adalah dapat dibaca secara langsung dan tidak membutuhkan peralatan tambahan untuk pembacaannya. Peralatan lain yang dibutuhkan adalah charger untuk me-reset (membuat nol) skala jarum quartz. Kelemahannya, dosimeter ini tidak dapat menyimpan informasi dosis yang telah mengenainya dalam waktu yang lama (sifat akumulasi kurang baik). Hal ini disebabkan oleh adanya kebocoran elektrostatik pada detektor. Jadi, meskipun tidak sedang dikenai

radiasi, nilai yang ditunjukkan jarum akan berubah. Selain itu dosimeter ini kurang teliti



**Gambar 3.5 Alat Dosimeter**

*Sumber: PT Sakha*

Dosimeter adalah salah satu alat mengukur nilai laju dosis radiasi yang digunakan beberapa instansi Rumah Sakit. Alat ini digunakan pada ruangan radiologi dan CT Scan yang berfungsi untuk memberikan nilai keakuratan serta keamanan dalam pembacaan laju dosis penyinaran radiasi pengion seperti sinar X.

#### **Dosimeter Termoluminisensi (TLD)**

Dosimeter ini sangat menyerupai dosimeter film badge, hanya detector yang digunakan ini adalah kristal anorganik termoluminisensi, misalnya bahan LiF. Proses yang terjadi pada bahan ini bila dikenai radiasi adalah proses termoluminisensi. Senyawa lain yang sering digunakan untuk TLD adalah CaSO<sub>4</sub>. Pemrosesan dilakukan dengan memanaskan kristal TLD sampai temperature tertentu, kemudian mendeteksi percikan-percikan cahaya yang dipancarkannya. Alat yang digunakan untuk memproses dosimeter ini adalah TLD reader. Keunggulan TLD dibandingkan dengan film badge adalah terletak

pada ketelitiannya. Selain itu, ukuran kristal TLD relatif lebih kecil dan setelah diproses kristal TLD tersebut dapat digunakan lagi.



**Gambar 3.6 TLD**

*Sumber: Semantic scholar.org\*

TLD atau Termoluminisensi yang biasa digunakan di saku radiographer pada saat melakukan kegiatan di area ruang Radiologi.

#### 3.4 . Batasan Dosis Radiasi

**Table 3.2 Perkiraan besaran dosis yang diterima organ utama pada berbagai pemeriksaan radiologi**

Jenis Organ	Pemeriksaan terkait	Dosis organ terkait (mGy atau mSv
X-ray gigi	Otak	0,005
X-ray dada PA	Paru	0,01
X-ray dada lateral	Paru	0.15
.Mamografi	Payudara	3
CT abdomen dewasa	Lambung	10

CT abdomen bayi	Lambung	20
CT angiografi koroner	Paru	40-100

*Sumber: Zubaidah Alatas BAPETAN*

Paparan radiasi pengion pada materi biologik umurnya menginisiasi pembentukan radikal bebas hidroksil sebagai hasil interaksi radiasi dengan molekul air. Radikal bebas ini akan berinteraksi dengan molekul DNA terdekat dan menyebabkan kerusakan pada ikatan dan struktur penyusun DNA yaitu berupa kerusakan pada basa nitrogen (seperti pirimidin dimer) dan kerusakan pada struktur molekul gula dan fosfat yang mengakibatkan putusnya Strad DNA (singlestrandbreak dan double strand breaks).

Sinar-X dapat mengionisasi DNA baik secara langsung maupun tidak langsung melalui pembentukan radikal bebas tersebut di atas. Sebagian besar kerusakan DNA dapat dengan cepat mengalami proses perbaikan dengan berbagai sistem perbaikan enzimatik DNA di dalam sel.

### **Pengaturan Nilai Batas Dosis**

Pengaturan NBD meliputi:

1. untuk membatasi peluang terjadinya efek stokastik pada pekerja radiasi, ditetapkan nilai dosis efektif rata-rata sebesar 20 mSv per tahun dalam periode 5 tahun, sehingga dosis yang terakumulasi selama 5 tahun tidak

boleh melebihi 100 mSv, dengan ketentuan dosis efektif tidak boleh melampaui 50 mSv dalam satu tahun tertentu.

2. untuk mencegah terjadinya efek deterministik pada pekerja radiasi, ditetapkan nilai dosis ekuivalen untuk lensa mata sebesar 20 mSv per tahun dalam periode 5 tahun dan 50 mSv dalam satu tahun tertentu, dan dosis ekuivalen untuk kulit serta untuk tangan dan kaki sebesar 500 mSv per tahun.
3. NBD untuk anggota masyarakat mengikuti pola penerapan untuk pekerja radiasi dengan nilai lebih rendah, yaitu sebesar 1 mSv dalam 1 tahun.
4. evaluasi dosis perorangan pekerja radiasi pada umumnya dilakukan setiap triwulan berdasarkan atas penjumlahan penerimaan dosis radiasi eksternal dan internal serta membandingkan penerimaan tersebut terhadap NBD triwulan.

**Tabel 3.3 Nilai Batas Dosis untuk Pekerja Radiasi**

<b>Penerapan</b>	<b>Pekerja radiasi</b>
Dosis efektif	20
Dosis ekuivalen untuk lensa mata	20
Dosis ekuivalen untuk kulit	500
Dosis ekuivalen untuk tangan atau kaki	500



*Sumber: Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN*

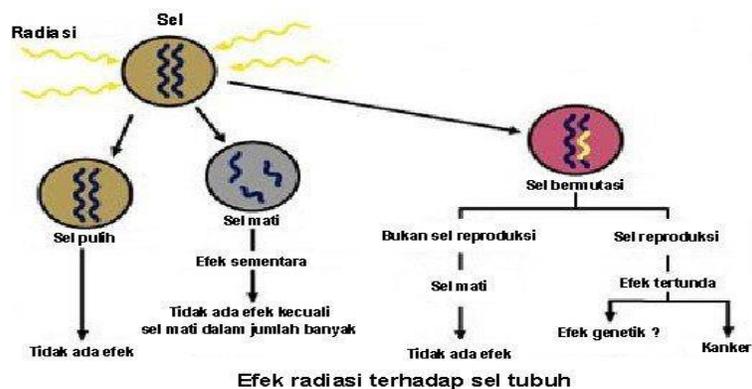
### **3.5 Dampak Radiasi Pada Pekerja Radiasi**

Pekerjaan sebagai pekerja radiasi pada suatu rumah sakit beresiko terhadap kesehatan dibanding pekerja lainnya, untuk itu perlu dilakukan pemantauan kesehatan pekerja radiasimelalui pemeriksaan laboratorium kesehatan dengan mengambil sampel darah secara berkala minimal sekali dalam satu tahun. Pencatatan hasil pemeriksaan laboratorium kesehatan pekerja radiasi dilakukan oleh pihak manajemen rumah sakit dan didokumentasikan dalam bentuk kartu kesehatan tersendiri khusus pekerja radiasi.

Pada penelitian ternyata tidak semua sel mempunyai kepekaan yang sama terhadap radiasi. Borgonie dan Tribondeu mendapatkan bahwa radioaktivitas berbanding terbalik dengan derajat diferensial dan berbanding lurus dengan kapasitas reproduksi. Dengan demikian jaringan yang sel – selnya aktif membelah mempunyai kepekaan yang relatif tinggiterhadap radiasi, adalah sel – sel darah putih, sel – sel pembentuk darah dalam sumsum tulang merah, sel – sel epitel kulit dan selaput lendir, sel – sel pembentuk sperma dan telur.

Darah putih merupakan komponen selular darah yang tercepat mengalami perubahan akibat radiasi. Efek pada jaringan ini berupa penurunan jumlahh sel. Komponen selular darah yang lain ( butir pembeku dan darah merah ) menyusul setelah sel darah putih. Sumsum tulang merah yang mendapat

dosis tidak terlalu tinggi masih dapat memproduksi sel – sel darah, sedangkan pada dosis yang cukup tinggi akan terjadi kerusakan permanen yang berakhir dengan kematian. Akibatnya penekanan aktivitas sum – sum tulang maka orang yang terkena radiasi akan menderita kecenderungan pendarahan dan infeksi, anemia dan kekurangan haemoglobin.



**Gambar 3.7 Efek Radiasi Terhadap Manusia**

*Sumber : Batan.go.id*

Sel yang abnormal inilah yang akan meningkatkan risiko terjadinya kanker pada manusia akibat radiasi. Selain bergantung pada jumlah dan laju dosis, setiap organ tubuh mempunyai kepekaan yang berlainan terhadap radiasi, sehingga efek yang ditimbulkan radiasi juga akan berbeda. Radiasi sinar-X dapat memberikan dampak negatif terhadap tubuh manusia salah satunya yaitu dapat merusak jaringan sel (Edwards *et al.*, 1990:71). Menurut Beiser (1992:473), semua radiasi ionisasi berbahaya bagi jaringan hidup, walaupun jika kerusakannya sedikit, jaringan tersebut masih dapat memperbaiki dirinya sehingga tidak ada pengaruh yang permanen. Berbagai radiasi dari radioaktif dapat mengionisasi materi yang dilaluinya.

Bahaya radiasi ini tidak tampak tetapi berbahaya (Beiser, 1992:473). Untuk kepentingan proteksi radiasi, International Commission on Radiological Protection (ICRP) membagi efek radiasi pengan terhadap tubuh manusia menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministic.

#### A. Efek stokastik

dosis rendah yang dapat muncul pada tubuh manusia, dimana kemunculannya tidak dapat dipastikan. Selain itu juga dapat menimbulkan perubahan genetik yang dapat mengakibatkan berbagai cacat pada anak-anak. Hal yang menyedihkan mengenai hal ini ialah sifat *carcinogenic* sinar-X (sifat yang dapat menimbulkan kanker) yang sudah diketahui sejak tahun 1902, tujuh tahun setelah penemuannya (Beiser, 1992). Menurut Edwards (1990:113), kanker pada manusia dapat timbul setelah 5 tahun atau lebih. Efek dosis yang menyebabkan kanker dari radiasi sebanyak 1 Gray (100 rad). Kanker yang disebabkan akibat radiasi dapat teramati dalam system Hemopoetik, tiroid (gondok), tulang, dan pada kulit (Cember, 1983:233). Pada anakanak, terungkap bahwa dampak negatif radiasi dari sinar-X atau *CT Scan* dapatmeningkatkan resiko penyakit leukemia dan beberapa jenis kanker. Kejadian spontankanker dan leukemia yaitu pada usia 0-18 tahun.

#### B. Efek deterministic

Efek deterministik (reaksi jaringan yang berbahaya) yaitu sebagian Besar sel jaringan mengalami kematian atau fungsi sel rusak karena dosis radiasi tinggi. Efek deterministik berkaitan dengan paparan radiasi dosis tinggi yang kemunculannya dapat langsung dilihat atau dirasakan oleh individu yang.

terkena radiasi. Efek tersebut dapat muncul seketika hingga beberapa minggu setelah penyinaran. Jika manusia terpapar radiasi secara terus menerus, maka paparan radiasi tersebut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan baik pada tingkat molekul, sel, jaringan ataupun organ tubuh.

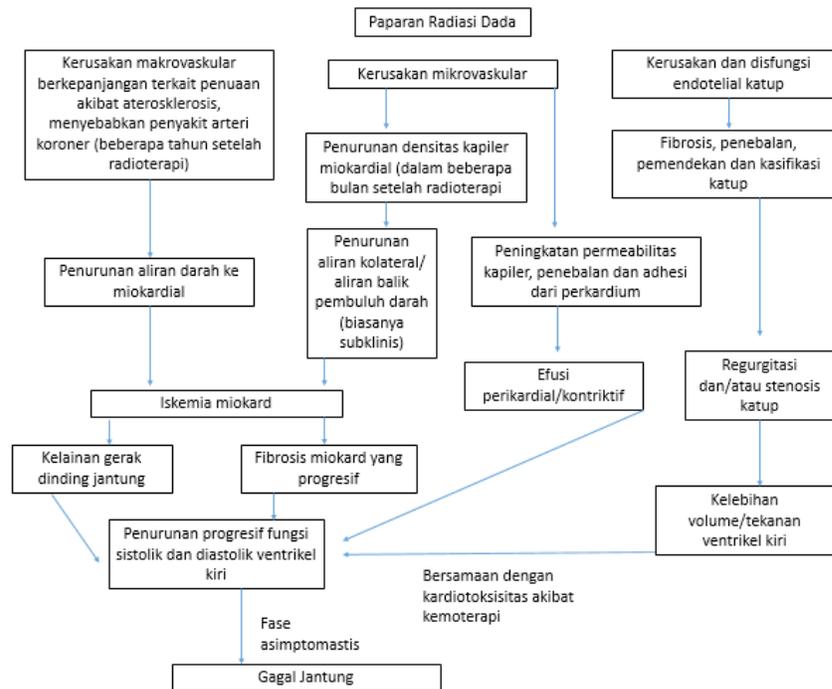
Efek deterministik ini ditandai dengan munculnya keluhan berupa: demam, rasa lemah dan lesu, mual dan ingin muntah, nafsu makan berkurang, nyeri kepala, keringat berlebihan hingga menyebabkan shock (Gabriel, 1996: 297). Beberapa kemudian muncul keluhan khusus berupa efek radiasi pada kulit seperti *epilasi* (rambut rontok) yang bersifat sementara dimana terjadi pada dosis 3-5 Gy yang mulai berlangsung sekitar minggu ke 3 sampai 1 tahun. Sedangkan *epilasi* yang bersifat tetap terjadi bila dosis serap yang diterima lebih besar dari 6 Gy.

Keluhan yang lain dapat berupa *eritema* (kulit memerah) dimana akan terjadi setelah beberapa menit pada *eritema* awal dan 2-3 minggu pada *eritema* ke dua, dimana batasambang dosis antara 6-8 Gy.

### 3.6 Dampak Radiasi pada Pasien

Pemberian kemoterapi pada kanker payudara seperti anthracyclines, trastuzumab, taxanes, tamoxifen, dan letrozole juga dapat meningkatkan efek kardiotoxicitas pada pasien yang telah diberikan terapi radiasi. Suatu multi-institusional studi pada pasien kanker payudara yang mendapat terapi radiasi yang juga perokok aktif mendapati bahwa dalam 10 tahun terjadi peningkatan kejadian infark miokard dibandingkan dengan pasien yang tidak merokok (hazard ratio (HR) 3,04). Penelitian tersebut juga mendapati bahwa terapi

radiasi pada sisi kiri lebih sering menyebabkan penyakit arteri koroner pada pasien dengan hipertensi (HR=11,4).



**Gambar 3.8 Patofisiologi penyakit jantung akibat radiasi**

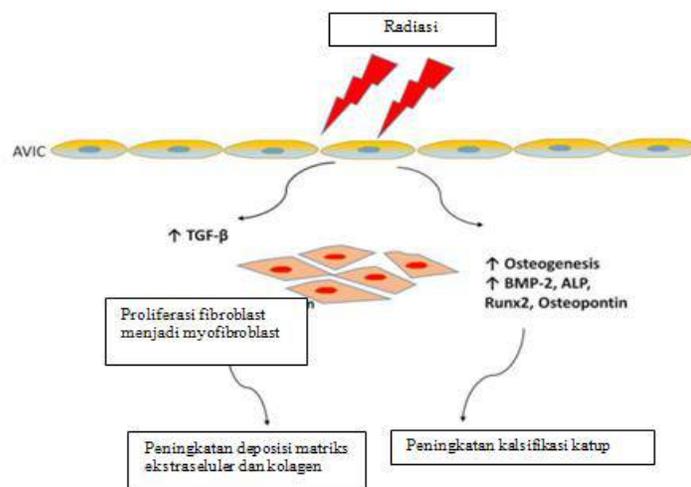
*Sumber: Beta Agustia Wisman*

### Penyakit Katup Akibat Radiasi

Penyakit katup yang berkaitan dengan terapi radiasi dapat asimtomatik sampai dengan menunjukkan klinis yang berat. Kondisi ini dapat bermanifestasi sebagai stenosis atau regurgitasi terutama pada katup aorta dan mitral.<sup>2</sup> Diagnosis sering ditegakkan lebih dari satu dekade setelah mendapat terapi radiasi dan secara patologis menunjukkan adanya gambaran penebalan dan fibrosis pada katup.<sup>2</sup> Dari pemeriksaan echocardiografi pada >40% pasien

Hodgkin yang mendapat terapi radiasi, dapat ditemukan regurgitasi ringan pada sisi kanan dan kiri jantung. Namun demikian, penyakit katup jantung akibat radiasi dengan klinis yang berat jarang terjadi.

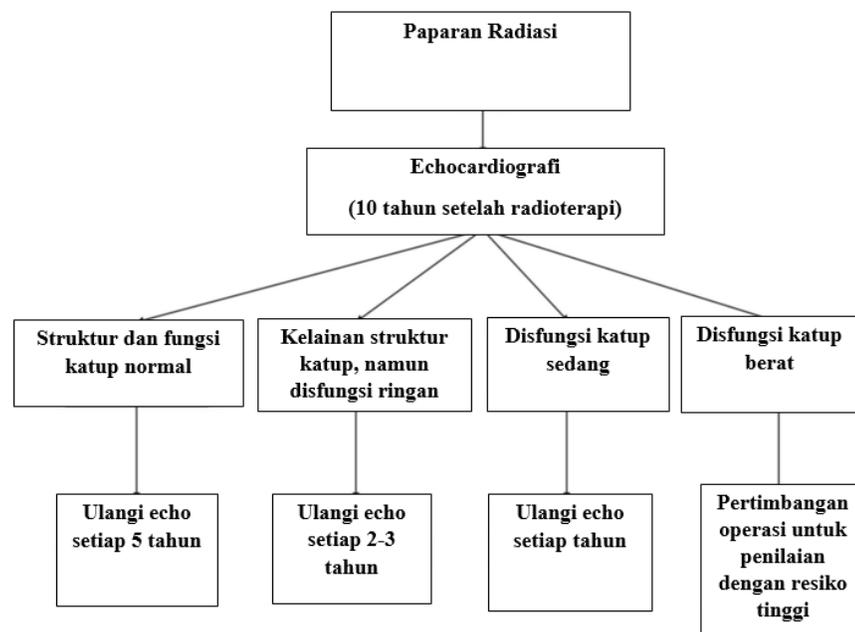
Pada pemeriksaan echocardiografi dapat ditemukan penebalan difus dari katup jantung dan terdapat subvalvular apparatus yang dapat terjadi tanpa kelainan fungsi. Heidenreich, dkk.20 melaporkan bahwa persentase kalsifikasi aorta-mitral menjadi sering, seiring dengan peningkatan terapi radiasi. Pada penelitian tersebut, kalsifikasi aorta, mitral, dan intervalvular fibrosa ditemukan pada 39% pasien yang diperiksa setelah 5 tahun menjalani radioterapi. Sementara itu, pada pasien yang telah menjalani radioterapi setelah >20 tahun ditemukan sebanyak 90% kalsifikasi. Tidak seperti penyakit katup rematik, pada penyakit katup akibat radiasi didapatkan pengurangan fusi komisura.



**Gambar 3.9 Mekanisme penyakit katup akibat**

*Sumber; Beta Agustia Wisman*

Katup jantung pada sisi kiri lebih sering mengalami kelainan akibat radiasi dibandingkan sisi kanan, terutama katup aorta. pulmonal termasuk sangat jarang. Pada pasien yang telah mengalami terapi radiasi lebih dari 20 tahun, ditemukan regurgitasi aorta, mitral, trikuspid, pulmonal masing-masing sebanyak 15%, 4,1%, 4,1%, dan 0%. Selain itu, stenosis aorta didapatkan pada 16% pasien yang telah menjalani radiasi setelah >20 tahun yang dibandingkan dengan 0,5% dari kelompok kontrol pada masing-masing kelompok usia dan jenis kelamin.



**Gambar 3.10** Algoritma pemantauan pasien yang terpapar radiasi mediastinum terkait risiko penyakit jantung katup

*Sumber: Beta Agustia Wisman*

Algoritma pasien yang terkena paparan radiasi akibatnya bisa menimbulkan efek jangka panjang.

### 3.7 Kelistrikan Intalasi CT Scan

**Table 3.4 tabel perhitungan kebutuhan energi listrik Untuk peralatan radiologi dengan kapasitas rendah, menengah dan tinggi**

Generator (mA)	Main Voltage (V)	Main Power (kW)
30	220	3,3
60	220	6
100	220/380	11
200	220/380	22
300	380	36
500	380	50
600	380	60

*Sumber: Departemen Kesehatan RI Direktorat Jenderal Pelayanan Medik 1995*

T	M	R

kelistrikan tersebut perlu diterapkan disetiap rumah sakit mengingat karakteristik penggunaan daya listrik yang spesifik dari peralatan radiologi. Peralatan radiologi tersebut menggunakan daya listrik yang besar dengan waktu yang singkat, dan sangat mempengaruhi penggunaan listrik. Dari tabel 3. tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa dengan 600 mA & 60 V beban terpasang maksimum 60 KW. Nilai pada kenyataannya di lapangan jarang

digunakan, mengingat penggunaan KV yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan fotodiagnose yang diinginkan (50 – 120 KV).

**BAB 4**  
**HASIL PENELITIAN**

Pada bab ini akan dipaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap hasil Analisa Radiasi CT Scan di Rumah Sakit Haji Medan. Berikut ini merupakan hasil penelitian.

4.1.2 Analisa Radiasi

**Table 4.1 Hasil pengukuran radiasi menggunakan Dosimeter Termoluminisensi (TLD)**

No	NPM	Nama Pekerja	No Lencana	Dosis
1	400481	Robi	2.034.007	0.2989 (±0)
2	400479	Yuni	2.034.009	0.2163(±0)
3	400480	Mawaaddah	2.034.010	0.4441(±0)
4	401819	asfa	2.030.011	0.2183(±0)

*Sumber:Penulis*

NBR(nilai Batas radiasi) pekerja =20msv/th (Perka Bapeten No. 4 tahun 2013). Limit deteksio yang mampu dibaca adalah 0.01msv. jika diperoleh nilai lebih rendah maka dosis yang diterima adalah 0.

63

4.1.3. Hasil Penggunaan Kel

**Table 4.2 Paparan Radiasi Hambur**

No	Tempat pengukuran	Hasil pengukuran Radiasi	Kondisi pengukuran	kelistrikan
1	Daerah operator	0 mR/Hr	80 KV.40mAs	64.000 watt

2	Pintu Masuk	0 mR/Hr	80 KV.40mAs	64.000 watt
3	Samping kanan	0 mR/Hr	80KV.40mAs	64.000 watt
4	Samping kiri	0 mR/Hr	80KV.40mAs	64.000 watt
5	Belakang	0 mR/Hr	80KV.40mAs	64.000 watt
6	Depan	0 mR/Hr	80KV.40mAs	64.000 watt

Sumber:Penulis

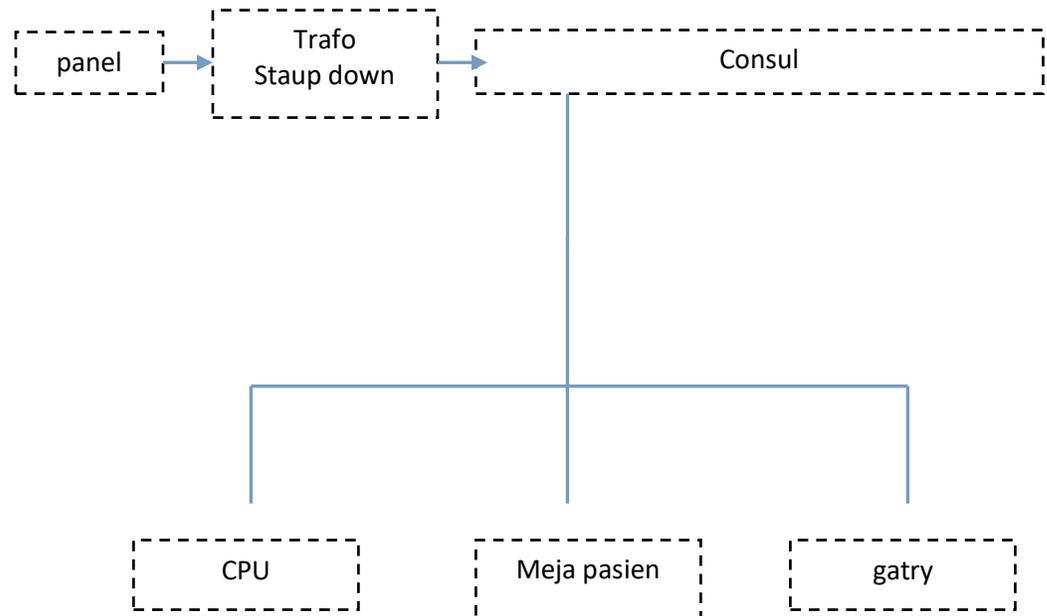
Kesimpulan dari hasil pengukuran paparan radiasi hambur tidak melebihi batas kebocoran tabung yang diperkenankan dan juga hasil pengukuran radiasi pada area yang dilindungi cukup aman dari bahaya radiasi. Pengujian dilakukan menggunakan pengaturan 80KV dan beban listrik 64.000 Watt.

**Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Thorakx**

Tebal Thorax (cm)	Faktor Eksposi		Kelistrikan
	(kV)	(mAs)	
<b>6</b>	42	2.8	
<b>8</b>	43	4	
<b>10</b>	44	5	
<b>12</b>	45	6.1	
<b>14</b>	47	7.1	
<b>16</b>	48	8	
<b>18</b>	49	9	
<b>20</b>	50	9	
<b>22</b>	50	10	
<b>24</b>	51	11	
<b>26</b>	52	11	
<b>28</b>	53	12.5	
<b>30</b>	55	15	

Sumber : Penulis

Hasil kebutuhan KV pada pemeriksaan thorakx , tebal objek thorakx juga mempengaruhi penggunaan listrik pada Ct scan. Semakin tebal objek semakin tebal juga pengaturan KV pada CT.



**Gambar 4.1 : blok diagram panel kelistrikan CT Scant**

*Sumber: Penulis*

Panel yang digunakan adalah panel 3Phasa kemudian digunakan Trafo stap Down untuk mengurangi beban yang dibutuhkan oleh alat kemudian sistem consul membagi aliran listrik berdasarkan kebutuhan masing-masing bagian unit alat.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari kesimpulan analisa Kelistrikan CT Scant Di Rumah Sakit Haji dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. CT Scant dinyatakan aman untuk digunakan dikarenakan tidakn melebihi ambang batas radiasi yang ditetapkan oleh pemerintah.
2. Instalasi CT Scant dilakukan pengujian Kesesuaian setiap tahun oleh BAPETEN.
3. kualitas listrik PLN sangat berpengaruh untuk kualitas Part CT Scant dan hasil Foto CT Scant.
4. Daya listrik mempengaruhi kualitas hasil dan kualitas Tube CT Scan.

#### **5.2 Saran**

Hasil skripsi yang berjudul Analisis Kelistrikan CT Scant Di Rumah Sakit Haji Medan saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan pemeriksaan PH timbal setiap tahunnya agar tidak sampai hamburan radiasi keluar ruangan CT Scant.
2. Dilakukan pengujian Kelistrikan oleh Instansi yang ditunjuk oleh Pemerintah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Daniel Kartawiguna”Multi Slice Computed Tomography (MSCT)”
- Eri Hiswara, Dewi Kartikasari.”Dosis Pasien PadaPemeriksaan rutin Sinar-X Radiologinostik.” (BATAN:2015)
- Hartanto, S. (2017). Implementasi fuzzy rule based system untuk klasifikasi buah mangga. *TECHSI-Jurnal Teknik Informatika*, 9(2), 103-122.
- I Putu Susila, wiranto budi santoso, Istofa. November 2013. “Kareteristik Flat-Panel detector untuk pesawat sinar X digital” Pusat Rekayasa Tenaga Nuklir-BATAN.
- Johan A.E. Noor, Indrastuti Normahayu.”DOSIS RADIASI DARI TINDAKAN CT-SCAN KEPALA.” (Malang November :2014).
- Khairul, K., Haryati, S., & Yusman, Y. (2018). Aplikasi Kamus Bahasa Jawa Indonesia dengan Algoritma Raita Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 11(1), 1-6.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 8 Tahun 2011.” Keselamatan RadiasiDalam Penggunaan Sinar-X Radiologi Diagnostok Dan Intervensional.”
- Putri Ramadhani.”Elektronika Kedokteran CT Scanner” (MAKASSAR:2006)
- Putri, R. E., & Siahaan, A. (2017). Examination of document similarity using Rabin-Karp algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, 3(8), 196-201.
- Rahim, R., Aryza, S., Wibowo, P., Harahap, A. K. Z., Suleman, A. R., Sihombing, E. E., ... & Agustina, I. (2018). Prototype file transfer protocol application for LAN and Wi-Fi communication. *Int. J. Eng. Technol.*, 7(2.13), 345-347.

- Rossanty, Y., Aryza, S., Nasution, M. D. T. P., & Siahaan, A. P. U. (2018). Design Service of QFC And SPC Methods in the Process Performance Potential Gain and Customers Value in a Company. *Int. J. Civ. Eng. Technol*, 9(6), 820-829.
- Siahaan, A. P. U., Ikhwan, A., & Aryza, S. (2018). A Novelty of Data Mining for Promoting Education based on FP-Growth Algorithm.
- STTN – Batan Yogyakarta. Instrumen citra medik CT Scant.Sunardi :Computed Tomography Scan (CT Scan) dan Magnetic Resonance Imaging (MRI)Pada Sistem Neurologis
- Tarigan, A. D., & Pulungan, R. (2018). Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 10-15.
- Tarigan, A. D. (2018, October). A Novelty Method Subjectif of Electrical Power Cable Retirement Policy. In *International Conference of ASEAN Prespective and Policy (ICAP)* (Vol. 1, No. 1, pp. 183-186).
- Undang-Undang Republik Indonesia No 10 Tahun 1997.”Tentang Ketenaga Nukliran.
- Wibowo, P., Lubis, S. A., & Hamdani, Z. T. (2017). Smart Home Security System Design Sensor Based on Pir and Microcontroller. *International Journal of Global Sustainability*, 1(1), 67-73.
- Yuyun yueniwati P.W.,M.Kes. Sp.Rad. buku 1 : pencitraan pada stroke (Malang:2016)