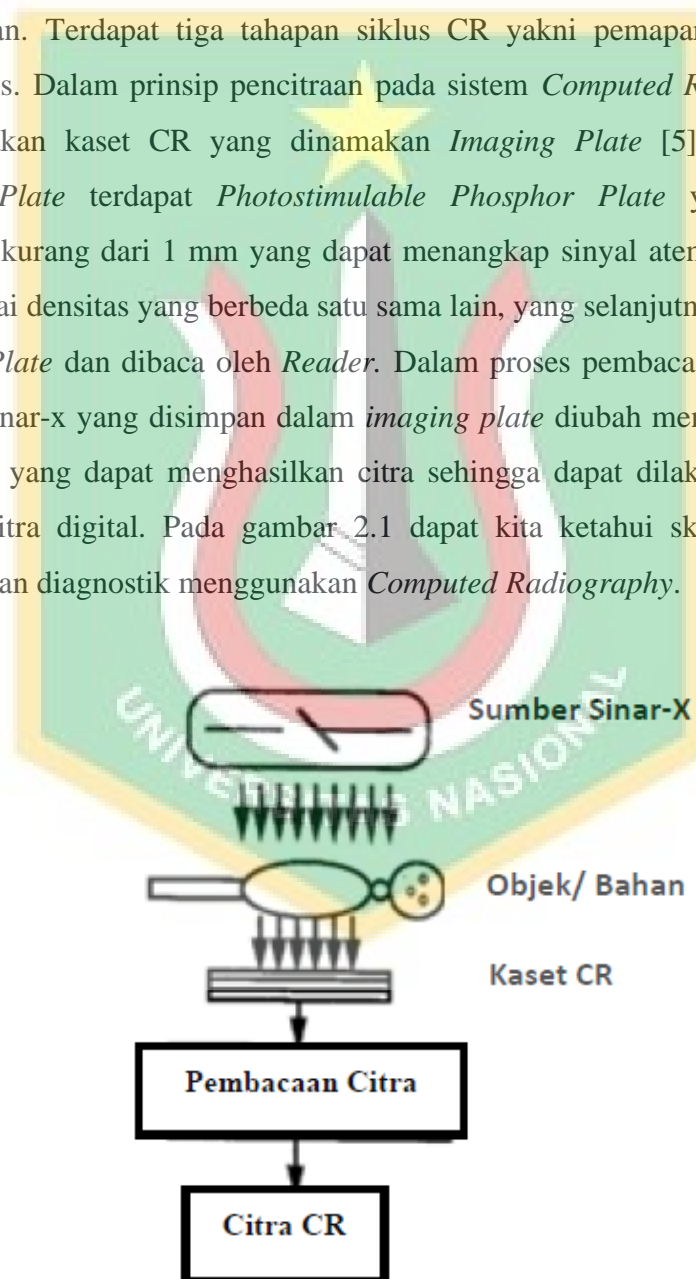


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Computed Radiography*

Computed Radiography (CR) adalah metode untuk menghasilkan gambar digital dalam radiografi sinar-x yang menggunakan *luminescence* yang distimulasi foto untuk menyimpan paparan sinar-x menjadi gambar laten, yang kemudian didigitalkan. Terdapat tiga tahapan siklus CR yakni pemaparan, readout, dan menghapus. Dalam prinsip pencitraan pada sistem *Computed Radiography* (CR) menggunakan kaset CR yang dinamakan *Imaging Plate* [5]. Dalam struktur *Imaging Plate* terdapat *Photostimulable Phosphor Plate* yang mempunyai ketebalan kurang dari 1 mm yang dapat menangkap sinyal atenuasi sinar-x yang mempunyai densitas yang berbeda satu sama lain, yang selanjutnya ditangkap oleh *Imaging Plate* dan dibaca oleh *Reader*. Dalam proses pembacaan (readout) pada *Reader*, sinar-x yang disimpan dalam *imaging plate* diubah menjadi sinyal listrik oleh laser yang dapat menghasilkan citra sehingga dapat dilakukan pemrosesan kualitas citra digital. Pada gambar 2.1 dapat kita ketahui skema sistem pada pemeriksaan diagnostik menggunakan *Computed Radiography*.



Gambar 2.1 Skema sistem *Computed Radiography* [5]

2.1.1.1. Faktor Eksposi

Faktor eksposi adalah faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan gambar radiograf. Faktor eksposi terdiri dari tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), dan waktu ekspos (ms) [6]. Dalam menentukan tegangan suatu tabung dalam suatu pemeriksaan radiograf memerlukan standar yang dianjurkan dari beberapa sumber dan ahlinya, semakin tinggi pemilihan nilai tabung maka nilai kontras yang didapat dalam suatu pemeriksaan radiograf akan makin menurun. Dalam hal ini faktor yang mempengaruhi adalah efek radiasi Compton yang menghasilkan radiasi hambur (scatter) serta penurunan nilai koefisien attenuasi linier, efek radiasi hambur ini adalah mengurangi nilai kontras sehingga semakin tebal objek maka tegangan tabung (kV) yang akan diberikan pada pesawat sinar-x akan bertambah.

Arus tabung (mA) yang menentukan jumlah atau kuantitas sinar-x yang dihasilkan dari suatu tabung sinar-x. Arus tabung merupakan besarnya arus listrik antara anoda dan katoda. Waktu eksposi (s) merupakan satuan yang digunakan dalam lamanya sinar-x yang dipaparkan pada organ yang diperiksa. Dalam praktiknya, arus tabung (mA) dipilih dengan waktu eksposi (s) atau durasi yang terjadi (mAs).

2.1.1.2. Aturan 10 kVp dan Aturan 15% kVp

Aturan 10 kVp menunjukkan apabila tegangan ada kenaikan sebesar 10 kVp, maka arus tabung akan turun 50% dari semula [7]. Sedangkan aturan 15% kVp menyebutkan bahwa kenaikan 15% dari tegangan tabung akan menyebabkan penggandaan eksposi pada film dan penurunan 15% dari tegangan tabung akan menyebabkan eksposi pada film menjadi separuhnya. Pada penelitian I Musdalifah menyatakan bahwa kenaikan tegangan tabung 15% dapat menaikkan nilai densitas yang dihasilkan [8].

2.1.2 Parameter Pengukuran Kualitas Citra

Ada beberapa aspek parameter pengukuran dalam menentukan kualitas citra untuk selanjutnya di diagnosa, diantaranya adalah :

A. *Noise (Derau)*

Aspek *noise* atau derau pada parameter pengukuran kualitas citra merupakan gangguan pada citra digital yang menyebabkan penurunan kualitas citra digital. Hal ini dapat disebabkan oleh gangguan fisik (*optic*) pada alat atau akibat dari proses pengolahan yang tidak sesuai. Contohnya terdapat bintik gelap dan terang yang muncul secara acak yang menyebar pada objek citra maupun latar belakangnya.

B. *Signal to Noise Ratio (SNR)*

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan salah satu parameter pengukuran kualitas citra yang menggambarkan tingkat perbedaan antara sinyal yang terukur dengan derau yang terukur. Persamaan 2.1 menunjukkan nilai SNR, dengan I_s merupakan tinggi sinyal dan σ merupakan nilai simpangan baku dari daerah di sekitar sinyal.

$$SNR = \frac{I_s}{\sigma} \dots\dots\dots(2.1)$$

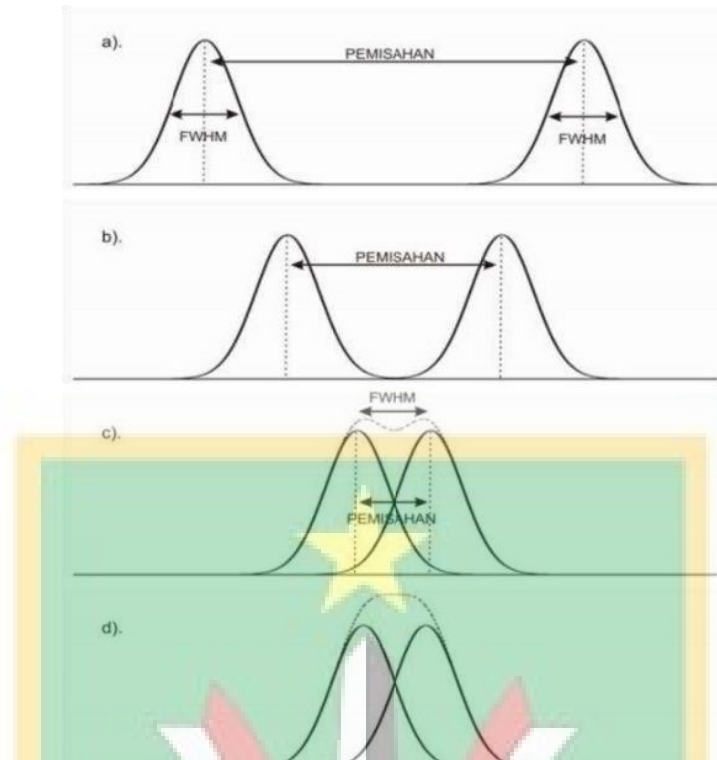
C. *Contrast to Noise Ratio (CNR)*

Contrast to Noise Ratio (CNR) merupakan salah satu parameter pengukuran kualitas citra yang menggambarkan tingkat perbedaan antara sinyal yang terukur dengan latar. CNR juga dapat dilakukan dengan mengukur selisih nilai SNR pada organ yang berdekatan atau antara dua jaringan dalam citra [9]. Persamaan 2.2 menunjukkan nilai CNR, dengan I_s merupakan tinggi sinyal, I_b merupakan tinggi latar dan σ merupakan nilai simpangan baku dari daerah latar.

$$CNR = \frac{I_s - I_b}{\sigma} \dots\dots\dots(2.2)$$

D. *Resolusi Spasial*

Secara kuantitatif, Resolusi spasial pada CR dapat dilihat dari nilai *grayscale* citra yang dibandingkan dengan nilai standar deviasi. Nilai resolusi spasial dikatakan baik apabila dapat memenuhi batasan nilai toleransi kurang dari 0,2 atau 0,1 mm/pixel yang ditentukan oleh ketentuan AAPM nomor 93 tahun 2006, sehingga dapat digunakan dalam pemeriksaan radiologi yang dapat memberikan informasi diagnostik secara akurat [10].

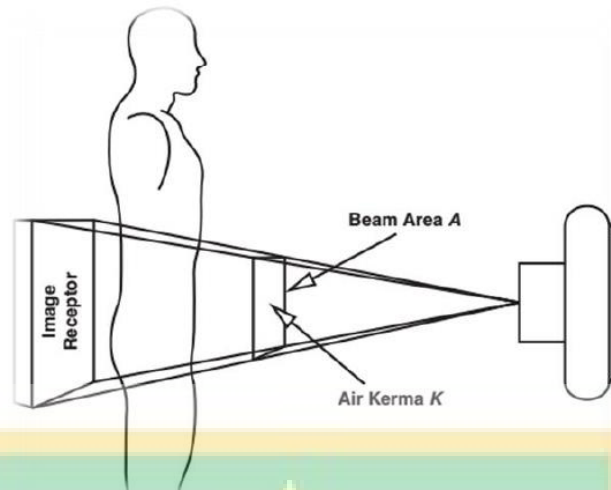


Gambar 2.3 Efek Resolusi Spasial [11]

Full Width at Half Maximum (FWHM) merupakan ukuran jarak minimum di mana dua buah titik atau garis diletakkan secara terpisah agar masih terlihat terpisah pada citra yang direkam. Dijelaskan dalam gambar 2.3 secara spesifik resolusi spasial suatu titik dapat dihitung dari nilai *Full Width at Half Maximum* (FWHM) atau lebar setengah puncak dari grafik intensitas citra terhadap posisi. FWHM biasanya diekspresikan dalam satuan milimeter. Semakin kecil nilai FWHM maka semakin kecil juga jarak antara dua titik sehingga semakin tinggi resolusi citra yang dihasilkan [11].

2.1.3 Pelvis Proyeksi Anteroposterior (AP)

Pada umumnya pemeriksaan radiografi pelvis proyeksi AP terdapat beberapa struktur anatomi yang dapat dilihat diantaranya 2 tulang hip, sacrum, coccyx, dan pelvis gridle [12]. Tujuan dilakukannya pemeriksaan ini diantaranya untuk menilai farktur, tumor, dan evaluasi pasca operasi. Penentuan faktor eksposi yang pada umumnya digunakan pada pemeriksaan pelvis proyeksi AP di rumah sakit adalah 75 – 90 kV dan 15 – 32 mAs.



Gambar 2.4 Skema Pengukuran Radiografi Kerma Udara. [13]

2.2 Hasil Penelitian Terkini

2.2.1 Penelitian Mengenai 10 kVp dan 15% kVp Rules Oleh Hannah Coffey

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh beberapa penelitian yang dilakukan terdahulu. Pada tahun 2020 Hannah Coffey, Vipavee Chanopensiri dan dua lainnya [4] melakukan penelitian dengan judul “*Comparing 10 kVp and 15% kVp Rules in Extremity Radiography*”. Tujuan penelitian ini yaitu menyelidiki kelayakan aturan 10 kVp sebagai pengganti aturan 15% kVp dalam memperoleh kualitas diagnostik tinggi dengan menurunkan dosis radiasi pasien. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai parameter klinis yang dapat menguntungkan pasien tanpa mengganggu alur kerja operator. Metode yang digunakan Hannah Covey dalam penelitian ini adalah exposure pada tangan, lutut, dan bahu. Indikator paparan yang didapat pada tiap gambar yang akan dibandingkan kualitas gambarnya menggunakan aturan 10 kVp dan 15% kVp

Hasil dari penelitian Hannah Covey menyebutkan bahwa *Entrance Skin Dose* pada pemeriksaan lutut menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding dengan pemeriksaan tangan dan bahu pada aturan 10 kVp dan 15% kVp. Dibawah ini merupakan tabel data yang didapat dalam penelitian Hannah Covey.

Tabel 2.1. – 2.3 Nilai Exposure. [4]

Table 2.1

Anteroposterior and Posteroanterior Extremity Exposures with Preset Technical Factors			
Extremity	Technical Factors	Detector Exposure Indicator	Entrance Skin Dose (mGy)
Shoulder	75 kVp at 5 mAs	1.02	1.601
Hand	50 kVp at 2.5 mAs	0.63	1.245
Knee	70 kVp at 2.5 mAs	1.1	0.878

Table 2.2

Anteroposterior and Posteroanterior Extremity Exposures with 10 kVp Rule			
Extremity	Technical Factors	Detector Exposure Indicator	Entrance Skin Dose (mGy)
Shoulder	85 kVp at 2.5 mAs	0.83	1.222
Hand	60 kVp at 1.25 mAs	0.67	1.115
Knee	80 kVp at 1.25 mAs	0.85	1.308

Table 2.3

Anteroposterior and Posteroanterior Extremity Exposures with 15% Rule			
Extremity	Technical Factors	Detector Exposure Indicator	Entrance Skin Dose (mGy)
Shoulder	86 kVp at 2.5 mAs	0.85	1.244
Hand	58 kVp at 1.25 mAs	0.59	1.146
Knee	81 kVp at 1.25 mAs	0.89	1.237

2.2.2 Penelitian Mengenai Penggunaan High kV Value Oleh Nicole E Peacock.

Penelitian Nicole E Peacock dan lainnya [14] tentang penggunaan High kV Value pada pemeriksaan pelvis dan lumbar spine. Bahwa penggunaan high kV value dikaitkan dengan penurunan kontras radiografi dan kualitas gambar secara Keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh high kV value pada kualitas citra radiografi saat menggunakan sistem digital, untuk memvalidasi kVp tinggi sebagai teknik penghematan dosis.

Hasil penelitian tersebut menyebutkan Untuk 40 radiografi panggul AP dan 40 radiografi tulang belakang lumbal lateral, pengurangan produk area dosis (DAP) dengan kVp yang lebih tinggi terlihat. DAP panggul rata-rata pada 75 kVp = 14,06 mGy.cm²; 85 kVp = 7,47 mGy.cm². Rata-rata DAP tulang belakang lumbal pada 80 kVp = 15,76 mGy.cm²; 90 kVp = 14,83 mGy.cm². Skor kualitas gambar dan kontras menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok kVp tinggi dan rendah ($z = 0,06$ dan $0,12$, masing-masing). Rata-rata skor VGA panggul pada 75 kVp = 11,26; 85 kVp = 12,55. Rata-rata skor VGA

tulang belakang lumbal pada 80 kVp = 9,23; 90 kVp = 10,64. Studi ini berhasil memvalidasi teknik kVp tinggi sebagai alat yang berguna untuk mengurangi dosis radiasi pasien sambil mempertahankan kualitas gambar diagnostik yang tinggi untuk radiografi panggul digital dan tulang belakang lumbar.

2.2.3 Penelitian Mengenai Pengukuran SNR dan CNR Oleh Andreas

Penelitian yang dilakukan oleh Andreas Christian Louk [11] tentang pengukuran kualitas sistem pencitraan radiografi digital menggunakan DRImager dengan beberapa parameter kualitas citra yang diukur sebelum dan sesudah proses pengolahan dan perbaikan kualitas citra yang akan dibandingkan untuk mengetahui perubahan informasi fisis yang mungkin terjadi pada citra. Hasil penelitian pada pengukuran SNR dan CNR menyebutkan bahwa setelah pemrosesan citra menggunakan “DRImager” memberikan peningkatan yang cukup signifikan. Peningkatan SNR dapat mencapai hingga 157,52%, sedangkan peningkatan CNR dapat mencapai hingga 179,58%. Dibawah ini merupakan tabel data yang didapat oleh Andreas Christian Louk pada penelitiannya untuk pengukuran SNR dan CNR.

Tabel 2.4. Nilai SNR dan CNR [11]

	SNR	CNR
Sebelum Proses	147.25	14.4
Setelah Proses	231.95	25.86
Peningkatan(%)	157.52	179.58

2.2.4 Penelitian Mengenai Variasi Nilai Eksposi Oleh Sartinah

Penelitian yang dilakukan oleh Sartinah [15] tentang variasi nilai eksposi aturan 15% pada radiografi menggunakan *imaging plate* untuk mendapatkan kontras tertinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kontras paling tinggi yang didapat dengan melakukan variasi nilai eksposi aturan 15% pada stepwedge sebagai objek dan *imaging plate* sebagai perangkat penyimpanan data digital untuk diolah menjadi citra. Sartinah menggunakan faktor eksposi 50 kV/80

mAs, 60 kV/40mAs, 80 kV/10 mAs, 100 kV/2,5 mAs dan 110 kV/1,25 mAs dengan variasi penambahan dan penurunan tegangan sebesar 15%. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Nilai densitas dan kontras yang dihasilkan dari eksposi dasar dibandingkan dengan nilai densitas hasil dari nilai variasi penambahan dan penurunan tegangan sebesar 15 %. Melalui nilai kontras yang diperoleh dapat ditentukan nilai kontras tertinggi.

Hasil dari penelitian Sartinah menyebutkan bahwa semakin tebal stepwedge maka densitas semakin kecil dan semakin tipis stepwedge maka densitasnya semakin besar. Nilai kontras radiograf tertinggi didapatkan pada variasi nilai eksposi dengan penurunan tegangan tabung sebesar 15 % dan menduakalikan arus kali waktu dan variasi nilai eksposi aturan 15 % dengan *imaging plate* pada pesawat merk Philips Diagnost 65 dihasilkan rentang berlakunya aturan 15 % pada variasi faktor eksposi 60kV-110 kV

2.2.5 Penelitian Mengenai Aturan 10 kVp Pada *Anthropomorphic Pelvis* Oleh Luis Lanca

Penelitian yang dilakukan oleh Luis Lanca dan lainnya [16] tentang aturan 10 kVp pada studi pencitraan menggunakan phantom *anthropomorphic pelvis* menggunakan sistem CR. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi kV tabung yang berkaitan dengan kualitas gambar pada panggul menggunakan *automatic exposure control* (AEC) dan non-AEC pada sistem CR. Untuk mengetahui efek penggunaan AEC dan non-AEC dengan menerapkan aturan 10 kVp dalam dua percobaan menggunakan phantom panggul antropomorfik. Gambar diperoleh menggunakan 10 kVp in-crements (60e120 kVp) untuk kedua percobaan. Eksperimen pertama, berdasarkan tujuh kombinasi AEC, menghasilkan 49 gambar. Rata-rata mAs dari setiap kenaikan kVp digunakan sebagai dasar untuk percobaan kedua menghasilkan 35 gambar.

Hasil dari penelitian menyebutkan bahwa penurunan kualitas gambar perseptual dengan peningkatan kVp diamati baik dalam percobaan non-AEC dan AEC, namun tidak ada perbedaan statistik yang signifikan ($p > 0,05$) yang ditemukan. Skor kualitas gambar dari semua pengamat dengan peningkatan 10 kVp untuk semua nilai mAs menggunakan mode non-AEC menunjukkan skor yang

lebih baik hingga 90 kVp. Artinya dengan menggunakan aturan 10 kVp, tidak ada penurunan yang signifikan dalam kualitas gambar perseptual yang diamati saat meningkatkan kVp. Dibawah ini merupakan tabel data yang didapat oleh Luis Lanca pada penelitiannya.

Tabel 2.5. Rata-rata kualitas gambar perseptual. [16]

		kVp						
		60	70	80	90	100	110	120
Non AEC		73.9 (8.8)	69.2 (8.9)	63.8 (11.3)	60.5 (10.3)	56.6 (13.4)	51.2 (13.6)	49.0 (13.3)
	All	71.6 (7.9)	70.8 (11.4)	65.6 (7.1)	R	60.8 (14.2)	53.2 (4.6)	48.8 (6.4)
	Right	77.2 (12.5)	70.0 (12.2)	71.6 (8.9)	68.4 (13.2)	56.4 (2.6)	56.8 (3.0)	53.6 (6.2)
	Left	77.2 (17.8)	70.0 (11.7)	62.4 (9.9)	60.4 (10.6)	56.4 (3.3)	50.2 (8.0)	48.0 (6.3)
AEC	Centre	73.2 (8.4)	67.2 (6.9)	67.2 (7.6)	58 (2.0)	55.6 (3.8)	46.8 (9.7)	48.0 (5.8)
	Right/centre	72.8 (10.5)	71.2 (8.3)	66.4 (6.5)	62 (7.1)	56.8 (4.6)	51.6 (8.6)	49.2 (7.4)
	Left/centre	75.2 (11.4)	67.2 (8.4)	61.6 (4.3)	56.8 (5.0)	57.6 (1.7)	51.2 (6.7)	46.0 (7.6)
	Upper	72.8 (14.0)	68.8 (8.9)	64.8 (2.3)	58 (5.8)	59.2 (10.3)	54.8 (6.4)	47.6 (8.9)