

UJI KONTROL KUALITAS PESAWAT RADIOOGI INTERVENSIONAL

St. Ramlah R. Dhara*), Dahlang Tahir, M.Si, Ph. D*), Kristina Tri Wigati, M.Si*), Sri Dewi Astuty, M.Si*)

*)Fisika Medik, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, UNHAS, Makassar

Abstrak

Telah dilakukan penelitian uji kontrol kualitas pada tiga pesawat sinar-X fluoroskopi intervensional dengan spesifikasi berbeda. Jenis pengujian yang dilakukan diantaranya uji kolimasi, uji generator dan tabung sinar-X, dosimetri, dan kualitas citra. Secara umum hasil pengujian ketiga pesawat memiliki kualitas yang cukup baik, ditinjau dalam hal generator dan tabung, dosimetri dan kualitas citra. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan karakter ketiga pesawat yang diujikan. Pada pesawat I dan II umumnya digunakan pada pemeriksaan intervensional memiliki karakter yang sama sedangkan pada pesawat III khusus digunakan untuk pemeriksaan pediatrik (anak-anak) menggunakan kVp rendah untuk meningkatkan kontras citra dan mA tinggi untuk mendapatkan kualitas citra yang baik pada monitor displai.

Kata kunci : Fluoroskopi intervensional, QC, dosimetri, kualitas citra.

I. PENDAHULUAN

Radiologi intervensional merupakan subspecialisasi radiodiagnostik yang menggunakan bantuan atau tuntunan teknik imaging (pencitraan) untuk melakukan prosedur diagnostik dan terapeutik dengan variasi yang luas.

Dalam prosedur pemeriksaan intervensional radiologi membutuhkan spesifikasi peralatan radiologi yang bersifat khusus, prosedur ini juga membutuhkan waktu lebih lama dengan daerah paparan radiasi yang lebih luas.

Uji kontrol fluoroskopi intervensional menggunakan alat ukur khusus, yang dilakukan oleh tenaga fisikawan medis yang telah dididik dalam aspek administrasi, teknis, dan kinerja klinis pada peralatan pesawat sinar-X yang mampu menilai kinerja peralatan dari pesawat sinar-X. Maka dari itu fisikawan medis sangat berperan penting dalam menentukan kualitas pesawat sinar-X (AAPM 74).

Dalam menentukan uji kontrol kualitas pesawat fluoroskopi intervensional fisikawan medis mengacu pada keputusan kepala Bapeten nomor 9 tahun 2012 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional yaitu uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional yang selanjutnya disebut uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi andal, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan. Keputusan kepala Bapeten nomor 9 tahun 2012 mengacu kepada peraturan dari *Western Australia* dan *NSW Environment Protection Authority Guidelines* (NSW EPA Guidelines).

Sistem fluoroskopi saat ini terbagi dua yaitu menggunakan sistem operasi *Automatic Exposure Control* (AEC) yang sistem eksposi masih dapat dilakukan secara manual, baik dalam menentukan arus (mA) dan tegangan (kV), dan operasi *Automatic Brightness Control* (ABC) dengan sistem eksposi

teraplikasi secara otomatis biasanya dikondisikan dengan ketebalan tubuh pasien yang didominasi pada laboratorium kateterisasi jantung (*Cath Lab*). Pada detektor pun terbagi dalam dua sistem yang berbeda yaitu *Image Intensifier* (II) yang memiliki tabung hampa yang besar untuk menangkap pola radiasi sinar-X yang dipancarkan melalui pasien yang dikonversi pada display, dan *Flat Panel Detector* (FPD) didominasi pada pesawat angiografi dan *Cath Lab*.

Program *Quality Control* adalah bagian dari *Quality Assurance* yang lebih luas dan komprehensif, program ini dirancang secara lebih spesifik dengan tujuan untuk memastikan bahwa peralatan radiologi intervensional layak operasional dan mampu menghasilkan informasi diagnostik yang sesuai. Program QC dalam radiologi intervensional meliputi teknik-teknik QC untuk menguji sistem komponen peralatan radiologi intervensional dan metode-metode untuk melakukan verifikasi hasil uji (AAPM 04).

II. METODE PENELITIAN

Uji kontrol kualitas pesawat radiologi intervensional pada penelitian ini berdasarkan standar Perka Bapeten nomor 9 tahun 2012 dan *NSW EPA Guidelines* untuk sistem fluoroskopi dengan tabung sinar-X di bawah meja. Pengujian ini meliputi uji kolimasi, generator dan tabung sinar-X, dosimetri dan kualitas citra.

II. 1 Uji Kolimasi

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kesesuaian kolimasi berkas sinar-X dengan ukuran FPD dan ukuran FPD dengan monitor. Untuk memeriksa kesesuaian berkas sinar-X dengan ukuran FPD, film CR diletakkan di atas fantom PMMA sedekat mungkin dengan FPD pada jarak *Source Image to Distance* (SID) minimum. Untuk memudahkan evaluasi magnifikasi, diletakkan marker

berupa koin pada CR. Faktor eksposi dipilih secara otomatis sesuai ketebalan fantom dengan pengaturan FoV yang maksimum sesuai aplikasi klinis. Setelah dihasilkan citra, evaluasi dilakukan pada monitor *reader* CR.

Untuk memeriksa kesesuaian antara ukuran FPD dan monitor, TO. M1 diletakkan di bawah fantom PMMA dengan ketebalan 17,5 cm pada jarak setengah dari SID maksimum. Faktor eksposi dipilih secara otomatis sesuai ketebalan fantom dengan mode cine pada semua ukuran FoV. Setelah dihasilkan citra, evaluasi dilakukan secara langsung pada monitor display.

II. 2 Uji Generator dan Tabung Sinar-X

Uji generator dan tabung sinar-X meliputi akurasi tegangan (kVp) dan waktu, reproduksibilitas (tegangan, laju kerma udara, dan waktu), linearitas kerma udara terhadap mAs, kualitas berkas sinar-X (HVL), dan kebocoran wadah tabung. Untuk memeriksa generator dan tabung sinar-X, detektor R/F unfors Xi diletakkan di bawah fantom PMMA dengan berbagai variasi ketebalan yaitu 5 cm, 10 cm, 12,5 cm, 15 cm dan 17,5 cm pada SID 100 cm. Faktor eksposi dipilih secara otomatis sesuai ketebalan fantom PMMA dengan pengaturan kolimasi sesuai ukuran detektor. Pengaturan pengujian ditunjukkan pada Gambar III.4. Untuk memeriksa kebocoran wadah tabung, detektor survey unfors Xi diletakkan pada penyangga dengan jarak 100 cm dari tabung sinar-X dan menutup kolimator tabung sinar-X dengan 1 mmPb. Pengukuran dilakukan pada tiga posisi yaitu sisi anoda, sisi katoda dan sisi depan.

II. 3 Uji Dosimetri

Uji dosimetri meliputi laju kerma udara, dosis permukaan FPD dan dosis permukaan pasien. Untuk memeriksa laju

kerma udara, detektor R/F unfors Xi diletakkan di atas meja pasien pada SID 90 cm dan SDD 67 cm. Untuk melindungi FPD dari penyinaran langsung, digunakan lembaran Pb 1 mm pada FPD. Faktor eksposi dipilih secara otomatis pada semua ukuran FoV dengan kondisi lapangan dibuka penuh. Untuk memeriksa dosis permukaan FPD, detektor unfors Xi diletakkan pada permukaan FPD dengan SID 100 cm. Untuk menentukan faktor eksposi, kolimator tabung sinar-X di tutup dengan 2 mmCu. Pengukuran ini dilakukan pada semua ukuran FoV dengan kondisi lapangan dibuka penuh. Untuk memeriksa dosis permukaan pasien, detektor R/F unfors Xi diletakkan di bawah fantom PMMA dengan ketebalan 17,5 cm pada SID 100 cm dan SDD 75 cm. Faktor eksposi dipilih secara otomatis pada semua ukuran FoV dan laju frame dengan kondisi lapangan dibuka penuh. Ukuran FoV dan laju frame masing-masing pesawat.

III. Uji Kualitas Citra

Parameter pengujian kualitas citra meliputi sensitivitas kontras rendah, detail ambang kontras dan resolusi spasial. Untuk memeriksa sensitivitas kontras rendah, TO. N3 diletakkan sedekat mungkin dengan permukaan FPD di atas fantom PMMA setebal 10 cm pada SID 100 cm. Faktor eksposi dipilih secara otomatis sesuai ketebalan fantom PMMA dengan mode cine pada pengaturan FoV yang maksimum sesuai aplikasi klinis. Dengan pengaturan yang sama juga dilakukan pengujian detail ambang kontras menggunakan TO. 10 dan resolusi spasial menggunakan TO. Type 18. Setelah dihasilkan citra, evaluasi dilakukan baik secara langsung pada monitor displai maupun secara tidak langsung menggunakan perangkat lunak *ImageJ*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua hasil pengujian yang berkaitan dengan generator dan tabung sinar-X dievaluasi berdasarkan Perka Bapeten nomor 9 tahun 2012 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional. Untuk hasil pengukuran dosimetri, selain dievaluasi berdasarkan standar Perka di atas juga mengacu pada *NSW EPA Guidelines*. Untuk hasil pengujian kualitas citra, oleh karena belum pernah dilakukan pengujian sebelumnya maka hasil ini dapat digunakan sebagai *baseline*.

III.1 Uji Kolimasi

Hasil pengujian kolimasi kesesuaian antara kolimasi berkas sinar-X dengan ukuran FPD dapat di lihat pada Tabel III.1 dan kesesuaian antara ukuran FPD dengan kolimasi berkas sinar-X pada monitor pada Tabel IV.2.

Tabel III.1 Hasil Pengujian Kesesuaian antara Kolimasi Berkas Sinar-X dengan Ukuran FPD Pesawat.

Nama Pesawat	Pengaturan		Hasil Ukur Jarak		%Δ Vertikal	%Δ Horizontal
	FoV (cm)	SID (cm)	Vertikal (cm)	Horisontal (cm)		
Pesawat I	25	85	15,882	16,412	0,101	0,095
Pesawat II	20	90	19,318	20,422	0,008	0,005
Pesawat III	20	90	16,941	18,000	0,034	0,022

Pengujian kesesuaian antara kolimasi berkas sinar-X dengan ukuran FPD dilakukan dengan FoV maksimum dan SID minimum tiap pesawat. Pengamatan dilakukan dengan mengukur jarak vertikal dan horisontal lapangan berkas sinar-X pada monitor CR *reader*. Dari hasil pengujian pada pesawat I, II, dan III penyimpangan maksimum yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,101 %, 0,095 %, 0,034 %. Jika dibandingkan dengan pedoman yang digunakan Perka Bapeten nomor 9 tahun 2012 nilai penyimpangan tidak

boleh melebihi 1 % SID. Dengan demikian, pesawat I, II dan III memenuhi batas penyimpangan.

Pengujian kesesuaian antara ukuran FPD dengan kolimasi berkas sinar-X pada monitor pesawat dilakukan dengan semua ukuran FoV dan SID maksimum tiap pesawat. Pengamatan dilakukan dengan mengukur jarak vertikal dan horisontal lapangan berkas sinar-X pada monitor displai. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 2, dengan nilai FoV pada panel tidak jauh berbeda dengan nilai FoV terukur yang dapat dihitung dengan faktor magnifikasi.

Tabel III.2 Hasil Pengujian Kesesuaian antara Ukuran FPD dengan Kolimasi Berkas Sinar-X pada Monitor Pesawat.

Nama Pesawat	Pengaturan			Hasil Ukur		%Δ Vertikal	%Δ Horisontal
	Test Object	SID (cm)	FoV (cm)	Vertikal (cm)	Horisontal (cm)		
Pesawat I	M1	119	15	11,167	11,167	0,032	0,032
			20	13,400	13,400	0,055	0,055
			25	17,867	17,867	0,059	0,059
Pesawat II	M1	120	12	11,436	10,870	0,005	0,009
			15	13,572	13,067	0,012	0,016
			17	16,449	15,692	0,005	0,011
			20	18,646	18,214	0,011	0,015
Pesawat III	M1	120	10	7,165	7,160	0,025	0,024
			16	11,208	11,208	0,040	0,040
			20	14,513	14,513	0,046	0,046
			25	17,968	17,968	0,059	0,059

Dari Tabel III.2 dapat diamati pengujian kesesuaian antara ukuran FPD dengan kolimasi berkas sinar-X pada monitor, diperoleh nilai penyimpangan maksimum pada pesawat I, II, dan III berturut-turut sebesar 0,059 %, 0,016 %, dan 0,059 %. Jika dibandingkan dengan Perka Bapeten nomor 9 tahun 2012 pada pesawat I, II, dan III nilai penyimpangan yang diperoleh lolos dari batas toleransi sebesar 10 % SID.

III.2 Uji Generator dan Tabung Sinar-X

III.2.1 Akurasi Tegangan

Tabel III.3 Hasil Pengujian Akurasi Tegangan Pesawat

Nama Pesawat	kVp Ukur	% Error
Pesawat I	79,57	7,52
	87,65	6,90
	93,35	8,55
	96,17	5,68
Pesawat II	72,98	8,93
	78,87	9,54
	79,23	5,64
	88,71	5,60
Pesawat III	70,04	0,06
	76,29	0,25
	83,16	0,31
	89,39	0,68
	99,81	1,95

Dari Tabel III.3 dapat diamati hasil pengujian akurasi tegangan pada pesawat I, II, dan III memiliki nilai minimum berturut-turut sebesar 5,68 %, 5,60 %, dan 0,06 % sedangkan nilai maksimum berturut-turut sebesar 8,55 %, 9,54 %, dan 1,95 %.

III.2.2 Akurasi Waktu

Tabel III.4 Hasil Pengujian Akurasi Waktu Pesawat

Nama Pesawat	Waktu Panel	Waktu Ukur	% Error
Pesawat I	4	3,99	4,96
	5	4,67	6,56
Pesawat II	4	4,21	6,12
	5	4,82	3,66
	6	5,81	3,19
Pesawat III	10	9,94	2,65
	15	14,47	3,53

Dari tabel III.4 dapat diamati bahwa nilai penyimpangan minimum pada pesawat I, II, dan III berturut-turut sebesar 4,96 %, 3,19 %, dan 2,65 %, sedangkan nilai penyimpangan maksimum berturut-turut sebesar 6,56 %, 6,12 %, dan 3,53 %.

III.2.3 Reprodusibilitas

Tabel III.5 Hasil Pengujian Reprodusibilitas Pesawat

Jenis Pesawat dan Pengaturan	Hasil Uji			
	Ulangan Ke-	kV	Laju Kerma Udara (μGy/s)	Waktu (s)
Pesawat I (86 kVp, 8,2 mA, 10 s)	1	92,61	154,00	0,07
	2	92,65	153,50	0,07
	3	92,85	154,30	0,07
	4	92,74	153,60	0,07
	5	92,57	153,70	0,07
	Rerata	92,6840	153,8200	0,0663
	Standar Deviasi (SD)	0,1122	0,3271	0,0002
	Kofisien Variasi (CV)	0,0012	0,0021	0,0034
Pesawat II (72 kVp, 10,1 mA, 10 s)	1	78,18	71,71	1,09
	2	77,64	70,79	1,10
	3	77,28	70,39	1,10
	4	76,95	70,22	1,10
	Rerata	77,5115	70,7775	1,0952
	Standar Deviasi (SD)	0,5257	0,6660	0,0034
	Kofisien Variasi (CV)	0,0068	0,0094	0,0031
Pesawat III (70 kVp, 8,3 mA, 10 s)	1	69,57	483,30	9,94
	2	69,96	482,70	9,81
	3	69,77	482,00	10,01
	Rerata	69,7667	482,6667	9,9183
	Standar Deviasi (SD)	0,1950	0,6506	0,1036
	Kofisien Variasi (CV)	0,0028	0,0013	0,0104

Dari hasil pengujian reprodusibilitas diperoleh pada pesawat I koefisien variasi tegangan 0,0012 laju kerma udara yaitu 0,0021 dan waktu yaitu 0,0034, pada pesawat II koefisien variasi tegangan yaitu 0,0068, laju kerma udara yaitu 0,0094 dan waktu yaitu 0,0031 sedangkan pada pesawat III koefisien variasi tegangan yaitu 0,0028, laju

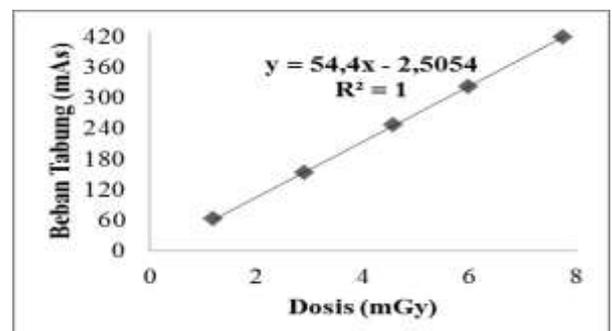
kerma udara yaitu 0,0013 dan waktu yaitu 0,0104.

III.2.4 Linearitas Keluaran Radiasi

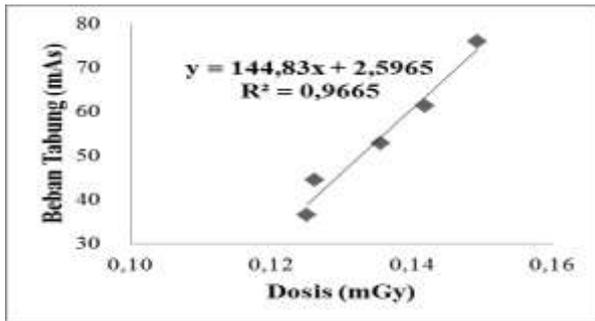
Tabel III.6 Hasil Linearitas Keluaran Radiasi Pesawat

Nama Pesawat	Hasil Uji			
	kV	mGy	mAs	mGy/mAs
Pesawat I	92,57	1,20	63,44	0,019
	92,26	2,90	154,08	0,019
	92,02	4,58	246,59	0,019
	92,70	5,98	322,37	0,019
	92,35	7,74	419,07	0,018
	Koefisien Linieritas (CL)			
Pesawat II	78,87	0,26	44,51	0,006
	77,64	0,25	36,51	0,007
	77,28	0,42	61,22	0,007
	76,95	0,36	52,80	0,007
	75,41	0,49	75,95	0,007
	Koefisien Linieritas (CL)			
Pesawat III	69,77	4,85	2045,04	0,002
	69,72	9,80	4145,04	0,002
	69,93	14,51	6141,95	0,002
	69,85	19,62	8310,78	0,002
	69,78	24,10	10210,95	0,002
	Koefisien Linieritas (CL)			

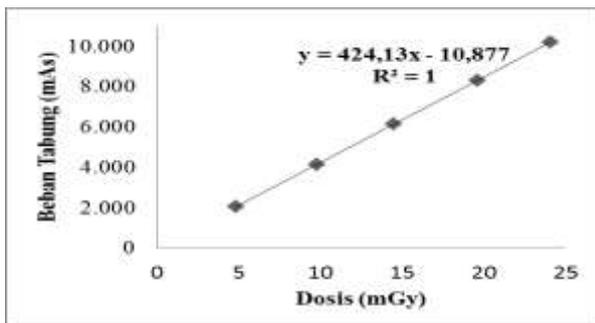
Dari Tabel III.6 dapat diamat hasil pengujian koefisien linearitas pada pesawat I yaitu 0,019, pada pesawat II yaitu 0,007, dan pesawat III yaitu 0,002.



Gambar III.1 Grafik Linearitas Keluaran Radiasi Pesawat I



Gambar III.2 Grafik Linearitas Keluaran Radiasi Pesawat II



Gambar III.3 Grafik Linearitas Keluaran Radiasi Pesawat III

Ketiga grafik di atas menunjukkan linearitas keluaran radiasi hubungan antara beban tabung (mAs) terhadap dosis (mGy) pada pesawat I dan III ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 1$ dan pesawat II ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,9665$.

III.2.5 Kualitas Berkas Sinar-X (HVL)

Tabel III.7 Hasil Pengujian Kualitas Berkas Sinar-X Pesawat

Nama Pesawat	kVp Panel	HVL (mmAl)
Pesawat I	74,00	5,34
	82,00	6,19
	91,00	6,90
Pesawat II	64,00	6,25
	72,00	7,68
	80,00	7,88
Pesawat III	70,00	5,12
	82,80	6,10
	90,00	6,63
	101,80	7,28

Pada Tabel III.7 dapat diamati hasil pengujian kualitas berkas sinar-X pada tiap pesawat, secara berturut-turut HVL minimal pesawat I, II, dan III yaitu 5,34 mmAl, 6,25 mmAl, dan 5,12 mmAl sedangkan HVL maksimal yaitu 6,90 mmAl, 7,88 mmAl, dan 7,28 mmAl.

III.2.6 Kebocoran Wadah Tabung

Tabel III.9 Hasil Pengujian Kebocoran Wadah Tabung Pesawat

Dari pengujian kebocoran wadah tabung diperoleh nilai paparan pada sisi anoda, sisi katoda, dan sisi depan berturut-turut sebesar 0,084 mGy/h, 0,090 mGy/h dan 0,017 mGy/h pada pesawat I, 0,034 mGy/h, 0,012 mGy/h dan 0,019 mGy/h pada pesawat II, dan 0,003 mGy/h, 0,007 mGy/h dan 0,018 mGy/h pada pesawat III.

Nama Pesawat	Hasil Uji				
	Sisi	kV	mA	$\mu\text{Gy/h}$	mGy/h
Pesawat I	1	120	15,200	84,270	0,084
	2		15,300	90,390	0,090
	3		15,300	17,230	0,017
Pesawat II	1	120	14,400	34,240	0,034
	2		14,400	11,600	0,012
	3		14,400	19,360	0,019
Pesawat III	1	125	135,800	3,479	0,003
	2		137,800	7,267	0,007
	3		145,000	18,240	0,018

III.3 Dosimetri

III.3.1 Laju Kerma Udara

Tabel III.10 Hasil Pengujian Laju Kerma Udara Pesawat

Nama Pesawat	Pengaturan				kV	Laju Kerma (mGy/menit)
	FoV	kV	mA	Waktu (s)		
Pesawat I	15	120	10,4	10	139,39	27,48
	20		7,3	10	139,85	27,61
	25		7,2	10	139,47	31,84
Pesawat II	15	116	8,4	5	121,38	54,16
	17	115	8,6	5	125,57	54,38
	20	115	8,7	5	121,52	54,06
Pesawat III	16	125	156,5	18	119,31	48,21
	20		156,6	10	120,70	49,03
	25		156,4	10	120,90	49,55

Dapat dilihat nilai minimum pada tiap pesawat I, II, dan III berturut-turut 27,48 mGy/menit, 54,06 mGy/menit, dan 49,03 mGy/menit sedangkan nilai maksimum berturut-turut 31,84 mGy/menit, 54,38 mGy/menit, dan 49,55 mGy/menit.

III.3.2 Dosis Permukaan Flat Panel Detector (FPD)

Tabel III.11 Hasil Pengujian Dosis Permukaan FPD Pesawat

Nama Pesawat	Pengaturan			Dosis FPD (μ Gy/menit)
	kV	mA	FoV (cm)	
Pesawat I	76	5,7	25	38,90
	794	6,5	20	90,37
	82	7,1	15	129,80
Pesawat II	66	8,6	20	49,50
	67	9,1	17	59,53
	68	9,4	15	74,07
Pesawat III	65	152	25	26,67
	67	241,3	20	61,43
	68,4	200,2	16	101,90

Dari Tabel III.11 dapat diamati, apabila ukuran FoV semakin besar maka dosis yang dihasilkan permukaan FPD semakin kecil. Adapun hasil pengujian dosis FPD apabila

dibandingkan dengan peraturan NSW EPA Guidelines pada pesawat I terdapat dosis yang melebihi batas yaitu pada FoV 15 cm dan 20 cm dengan dosis 90,37 μ Gy/menit dan 129,80 μ Gy/menit, pesawat II semua dosis FPD masih dalam batas toleransi dengan dosis FPD maksimum pada FoV 15 cm dengan dosis 74,07 μ Gy/menit, pada pesawat III terdapat dosis yang melebihi batas yaitu pada FoV 20 cm dengan dosis 101,90 μ Gy/menit. Hal ini disebabkan dengan penggunaan faktor koreksi grid.

III.3.3 Dosis Permukaan Pasien

Tabel III.12 Hasil Pengujian Dosis Permukaan Pasien

Nama Pesawat	Dose Rate (mGy/s)	ESD (mGy/menit)
Pesawat I	0,29	17,45
	0,19	11,46
	0,12	7,18
	0,29	17,77
Pesawat II	0,26	15,59
	0,19	11,22
	0,10	6,21
	0,24	14,23
	0,29	17,25
Pesawat III	0,30	18,28
	0,17	9,94
	0,04	2,24
	0,02	1,38
	0,45	26,96
	0,22	13,22

Dari tabel III.12 dapat diamati bahwa dosis permukaan kulit yang diterima pasien bervariasi yang tergantung pada frame per second (fps). Dimana penelitian ini memperoleh hasil dosis permukaan kulit dengan semakin tinggi frame per second (fps) maka semakin tinggi pula Entrance Skin Dose (ESD) yang diterima.

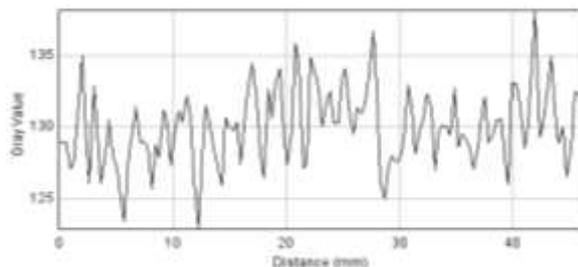
III.4 Kualitas Citra

Tabel III.13 Hasil Pengujian Kualitas Citra Pesawat

Nama Pesawat	Pengaturan		Hasil Uji Kontras	
	Test Object	FoV	Visual	ImageJ
Pesawat I	N3	25	2,3 %	2,3 %
	10		0,23	0,66
	Type 18		1,8 LP/mm	1,6 LP/mm
Pesawat II	N3	20	1,3 %	1,8 %
	10		0,16	0,5
	Type 18		1,4 LP/mm	1,8 LP/mm
Pesawat III	N3	25	2,3 %	1,1 %
	10		0,23	0,086
	Type 18		1,8 LP/mm	1,6 LP/mm

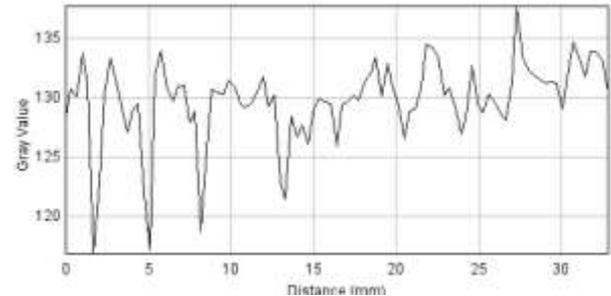
Dari Tabel III.13 di atas dapat diamati hasil kualitas citra pada tiap pesawat II baik pengamatan secara visual maupun dengan *ImageJ*. Hasil pengamatan sensitivitas kontras rendah secara visual terlihat pada kontras 1,3 % sedangkan dengan *ImageJ* pada kontras 1,8 %, detail ambang kontras secara visual terlihat pada kontras 0,16 dengan *ImageJ* pada kontras 0,5, dan resolusi spasial secara visual terlihat pada kontras 1,4 LP/mm sedangkan dengan *ImageJ* terlihat pada kontras 1,6 LP/mm. Semakin kecil jumlah kontras yang terlihat baik maka hal tersebut menunjukkan bahwa kontras tersebut semakin bagus.

Gambar III.4 menunjukkan hasil pengolahan citra dengan software *ImageJ* pada pesawat I.



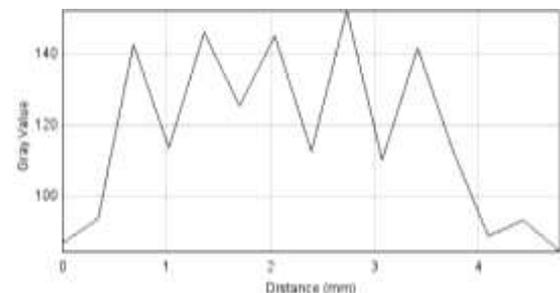
Gambar III.4 Grafik batas ambang kontras TO. N3 yang terlihat pada pesawat I

Untuk TO. N3 bertujuan menilai sensitivitas kontras rendah pada Gambar III.4 grafik menunjukkan batas ambang kontras terlihat yang ditunjukkan pada jarak 0 – 15 mm dengan nilai keabuan masih di bawah nilai 125 sedangkan pada jarak 30 – 45 mm dengan nilai keabuan berada di atas nilai 125.



Gambar III.5 Grafik batas ambang kontras TO. 10 yang terlihat pada pesawat I

Untuk TO. 10 bertujuan menilai detail ambang kontras pada Gambar III.5 grafik menunjukkan batas ambang kontras terlihat yang ditunjukkan pada jarak 0 – 15 mm dengan nilai keabuan masih di bawah nilai 125 sedangkan pada *distance* 15 – 45 mm *gray value* berada di atas nilai 125.



Gambar III.6 Grafik batas ambang kontras TO.Type 18 yang terlihat pada pesawat I

Untuk TO. Type 18 bertujuan menilai resolusi paersial yang ditunjukkan oleh perbandingan masing-masing grafik. Pada Gambar III.6 grafik menunjukkan batas ambang kontras yang terlihat ditunjukkan dengan lima puncak yang bagus pada grafik.

IV. Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan uji kontrol kualitas tiga pesawat dengan spesifikasi berbeda yang hasilnya dapat disimpulkan, sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengamatan hasil pengujian sesuai dengan Perka Bapeten nomor 9 tahun 2012 dan *NSW EPA Guidelines* secara umum hasil pengujian ketiga pesawat memiliki kualitas yang cukup baik, ditinjau dalam hal generator dan tabung, dosimetri dan kualitas citra.
2. Hasil analisa pesawat I, II, dan III terhadap nilai keluaran radiasi pada pesawat III menghasilkan nilai mA yang tinggi, pada reproduksibilitas menghasilkan nilai laju kerma udara yang tinggi, dan pada pengujian dosimetri menghasilkan nilai mA yang tinggi, hal ini disebabkan karena pesawat III khusus digunakan untuk pemeriksaan pediatrik (anak-anak) menggunakan kVp rendah untuk meningkatkan kontras citra dan mA tinggi untuk mendapatkan kualitas citra yang baik pada monitor displai.

DAFTAR PUSTAKA

- AAPM REPORT NO. 04. *Basic Quality Control in Diagnostik Radiology*. American Association of Physicists in Medicine. November 1977.
- AAPM REPORT NO. 12. *Evaluation of Radiation Exposure Levels in Cine Cardiac Catheterization Laboratories*. American Association of Physicists in Medicine. Januari 1984.
- AAPM REPORT NO. 70. *Cardiac Catheterization Equipment Performance*. American Association of Physicists in Medicine. Januari 2001.
- AAPM REPORT NO. 74. *Quality Control in Diagnostic Radiology*. American Association of Physicists in Medicine. July 2002.
- AAPM REPORT NO. 125. *Functionality and Operation of Fluoroscopic Automatic Brightness Control/Automatic Dose Rate Control Logic in Modern Cardiovascular and Interventional Angiography System*. American Association of Physicists in Medicine. Juni 2012.
- AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents : *Physics of Flat-Panel Fluoroscopy System. Survey of Modern Fluoroscopy Imaging : Flat Panel Detector Versus Image Intensifier and More*. April 2011.
- BAPETEN. 2011. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*. Diunduh di http://www.bapeten.go.id/sjdih/index.php?modul=doc&menu=view&kat_id=2&lid=7&ff=123/, tanggal 2 April 2013.
- National Cancer Institute. *Interventional Fluoroscopy Reducing Radiation Risk for Patient and Staff*. The Society of Interventional Radiologi. Diunduh di <http://www.cancer.gov/cancertopics/causes/radiation/interventionalfluoroscopy/InterventionalFluor.pdf>, tanggal 24 Juni 2013
- NCRP REPORT NO. 147. *Structure Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities*. November 2004
- RSNA. 2011. *Vascular Access Procedures*. Diunduh di http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=vasc_access/, tanggal 2 April 2013.
- Radiation Guideline 6. *Registration Requirements & Industry Best Practise for Ionising Radiation Apparatus Used in Diagnostic Imaging. Fluoroscopy and*

Radiography. Deapartement of
Environment and Conservation (NSW).
August 1999.

Suyati dan Akhadi, M. *Mengukur Kualitas
Radiasi Keluaran Pesawat Sinar-
X, Buletin ALARA* Vol. 2(2), PSPKR-
BATAN, Jakarta. Desember 1998.

Unfors. *Unfors Xi User's Manual*. 2007