

# PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SCANNER VIDAR DOSIMETRYPRO ADVANTAGE DAN EPSON PERFECTIO V700 BERBASIS DOSIMETRI FILM RADIOCHROMIC EBT2

Ari Surya Miharja<sup>1\*)</sup>, Supriyanto Ardjo Pawiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424

\*) Email: ari.surya@ui.ac.id

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan karakteristik dasar dari *scanner* yang digunakan untuk dosimetri film radiochromic EBT2. Dalam penelitian ini digunakan *scanner* Vidar DosimetryPro Advantage dan Epson Perfection V700. Pengujian yang dilakukan meliputi uji konsistensi *scanner*, uji variasi *film to film*, uji uniformitas *scanner*, uji efek orientasi film, uji suhu ruang penyimpanan film, uji *fading* film dan uji *noise* film/*scanner*. *Scanner* diuji menggunakan film EBT2 yang telah dipapar radiasi menggunakan Linac dengan modalitas foton 6 MV. Film mempunyai 8 buah lapangan berukuran 3 cm x 3 cm dengan dosis dari 31,31 – 250,48 cGy. *Software* yang digunakan untuk menganalisa hasil bacaan *scanner* adalah ImageJ dan FilmQA Pro. Dari hasil pengujian didapatkan konsistensi Vidar mode *Logarithmic* lebih baik dengan standar deviasi (SD) kurang dari 0,06%, sedangkan standar deviasi Epson mencapai 0,40%. Uniformitas Vidar juga lebih baik dengan SD kurang dari 0,76% dibandingkan Epson yang mencapai 1,16%. Orientasi film cukup berpengaruh terhadap hasil bacaan, terutama pada Epson, sehingga orientasi film harus konstan selama pemindaian. Performa Vidar secara keseluruhan lebih bagus daripada Epson terutama saat *red channel* saja yang dianalisa.

**Kata kunci** : *film radiochromic EBT2*, *film scanner*, *Vidar DosimetryPro Advantage*, *Epson Perfection V700*, *film dosimetri*.

## 1. Pendahuluan

Film GafChromic EBT2 (GAF-EBT2: International Speciality Products, Wayne, NJ) sebagai film radiochromic sering digunakan untuk radioterapi dan memiliki rentang dosis serap mencapai 0,01 – 40 Gy. Film ini dapat diukur dengan densitometer transmisi, pemindai film, atau spektrofotometer. Ketika bagian komponen aktif film terpapar radiasi, maka akan terbentuk polimer berwarna biru dengan absorpsi maksimum sekitar 636 nm dan 585 nm. Akibatnya tanggapan dari film dosimetri ditingkatkan oleh pengukuran dengan sinar merah karena sinar warna merah memiliki panjang gelombang dengan jangkauan sekitar 630 – 760 nm. Tanggapan terbaik terhadap film akan didapatkan jika film dipindai dengan mode transmisi. Selain itu tanggapan spektral dari alat pindai harus cocok dengan absorbansi dari film [1].

Saat ini ada dua tipe alat pindai yang biasa digunakan untuk dosimetri film, *scanner* khusus film radiochromic dan *flatbed document scanner*. Salah satu contoh alat pindai khusus film radiochromic adalah Vidar DosimetryPro Advantage (RED) dengan sumber cahaya LED merah. Bila dibandingkan dengan alat pindai lain, salah satu kelebihanya yaitu LED pada alat ini memiliki emisi maksimum dengan panjang gelombang mendekati 630 nm sehingga sangat cocok dengan spectral maksimum film EBT2 (Lewis). Meskipun tidak dirancang secara khusus

untuk dosimetri film radiochromic, *flatbed document scanner* sebelumnya sudah sering digunakan untuk pengukuran di berbagai aplikasi dosimetri film. Salah satu jenis *flatbed document scanner* yang menangkap warna dengan rinci dan presisi yaitu *scanner* EPSON dengan tipe Perfection V700. Alat pindai ini menghasilkan akurasi dan reproduibilitas yang bagus sehingga sangat direkomendasikan untuk digunakan [2]. Hasil yang didapatkan dari kedua *scanner* tersebut dapat diolah dengan menggunakan beberapa *software* seperti *Image processing and analysis in Java* (ImageJ) dan FilmQA Pro. Kedua *software* tersebut dapat menampilkan *pixel value* yang dibutuhkan untuk menganalisa hasil pemindaian film yang dilakukan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Scanner

*Scanner* yang diuji pada penelitian ini adalah Vidar DosimetryPro Advatage dan Epson Perfection V700 seperti terlihat pada Gambar 1. Meskipun tidak dirancang khusus untuk dosimetri film radiochromic seperti Vidar, menurut beberapa penelitian performa Epson untuk kebutuhan dosimetri cukup memuaskan sehingga dapat menggantikan fungsi dari *scanner* khusus film radiochromic seperti Vidar [2,3]. Vidar menggunakan detektor CCD linier dan sumber cahaya LED dengan emisi maksimum 627 nm. Sumber cahaya ini sangat cocok dengan absorpsi puncak dari film EBT 2 yakni 635 nm [1].



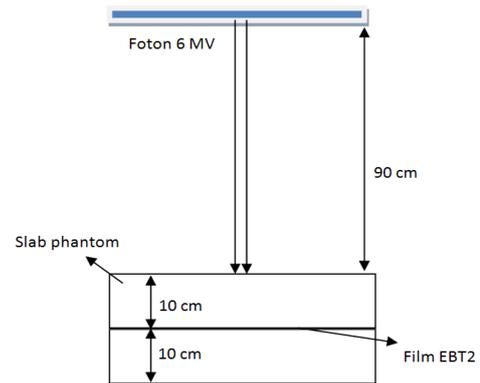
**Gambar 1.** Scanner Vidar DosimetryPro Advantage (kiri) dan Epson Perfection V700.

Scanner Vidar mampu memindai film dengan dimensi maksimum 35,6 cm x 43,2 cm. Film yang dipindai nantinya akan bergerak, sehingga film harus dipindahkan lagi secara manual untuk melakukan pemindaian ulang. Hal ini menyebabkan pemindaian ulang film pada posisi yang persis sama tidak bisa dilakukan. Vidar memiliki kemampuan untuk melakukan pemanasan secara otomatis dan rutin untuk memastikan bahwa sumber cahaya selalu siap dan stabil untuk setiap pemindaian. Epson V700 menggunakan sumber cahaya fluoresens dengan spektrum emisi *broadband* dan detektor CCD linier. Untuk dosimetri film, mode yang digunakan adalah mode transmisi. Epson V700 tidak memiliki kemampuan untuk melakukan kalibrasi secara otomatis seperti Vidar. Namun, sumber cahaya pada V700 diasumsikan telah stabil setelah dilakukan beberapa pemindaian awal tersebut [3].

## 2.2. Film Uji

Film GafChromic EBT2 yang telah disiapkan akan dipapar dengan mengadaptasi teknik kalibrasi film yang dilakukan oleh Childress *et. al.*. Lapangan yang dibentuk ada delapan buah kotak dengan ukuran masing – masing lapangan 3 cm x 3 cm dengan variasi dosis antara 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 dan 240 MU seperti terlihat pada Gambar 3.8. Penyinaran dilakukan menggunakan Varian CLINAC RapidArc dengan modalitas foton berenergi 6 MV. Film diletakkan tegak lurus dengan arah datangnya sinar pada jarak 100 cm *source to axis distance* (SAD) dan pada kedalaman 10 cm *solid water* seperti yang terlihat pada Gambar 3. Keluaran energi yang dikeluarkan oleh Linac tersebut pada foton 6 MV adalah 1,0 cGy/MU. Oleh karena itu, pada dosis yang diterima masing – masing lapangan bervariasi antara 31,31 – 250,48 cGy.

Skema penyinaran yang lebih jelas terlihat pada Gambar 2. Penyinaran yang dilakukan adalah sama untuk tiap film. Penambahan 10 cm *solid water* lagi di bawah film bertujuan untuk menciptakan hamburan balik (*backscatter*). Penyinaran dilakukan dalam hari yang sama dan dengan selang waktu penyinaran tiap film tidak terlalu lama.

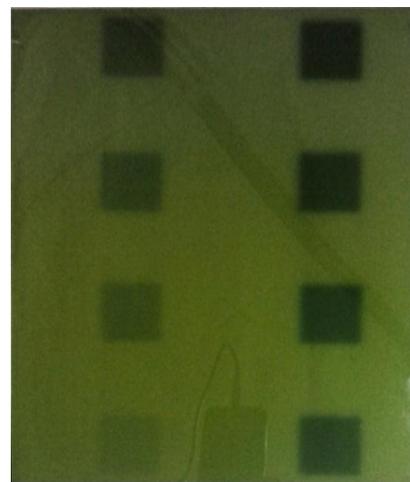


**Gambar 2.** Skema penyinaran film

## 2.3. Pemindaian Film

Film yang diuji (lihat Gambar 3) berukuran 20,3 cm x 25,4 cm dan lebih kecil daripada ukuran maksimum film yang dapat dipindai oleh kedua scanner yang digunakan. Pada Vidar, posisi film yang dipindai diletakkan di pojok kiri agar didapatkan posisi film yang lebih stabil saat dilakukan pemindaian. Ada sedikit perbedaan sekitar kurang dari dua persen saat film dipindai di bagian pinggir dan di bagian tengah [1]. Jika pada Vidar posisi film diletakkan di bagian pinggir, pada Epson V700 film yang dipindai diletakkan di bagian tengah *bed scanner*. Resolusi yang digunakan adalah 150 dpi untuk kedua scanner. Hal ini dilakukan untuk menyeimbangkan ukuran piksel yang kecil dengan peningkatan waktu pemindaian dan keseluruhan ukuran dari citra yang dihasilkan [3].

Pada saat memindai dengan Epson V700, dilakukan sepuluh pemindaian awal tanpa film untuk setiap sesi pemindaian. Hal ini dilakukan untuk menstabilkan sumber cahaya pada scanner. Selain itu juga, semua fitur terkait peningkatan gambar pada Epson dimatikan agar didapatkan data yang sesuai. Keseluruhan orientasi film saat pemindaian adalah *portrait* dan akan dianalisa menggunakan dua buah software yaitu ImageJ dan FilmQA Pro.



**Gambar 3.** Contoh film yang diuji

Gambar yang diperoleh dari kedua *scanner* kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ dan FilmQA Pro. Untuk setiap film yang telah dipapar akan diukur nilai piksel dengan area 5 mm x 5mm dari delapan lapangan radiasi yang ada. Area pengukuran tersebut sudah mampu memberikan statistik yang cukup bagus dan cukup kecil untuk menghindari efek penumbra yang ada di sekitar lapangan radiasi. Data yang sudah didapatkan kemudian nantinya diolah untuk dicari nilai standar deviasi dari tiap pengukuran menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

### 3. Pengujian Scanner

#### 3.1. Uji Konsistensi

Dalam pengujian konsistensi untuk masing – masing *scanner* dilakukan pemindaian terhadap satu buah film yang telah dipapar dan satu buah film yang belum dipapar. Proses pengujian ini dilakukan sekali tiap harinya dan berlangsung selama  $\pm 3$  bulan. Selain itu, pada salah satu hari juga dilakukan pengukuran terhadap film yang telah dipapar tersebut sebanyak sepuluh kali secara berurutan. Hal ini dilakukan untuk melihat konsistensi dari hasil pemindaian *scanner* pada film yang sama. Untuk setiap wilayah dosis akan diambil nilai rata – rata pikselnya. Pengujian ini juga akan melibatkan kesalahan yang dilakukan saat menentukan area ROI karena satu buah film yang sama digunakan untuk seluruh pemindaian sehingga standar deviasi yang didapatkan merupakan hasil dari pengukuran konsistensi *scanner* dan pemilihan lokasi dari ROI.

#### 3.2. Uji Uniformitas

Satu buah film EBT2 yang belum terpapar radiasi dipindai dengan orientasi *portrait* menggunakan kedua buah *scanner*. Profil horisontal dan vertikal diambil dari bagian tengah film dan rata – rata nilai piksel dihitung sepanjang profil tersebut. Tes ini mengasumsikan bahwa film yang belum dipapar memiliki densitas optik yang seragam pada seluruh bagian. Profil horisontal menggambarkan uniformitas dari kombinasi cahaya dan sistem detektor sepanjang daerah pemindaian. Profil vertikal dari film yang belum dipapar mengukur uniformitas dari tanggapan detektor dalam sebuah pemindaian dan stabilitas dari sumber cahaya berlawanan dengan bagian tertentu dari detektor.

#### 3.3. Uji Efek Orientasi Film

Densitas optik dari sebuah film EBT yang dipindai menggunakan *scanner* Vidar dan Epson mengalami perbedaan nilai ketika pemindaian dilakukan dengan orientasi film yang berbeda (Matney, 2010). Film EBT2 yang merupakan pengembangan dari film EBT pun perlu diperhatikan terkait efek orientasi film saat dipindai secara *portrait* maupun *landscape*. Orientasi *portrait*

didefinisikan sebagai bagian panjang film yang tegak lurus dengan sumber cahaya dari *scanner*. Di sisi lain, orientasi *landscape* ditentukan sebagai bagian panjang film yang paralel dengan sumber cahaya *scanner*. Tanggapan film pada area yang dipapar dalam kedua orientasi tersebut dibandingkan dalam perbedaan persen. Orientasi *portrait* digunakan sebagai referensi karena seluruh pemindaian lainnya dilakukan dengan orientasi ini.

#### 3.4. Uji Suhu Ruang Penyimpanan

Film EBT2 yang sudah dipapar sebaiknya disimpan dalam ruangan yang sama seperti saat sebelum dipapar. Namun, dalam penelitian kali ini akan dilihat perbedaan tanggapan film yang disimpan dalam ruangan berbeda selama  $\pm 1$  bulan. Perbedaan suhu diamati pada suhu ruangan 22°C dan 24°C. Pemindaian ini melibatkan dua buah film yang disimpan pada suhu ruangan 22 °C dan 24 °C.

#### 3.5. Uji Variasi Film to Film

Variasi diantara film dalam *batch* yang sama diukur untuk mengevaluasi sensitivitas *scanner* terhadap variasi film. Lima film yang digunakan ini sebelumnya dipapar secara berurutan dalam satu sesi untuk mengurangi variasi dari output Linac yang digunakan. Oleh karena itu, tiap film akan menerima dosis yang sama dalam tiap area lapangan yang sudah ditentukan. Untuk delapan lapangan yang ada, dilakukan pengukuran rata – rata tanggapan film dan standar deviasi dari tanggapan film. Perbandingan bacaan terhadap kelima buah film tersebut yang dijadikan acuan pengujian ini.

#### 3.6. Uji Fading Film

*Fading* dalam bahasa Indonesia diartikan sebagai pemudaran. Dalam penelitian ini, *fading* film dimaksudkan sebagai proses pengaburan warna dari film yang belum terpapar sebagai akibat dari pengaruh sumber cahaya yang dikeluarkan oleh *scanner* yang mengenai film tersebut. Dua buah film yang belum dipapar digunakan dengan masing – masing dipindai oleh Vidar dan Epson selama satu bulan.

#### 3.7. Uji Noise Film/Scanner

Lima buah film yang telah dipapar yang digunakan untuk menguji konsistensi *scanner* dan variasi *film to film* digunakan untuk pengukuran keseluruhan *noise*. Pengukuran *noise* ini menggabungkan variasi *scanner*, film dan penyinaran dan memberikan presisi dari pengukuran nilai piksel sebagai fungsi dosis. Pengukuran *noise* dari film/*scanner* diambil untuk menjadi standar deviasi dari seluruh piksel yang ada di pusat wilayah ROI 5 mm x 5 mm.

Dosis (MU)	ImageJ			FilmQA Pro		
	Log	Sqrt	Epson	Log	Sqrt	Epson
	Standar Deviasi (%)					
30	0.05	0.21	0.27	0.05	0.21	0.27
60	0.05	0.15	0.30	0.05	0.16	0.30
90	0.04	0.24	0.28	0.04	0.24	0.28
120	0.06	0.20	0.29	0.06	0.20	0.29
150	0.06	0.26	0.38	0.06	0.26	0.38
180	0.06	0.19	0.40	0.06	0.19	0.40
210	0.04	0.21	0.37	0.03	0.38	0.37
240	0.05	0.21	0.29	0.04	0.20	0.29

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Uji Konsisten

Hasil uji konsistensi dapat dilihat pada Tabel 1 menyatakan bahwa *scanner* Vidar dengan mode Logarithmic menghasilkan nilai standar deviasi yang lebih kecil yaitu sebesar 0,06% dibandingkan Vidar dengan mode SQRT dan Epson yang menghasilkan masing – masing nilai standar deviasi maksimum sebesar 0,38% dan 0,40%. Penurunan nilai piksel pada Vidar saat mode Logarithmic lebih sedikit dibandingkan dengan Vidar dengan mode SQRT dan Epson. Dapat disimpulkan bahwa antara Vidar SQRT dan Epson menghasilkan nilai bacaan yang mirip meskipun berbeda hasil bacaan nilai piksel. Pada Vidar, hal ini juga menandakan bahwa penggunaan mode yang berbeda menghasilkan pengaruh penurunan nilai piksel yang berbeda. Hal ini terjadi pada evaluasi terhadap film yang sudah dipapar dan film yang belum dipapar.

##### 4.2. Uji Uniformitas

Dari hasil analisa yang didapat menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro pada profil horisontal film terlihat ada artefak yang muncul terutama di bagian ujung kanan dan kiri film. Pada Vidar terlihat adanya non-uniformitas di bagian kiri film saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Hal ini terjadi karena proses pemindaian film yang dilakukan terhadap bagian sisi kiri Vidar. Rata – rata nilai pikselnya mencapai 40.243,25 dan 40.209,74 dengan menghasilkan standar deviasi sebesar 0,76 % dan 0,64 % saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Hal berbeda pada Epson terlihat adanya non-uniformitas di bagian kanan dan kiri film tetapi tidak di bagian tengah. Nilai rata – rata piksel yang didapatkan sebesar 37.939,89 dan 37.949,75 dengan standar deviasi sebesar 1,16 % dan 1,14 % saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro.

Pada uji uniformitas ini, dengan mengabaikan uniformitas dari film yang digunakan, terdapat non-uniformitas yang dihasilkan oleh *scanner* yang digunakan. Dari hasil didapatkan bahwa daerah pemindaian yang terbaik adalah bagian tengah

*scanner*. Non-uniformitas terbesar yang dihasilkan Vidar sebesar 0,76% sedangkan pada Epson sebesar 1,16%. Keduanya didapatkan dari profil horisontal. Hasil ini masih cukup baik karena menurut pabrik pembuatnya, film EBT2 memiliki variasi uniformitas sebesar  $\pm 1\%$ . Epson sebaiknya digunakan untuk memindai film dengan ukuran yang tidak terlalu besar sehingga dapat memaksimalkan bagian tengah dari *bed scanner*.

##### 4.3. Uji Efek Orientasi Film

Efek dari orientasi film ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan persentase perbedaan bacaan yang didapatkan karena perbedaan orientasi film saat dipindai. Nilai terbesar terdapat pada Epson dengan nilai suseptibilitas mencapai 10,65% saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Nilai suseptibilitas maksimum dari Vidar dengan mode *Logarithmic* dan SQRT mencapai 0,67% dan 3,02%. Nilai yang lebih besar pada Epson bisa terjadi karena proses analisa film hanya menyertakan *red channel* saja sehingga *channel* lain tidak dianalisa [3].

Pada pengujian efek orientasi film, Vidar memunculkan hasil yang jauh lebih bagus dibandingkan Epson, hal ini kemungkinan terjadi karena hanya dilakukan analisa terhadap *red channel* saja. Film hasil pemindaian menggunakan Epson menghasilkan gambar RGB yang berarti memiliki tiga buah channel yaitu *red*, *green* dan *blue*. Oleh karena itu, saat dilakukan *single channel dosimetry*, hasil yang maksimal tidak bisa didapatkan dari Epson.

Dosis (MU)	ImageJ		FilmQA Pro	
	Epson (%)	Vidar Sqrt (%)	Epson (%)	Vidar Sqrt (%)
30	6.83	-0.14	6.83	0.62
60	8.77	-0.37	8.77	0.78
90	6.40	-0.20	6.40	1.43
120	8.83	1.89	8.83	2.70
150	7.18	1.09	7.18	0.83
180	9.37	0.04	9.37	0.59
210	7.50	1.08	7.50	1.77
240	10.65	3.02	10.65	3.48

##### 4.4. Uji Suhu Ruang Penyimpanan

Nilai penurunan terbesar pada film yang dipindai dengan Vidar pada suhu 22 °C sebesar 881 dan 879 saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro, sedangkan pada Epson terjadi penurunan maksimum sebesar 955 dan 971. Lalu, pada suhu 24 °C terjadi penurunan maksimum sebesar 1393 dan 1379 saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Hal lain terjadi pada Epson dimana penurunan maksimum yang didapatkan sebesar 1435 dan 1327. Secara keseluruhan, perbedaan yang terbesar dihasilkan saat menggunakan Vidar, yaitu terdapat perbedaan sebesar  $\pm 514$  nilai piksel, sedangkan pada Epson terdapat perbedaan  $\pm 500$  nilai piksel. Hal ini menandakan bahwa suhu ruang penyimpanan film cukup berpengaruh terhadap hasil pemindaian meskipun masih berada pada rentang suhu yang disarankan.

#### 4.5. Uji Variasi *Film to Film*

Pengujian ini mirip dengan pengujian terhadap konsistensi *scanner*, hanya saja kali ini dilakukan pemindaian yang berulang dengan lima buah film yang berbeda. Hasil yang didapatkan sedikit berbeda, kali ini standar deviasi yang dihasilkan Vidar mencapai 0,22% dan 0,20% saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Di sisi lain, pada Epson mencapai 0,71% dan 0,73%. Hal ini menunjukkan bahwa bacaan terhadap tiap film pada batch yang sama juga memiliki perbedaan. Nilai ini akan berpengaruh terhadap penentuan kurva kalibrasi film yang berasal dari batch yang sama.

#### 4.6. Uji *Fading* Film

Pengujian *fading* film ini memunculkan nilai penurunan rata – rata piksel yang dilakukan terhadap dua buah *scanner*. Penurunan nilai pada Epson mencapai 700 piksel sedangkan pada Vidar mencapai hampir 900 piksel. Hal ini menunjukkan bahwa Vidar Sqrt memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap film yang belum dipapar. Pada Vidar Sqrt didapatkan rata – rata penurunan nilai piksel sebesar 251,84 dan 312,46 nilai piksel per pekan saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro. Nilai yang lebih kecil dihasilkan Epson dengan penurunan sebesar 193,93 dan 205,28 nilai piksel per pekan. Penurunan yang terjadi per pekannya pun semakin lama semakin berkurang, sehingga waktu pemindaian film memang cukup berpengaruh terhadap hasil bacaan nilai piksel film.

#### 4.7. Uji Noise Film/*Scanner*

Vidar menghasilkan nilai standar deviasi maksimum mencapai 0,33% dan 0,28% saat dianalisa menggunakan ImageJ dan FilmQA Pro, sedangkan pada Epson hanya mencapai 0,09% dan 0,10%. Nilai yang didapat pada Epson cukup berbeda dengan yang didapatkan pada penelitian sebelumnya yang juga menggunakan Epson V700, yaitu sebesar 0,30% [3]. Noise yang lebih besar pada Vidar kemungkinan besar disebabkan karena pada saat pemindaian film bergerak sehingga memungkinkan bergesernya posisi

film saat dipindai. Secara keseluruhan, *noise* yang didapatkan pada penelitian kali ini tentunya juga termasuk kepada kesalahan pada saat menentukan ROI sebesar 5 mm x 5 mm pada ImageJ dan FilmQA Pro. Penentuan area yang berbeda dapat menghasilkan bacaan nilai piksel yang berbeda sehingga akan menentukan nilai dosis yang ditentukan melalui kurva kalibrasi

## 5. Kesimpulan dan Saran

Secara keseluruhan Vidar DosimetryPro Advantage unggul dalam pengujian ini. Hasil yang didapatkan terkait uji konsistensi, uji variasi *film to film*, uji uniformitas dan uji efek orientasi film pada Vidar lebih bagus dibandingkan Epson Perfection V700. Epson hanya unggul pada uji noise film dengan menghasilkan noise dengan standar deviasi yang jauh lebih kecil. Pada uji *fading* film, Vidar DosimetryPro Advantage menghasilkan penurunan nilai piksel film sebesar 205,28 per pekan, sedangkan Epson V700 sebesar 193,93 nilai piksel per pekan. Hal ini diakibatkan pengaruh sumber cahaya yang dikeluarkan oleh *scanner*. Suhu ruang penyimpanan film juga cukup berpengaruh terhadap penurunan hasil bacaan nilai piksel film.

Untuk selanjutnya diperlukan pengujian menggunakan film EBT3 yang memiliki komposisi lapisan yang seimbang agar tidak menimbulkan ketidakpastian orientasi film saat dipindai. Selain itu juga berikan rentang dosis yang lebih besar lagi dari 250 cGy, bila perlu sampai 10 Gy serta lakukan pengujian dengan dpi yang berbeda. Variasi suhu ruang penyimpanan juga perlu dilakukan untuk melihat perbedaan hasil bacaan.

## Daftar Acuan

- [1] Lewis, D. F. *Performance of the Vidar ® Red LED Dosimetry Pro Advantage™: A scanner optimized for use with GAFCHROMIC ® EBT Dosimetry Film*. (2007). International Speciality Products: Wayne, NJ.
- [2] Alnawaf, H., Yu, P. K . N. & Butson, M. *Comparison of Epson scanner quality for radiochromic film evaluation*. Journal of Applied Clinical Medical Physics (2012), 13 (5), 314-321.
- [3] Matney, J. E., et al. *Evaluation of a commercial flatbed document scanner and radiographic film scanner for radiochromic EBT film dosimetry*. Vol 11, No 2. Medical Physics (2010).