

Metode *line profile*: Pendekatan terhadap evaluasi kuantitatif citra Computed Radiography thoraks pada pasien pediatrik

Halimah Harfah, Lukmanda Evan Lubis, Kristina Tri Wigati, Djarwani Soeharso Soejoko

Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia

E-mail: harfahhalimah@gmail.com

Received August 11 2017

Revised February 17 2018

Accepted for publication February 22 2018

Published March 05 2018

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan fisibilitas metode *line profile* sebagai metode evaluasi kuantitatif citra *computed radiography* thoraks pasien pediatrik. Sampel berupa 36 citra thoraks pediatrik yang terdiri dari 26 citra thoraks normal dan 10 citra thoraks abnormal, diperoleh dengan menggunakan sistem CR. *Line profile* dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *imageJ* dan dikuantisasi menggunakan *fortran 90*. Setiap *line profile* diberi enam perlakuan (metode) yang berbeda, yakni tanpa modifikasi nilai piksel (metode I), modifikasi nilai piksel menjadi kontras *region of interest* (ROI) tulang (metode II), modifikasi nilai piksel menjadi kontras ROI thoraks (metode III), normalisasi rentang nilai piksel (metode IV), normalisasi rentang nilai piksel dan modifikasi kontras ROI tulang (metode V), serta normalisasi rentang nilai piksel dan modifikasi kontras ROI thoraks (metode VI). Verifikasi metode dilakukan dengan menggunakan *coefficient of variation* (CoV). Metode terbaik dipilih dan digunakan sebagai acuan *line profile* normal yang akan dibandingkan dengan *line profile* citra abnormal. Untuk membandingkan secara kuantitatif *line profile* normal dan abnormal, diskrepansi (δ) digunakan sebagai parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *line profile* dengan menggunakan normalisasi rentang nilai piksel adalah metode yang memiliki fisibilitas untuk membedakan citra normal dan abnormal. Dari metode ini, kelainan dengan δ terkecil adalah *bronchitis* dan δ terbesar adalah *effusion*. Penelitian lanjutan diperlukan untuk meningkatkan fisibilitas metode ini untuk kasus abnormalitas lain.

Abstract: This study was aimed to demonstrate the feasibility of line profile method in quantitatively evaluating paediatric chest images acquired using computed radiography (CR). A sample of 36 paediatric chest images, which is 26 normal chest images and 10 abnormal chest images, were obtained using a CR system and were evaluated quantitatively using line profile. The method involves the use of imageJ software for profile setting and fortran 90 for quantifying the results. Each line profiles were subjected using six different quantization methods. These methods are pixel value without any modification (method I), pixel value modification with contrast of bone region of interest (ROI) (method II), pixel value modification with contrast of thorax ROI (method III), filtering pixel value range (method IV), filtering pixel value range with modification using bone ROI contrast (method V), as well as filtering pixel value range with modification using thorax ROI contrast (method VI). Methods were compared by means of their coefficient of variation (CoV). The best method for normal images was selected and was used to serve as baseline in distinguishing abnormal images. To quantitatively compare normal and abnormal line profile, discrepancy (δ) with the baseline set was used as parameter. Result shows that line profile method with pixel value range filtering method (method IV) was able to distinguish abnormal images. From this set of method, the abnormalities with the smallest δ and the greatest δ was bronchitis and effusion. More thorough studies are required to confirm and improve the feasibility of this method.

Kata kunci: *coefficient of variation, diskrepansi, nilai piksel, ROI thoraks, ROI tulang*

Keywords: *bone ROI, coefficient of variation, discrepancy, pixel value, thorax ROI*

1. Pendahuluan

Penggunaan radiologi diagnostik terutama dalam mencitrakan radiografi telah memainkan peranan penting dalam diagnosis dan manajemen pasien lebih dari 110 tahun.¹ Berdasarkan perkembangan teknologi, radiografi sinar-X terdiri dari radiografi konvensional dan radiografi digital. Kedua radiografi ini memiliki perbedaan pada reseptor dan pemrosesan citra. *Digital Radiography* (DR), terutama *computed radiography* (CR), pertama kali diperkenalkan hampir 30 tahun yang lalu dan sekarang telah dijadikan sebagai teknologi standar hampir di semua pusat radiologi.² *Computed radiography* (CR) saat ini merupakan modalitas pencitraan digital yang telah diterima bersamaan dengan diterimanya sistem DR.^{3,4} Keunggulan sistem CR dan DR dibandingkan teknologi *film-screen* telah banyak diakui.³⁻⁶ Di negara berkembang atau unit radiologi yang kecil, teknologi CR dapat menjadi pilihan pertama dibandingkan teknologi radiografi digital lain dikarenakan harga dan biaya pengoperasiannya yang relatif lebih murah.⁷

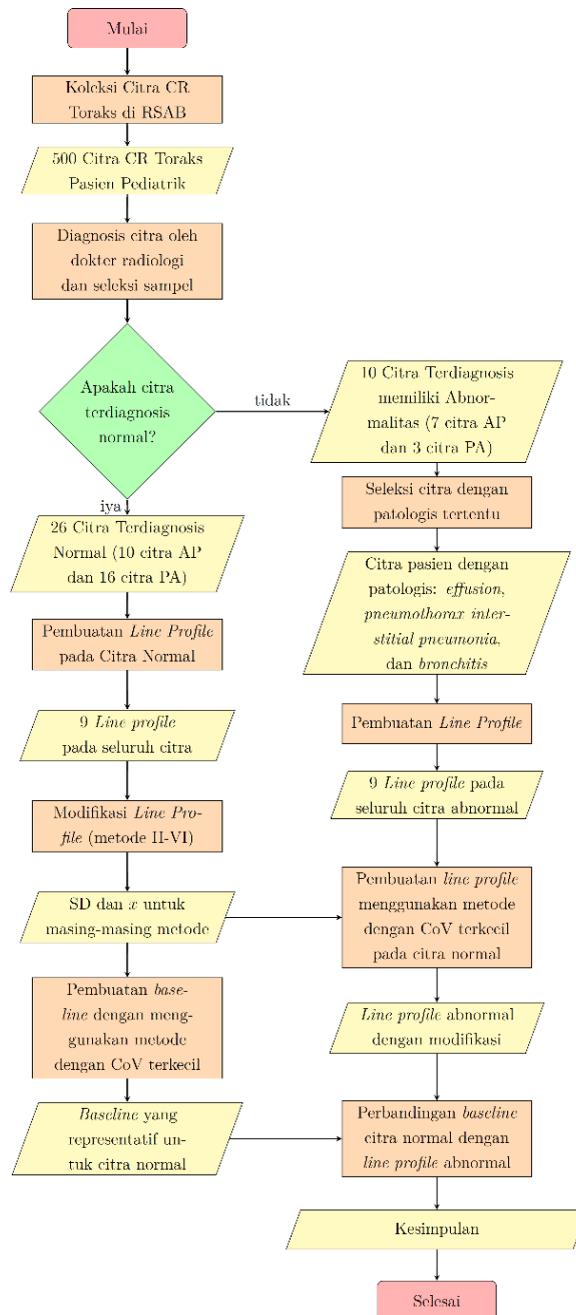
Dalam interpretasi hasil citra, fisikawan medis memiliki standar kualitas citra berupa SNR, *line pair*, MTF dan parameter lainnya. Sejauh ini, standar kualitas citra yang dimiliki oleh fisikawan medis tidak digunakan sebagai standar kualitas citra oleh dokter radiologi. Hal ini dikarenakan diagnosis dokter radiologi bergantung pada observasi langsung yang mengutamakan keahlian dokter dalam mendeteksi adanya kondisi kelainan (patologis) pada citra pasien. Namun, kelemahan dari diagnosis ini adalah terdapat kemungkinan terjadinya kesalahan diagnosis akibat luputnya abnormalitas dalam observasi citra, serta interpretasi yang subyektif. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu proses kuantisasi citra yang dapat menghubungkan standar kualitas citra dari fisikawan medis dan dokter radiologi. Proses kuantisasi citra ini merupakan langkah awal terciptanya alat penunjang diagnosis dokter radiologi *computer-aided diagnosis* (CAD) yang berperan dalam meningkatkan akurasi dan konsistensi diagnosis citra. Belakangan ini, CAD telah menjadi salah satu subyek penelitian utama dalam pencitraan medis dan radiologi diagnostik.⁸⁻²⁰ Konsep dasar CAD adalah untuk menyediakan *computer output* sebagai *second opinion* untuk membantu dokter radiologi dalam interpretasi citra.⁸⁻¹⁴ Berbagai macam tipe perencanaan CAD sedang dikembangkan untuk deteksi dan/atau karakterisasi berbagai abnormalitas dalam pencitraan medis, meliputi radiografi, *computed tomography* (CT), *magnetic resonance imaging* (MRI) dan *ultrasonography* (USG). Organ yang biasanya menjadi subyek penelitian CAD meliputi payudara, thoraks, usus besar, otak, hati, ginjal, pembuluh, dan sistem kerangka.²¹

Dalam studi ini, digunakan citra CR thoraks dari pasien pediatrik yang akan dikuantisasi menggunakan metode *line profile*. Berbagai jenis metode pengolahan *line profile* diterapkan pada tiap citra untuk memperoleh metode yang efektif dalam menginterpretasi citra. Hasil studi ini berupa hasil kuantitatif yang menunjukkan bahwa metode *line profile* memiliki fisibilitas dalam interpretasi citra namun dengan keterbatasan yang masih perlu dikaji lebih lanjut untuk dapat berpotensi menjadi teknologi di bidang medis yang dapat diaplikasikan di masa yang akan datang.

2. Bahan dan metode

2.1. Koleksi data sekunder

Koleksi data sekunder diperoleh dari instansi radiologi anak Rumah Sakit Anak dan Bunda (RSAB) Harapan Kita Jakarta selama periode Mei 2015 hingga Januari 2016. Jenis citra yang digunakan adalah citra *for presentation*. Citra yang telah dikoleksi dikelompokkan berdasarkan diagnosis dokter untuk membedakan citra terdiagnosis normal dan abnormal. Total jumlah data yang digunakan pada penelitian ini adalah 36 data yang terdiri dari 26 data citra terdiagnosis normal dan 10 data terdiagnosis abnormal. Pengelompokan citra selanjutnya dilakukan berdasarkan jenis proyeksi radiografi, yaitu *anterior-posterior* (AP) dan *posterior-anterior* (PA). Sebanyak 26 data citra terdiagnosis normal dikelompokkan menjadi 10 data citra proyeksi AP dan 16 citra proyeksi PA. Untuk 10 data citra terdiagnosis abnormal, pengelompokan citra terdiri dari 7 data citra proyeksi AP dan 3 data proyeksi PA. Abnormalitas yang terjadi terdiri dari 4 jenis patologis, yaitu *pneumothorax*, *effusion*, *bronchitis*, dan *interstitial pneumonia*. Alur pengolahan data penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur pengolahan citra.

2.2. Kuantitasi dan analisa citra

2.2.1. Definisi line profile

Hasil citra *computed radiography* diolah dengan menggunakan perangkat lunak *imageJ*. Proses kuantisasi diawali dengan pembuatan garis uji pada setiap citra dengan jumlah garis uji yang dibuat untuk setiap citra terdiri dari 9 garis. Seluruh garis ditempatkan pada anatomi 9 rusuk yang terlihat jelas pada citra (gambar 2). Pembuatan garis uji dimulai dari garis antara rusuk 1 dan 2, serta diakhiri dengan garis antara rusuk 9 dan 10. Acuan anatomi untuk penempatan

ujung-ujung garis uji adalah pada titik pertemuan antara bagian *anterior* rusuk atas dan *posterior* rusuk bawah. Panjang garis uji berbeda-beda bergantung karakteristik anatomi pasien. Tebal 9 garis uji yang dibuat adalah sebesar 1 piksel. Hasil dari pembuatan *line profile* kemudian disimpan dalam format .dat agar dapat diolah secara kuantitatif dengan menggunakan program *Fortran90*. Pembuatan grafik dilakukan dengan menggunakan *software GNU plot*.

2.2.2. Metode Penentuan Line Profile

Metode yang diaplikasikan pada tiap *line profile* dapat dilihat dari gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, metode yang diterapkan terdiri dari 6 jenis metode yang dibagi menjadi tiga jenis metode tanpa normalisasi rentang piksel dan tiga jenis dengan normalisasi rentang piksel dan masing-masing terdiri dari nilai piksel asli, nilai piksel dikuantisasi menjadi kontras terhadap nilai piksel rata-rata dari (*region of interest*) ROI tulang referensi, dan nilai kontras terhadap nilai piksel maksimum dari ROI thoraks.

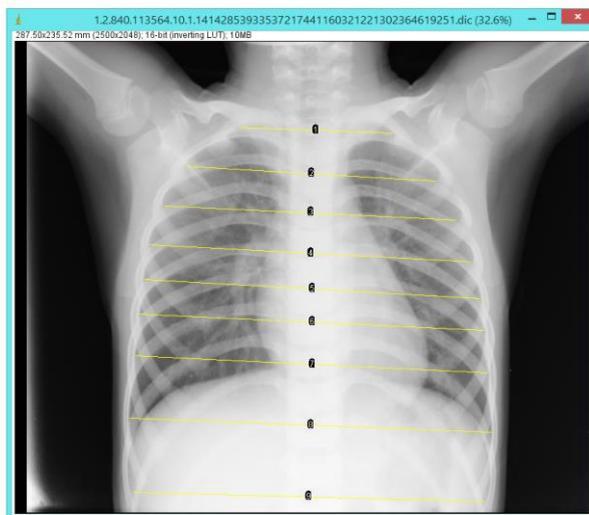
2.3. Preparasi Citra

2.3.1. Normalisasi Rentang Piksel

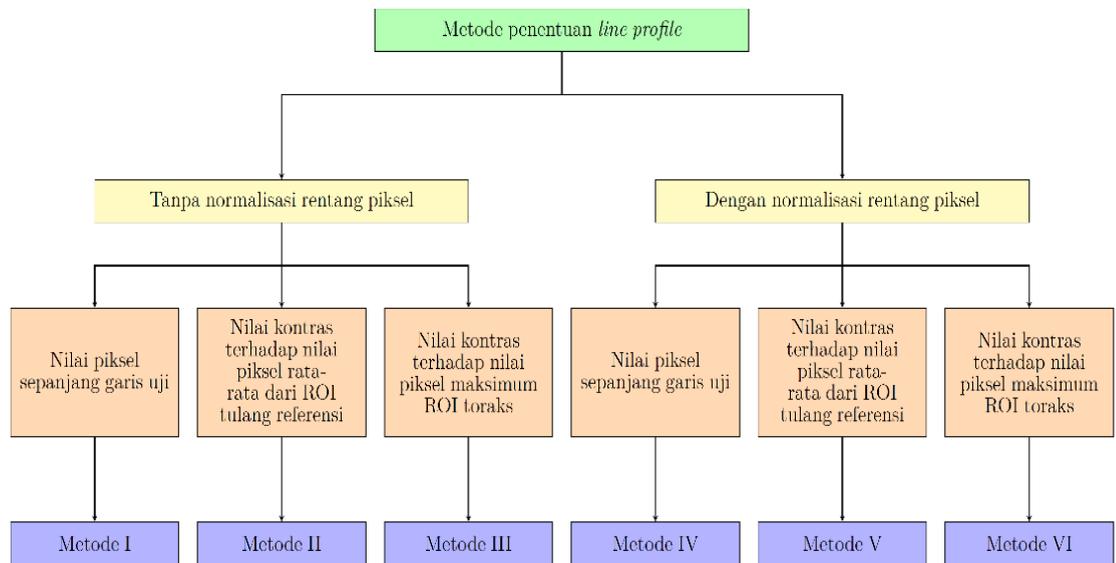
Metode normalisasi pada penelitian ini merupakan metode yang digunakan untuk menyamakan rentang piksel dari setiap citra. Penerapan metode ini bertujuan untuk mengurangi dampak dari berbagai faktor, salah satunya adalah parameter eksposi. Nilai piksel minimum dan maksimum dari citra dinormalisasi menjadi satu rentang piksel yang sama, yaitu 253 - 4078. Rentang ini diperoleh dengan menggunakan histogram tool pada perangkat lunak imageJ dengan melihat nilai piksel minimum dan maksimum dari citra. Nilai piksel sebesar 253 merupakan nilai piksel minimum terbesar dari seluruh citra, sedangkan nilai piksel sebesar 4078 merupakan nilai piksel maksimum terkecil dari seluruh citra. Pemilihan rentang tersebut dilakukan agar nilai rentang piksel yang dipilih termasuk ke dalam nilai piksel yang dimiliki oleh seluruh citra. Normalisasi rentang piksel dilakukan dengan menggunakan persamaan (1),

$$y' = 253 + \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \times (4078 - 253) \quad (1)$$

dimana y' dan y adalah nilai piksel sesudah dan sebelum dilakukan penyamaan rentang piksel, y_{\min} dan y_{\max} adalah nilai piksel minimum dan maksimum dari *line profile*.



Gambar 2. Penempatan posisi 9 garis uji.



Gambar 3. Metode Penentuan *line profile*.

2.3.2. *Resize*

Untuk membuat sembilan *line profile* acuan dari seluruh citra terdiagnosis normal, tiap garis uji yang dikelompokkan berdasarkan garis ke- n kemudian diplot dalam satu grafik. Hasil plot dari satu *line profile* untuk setiap data pasien menunjukkan perbedaan yang mencolok. Perbedaan mendasar yang dapat dilihat adalah perbedaan nilai maksimum dari sumbu- x yang merupakan representasi dari panjang garis ke- n masing-masing citra. Telah diketahui sebelumnya bahwa perbedaan karakteristik anatomi pasien pediatrik menyebabkan perbedaan panjang garis dari tiap citra. Perbedaan panjang garis uji juga berdampak pada perbedaan jumlah titik pada sumbu- x . Perbedaan ini perlu ditiadakan agar dapat dilakukan proses perbandingan *line profile* dari masing-masing citra. Oleh karena itu, dilakukan *resize* atau *adjustment* dan interpolasi pada sumbu- x *line profile*. Proses *resize* ini dilakukan dengan menormalisasi nilai sumbu- x terhadap nilai maksimum. dengan menggunakan persamaan (2),

$$x' = x \frac{x_{\max \text{ global}}}{x_{\max}} \quad (2)$$

dimana x' dan x adalah nilai x yang setelah dinormalisasi dan sebelum normalisasi, dan x_{\max} dan $x_{\max \text{ global}}$ adalah nilai maksimum sumbu x dari satu *line profile* dan nilai maksimum sumbu x dari seluruh *line profile* dalam satu plot yang sama. Setelah dilakukan *resize*, interpolasi juga dilakukan untuk memperoleh titik yang bersesuaian. Jenis interpolasi yang digunakan adalah interpolasi *Lagrange* orde-4, dimana interpolasi ini cukup relevan dikarenakan tidak terjadi perubahan pola *trend* dari *line profile* sebelum dan sesudah di interpolasi. Penerapan interpolasi dilakukan dengan menggunakan bahasa *Fortran90*.

2.3.3. *Kontras*

Pada dasarnya, pembuatan *baseline* hanya dapat dilakukan apabila tiap *line profile* dari garis yang sama memiliki pola yang mirip dan berhimpit satu sama lain. Tidak berhimpitnya *line profile* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu usia, anatomi, parameter eksposi, ketebalan tubuh dan lain sebagainya. Langkah awal untuk mengurangi dampak ini adalah dengan menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu metode normalisasi rentang piksel. Metode tambahan yang digunakan adalah metode kontras. Metode kontras yang diterapkan terdiri dari dua jenis, yaitu

kontras terhadap rata-rata nilai piksel dari ROI tulang dan kontras terhadap nilai piksel maksimum dari ROI thoraks. Nilai kontras dikalkulasikan menggunakan persamaan (3),

$$y' = \frac{y - B}{B} \quad (3)$$

dimana y dan y' adalah nilai piksel (sumbu- y) sebelum dan sesudah dikurangi efek *background*, dan B adalah nilai piksel *background* dari citra yang terdiri dari nilai piksel jaringan tulang dan nilai piksel dari thoraks. Penggunaan ROI tulang dan ROI thoraks bertujuan untuk melihat perbedaan kontras dari anatomi tanpa abnormalitas dan dengan abnormalitas. Bagian ROI tulang dan thoraks dibuat dengan perangkat lunak *imageJ*, dimana untuk bagian tulang yang di kontur adalah pertemuan tulang rusuk ke-4 dan k-5 yang ada dibagian kanan pasien (bagian kiri dari citra), sedangkan untuk bagian thoraks yang di kontur adalah daerah batas rusuk yang melingkupi paru-paru.

2.4. Analisis Line Profile

2.4.1. Penentuan Metode Terbaik

Penerapan keenam metode dilakukan pada tiap titik data *line profile* bertujuan untuk menentukan metode terbaik yaitu metode yang berhasil meminimalkan variasi nilai piksel (menghimpitkan *line profile*) dari berbagai data secara efektif. Metode yang terbaik ini akan digunakan sebagai *line profile* acuan atau *baseline*.

Pada dasarnya, metode terbaik dapat ditentukan secara subjektif (visualisasi dari data *line profile*). Namun, penentuan metode terbaik juga perlu diverifikasi secara objektif. Oleh karena itu, digunakan parameter untuk menverifikasi secara objektif variasi nilai piksel dari seluruh citra pada *line profile* dari garis uji yang sama. Parameter tersebut adalah *coefficient of variation* (CoV). Nilai CoV dikalkulasi menggunakan persamaan (4),

$$CoV = \frac{SD}{y} \quad (4)$$

dimana SD adalah nilai standar deviasi dan y adalah nilai piksel rata-rata dari tiap titik piksel masing-masing citra pada garis uji yang sama [26]. Uji verifikasi metode terbaik dilakukan dengan membandingkan CoV rata-rata dari tiap metode. Nilai CoV terkecil menunjukkan kecilnya variasi nilai piksel masing-masing citra pada garis uji yang sama (berhimpitnya *line profile*). Oleh karena itu, metode terbaik ditentukan dari nilai CoV terkecil.

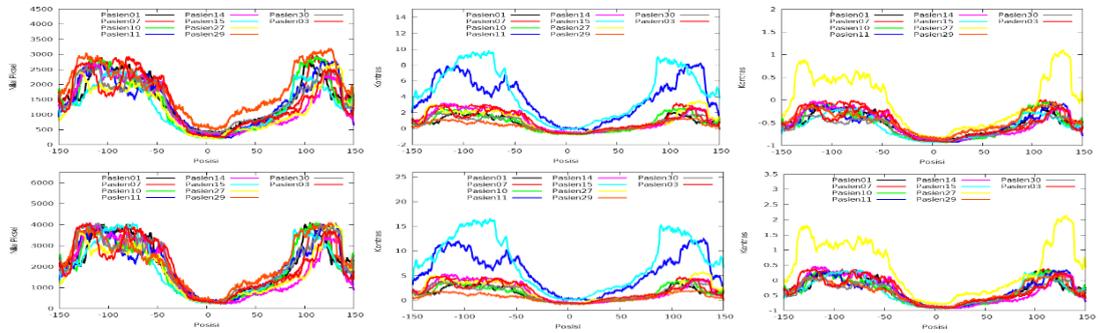
2.4.2. Penentuan Baseline

Setelah metode terbaik ditentukan, penentuan *baseline* dilakukan dengan menerapkan metode terbaik pada *line profile*. *Baseline* dibentuk dari hasil kuantisasi nilai piksel rata-rata dan standar deviasi pada tiap titik dari masing-masing citra. Nilai piksel rata-rata diperoleh dari merata-ratakan nilai piksel dari seluruh citra pada garis uji yang sama. Nilai standar deviasi juga diperoleh dengan merata-ratakan standar deviasi dari seluruh citra pada urutan garis uji yang sama. Hasil ini akan dibandingkan dengan hasil kuantifikasi citra terdiagnosis abnormal dengan menggunakan metode yang sama.

Line profile pada *baseline* akan terdiri dari *line profile* rata-rata yang terletak di antara *line profile* batas atas dan bawah yang merupakan batas toleransi untuk citra normal. Adanya abnormalitas ditunjukkan dari adanya *line profile* yang melewati batas atas dan bawah ini. *Line profile* batas atas merupakan nilai piksel rata-rata dari *line profile* dijumlahkan dengan nilai tiga kali standar deviasi, sedangkan *line profile* batas bawah merupakan nilai piksel rata-rata dari *line profile* dikurangi dengan nilai tiga kali standar deviasi. Pemilihan tiga kali standar deviasi ini dilakukan berdasarkan literature^{22,23} dimana secara statistik nilai *outlier* merupakan nilai yang berada diluar batas tiga kali standar deviasi dari nilai rata-rata. *Outlier* adalah nilai error yang bukan berasal dari data.

2.4.3. Perbandingan Line Profile Citra Normal dan Abnormal

Parameter pembanding secara kuantitatif *line profile* citra normal dan abnormal yang digunakan pada penelitian ini adalah diskrepansi (δ). Nilai ini menyatakan tingkat perbedaan *line profile* dari citra dengan abnormalitas terhadap citra tanpa abnormalitas. Parameter tersebut dinyatakan dalam persamaan (5),



Gambar 4. Grafik line profile dari garis uji ke-7 citra AP pasien normal dengan menggunakan keenam metode. Grafik kiri atas hingga kanan atas dan kiri bawah hingga kanan bawah berturut-turut menggunakan metode I, II, III, dan IV, V, VI.

Tabel 1. Rentang nilai piksel untuk Referensi(normal) pada proyeksi AP.

Garis ke-n	Nilai Piksel		Kontras terhadap ROI Tulang		Kontras terhadap ROI Thoraks	
	Metode I	Metode IV	Metode II	Metode V	Metode III	Metode IV
1	925 – 2056	253 – 4078	2,57 – 4,56	-0,82 – 16,56	-0,59 – 0,04	-0,93 – 2,15
2	927 – 3078	253 – 4078	2,52 – 7,76	-0,82 – 16,56	-0,69 – 0,50	-0,93 – 2,15
3	818 – 3353	253 – 4078	2,49 – 9,29	-0,82 – 16,56	-0,72 – 0,86	-0,93 – 2,15
4	718 – 3429	253 – 4078	2,22 – 10,96	-0,82 – 16,56	-0,75 – 0,56	-0,93 – 2,15
5	660 – 3459	253 – 4078	1,98 – 10,44	-0,82 – 16,56	-0,77 – 0,77	-0,93 – 2,15
6	603 – 3331	253 – 4078	1,67 – 11,29	-0,82 – 16,56	-0,79 – 1,10	-0,93 – 2,15
7	605 – 3385	253 – 4078	1,73 – 11,21	-0,82 – 16,56	-0,79 – 1,11	-0,93 – 2,15
8	667 – 3465	253 – 4078	2,01 – 11,64	-0,82 – 16,56	-0,76 – 1,18	-0,93 – 2,15
9	626 - 3330	253 – 4078	1,82 – 12,79	-0,82 – 16,56	-0,78 – 0,72	-0,93 – 2,15

$$\delta = \left| \frac{y - \bar{y}}{y} \right| \tag{5}$$

dimana y dan \bar{y} berturut-turut adalah nilai piksel dari citra abnormal dan nilai piksel rata-rata dari citra normal (*baseline*). Nilai diskrepansi memiliki rentang dari 0 sampai 1.

3. Hasil dan pembahasan

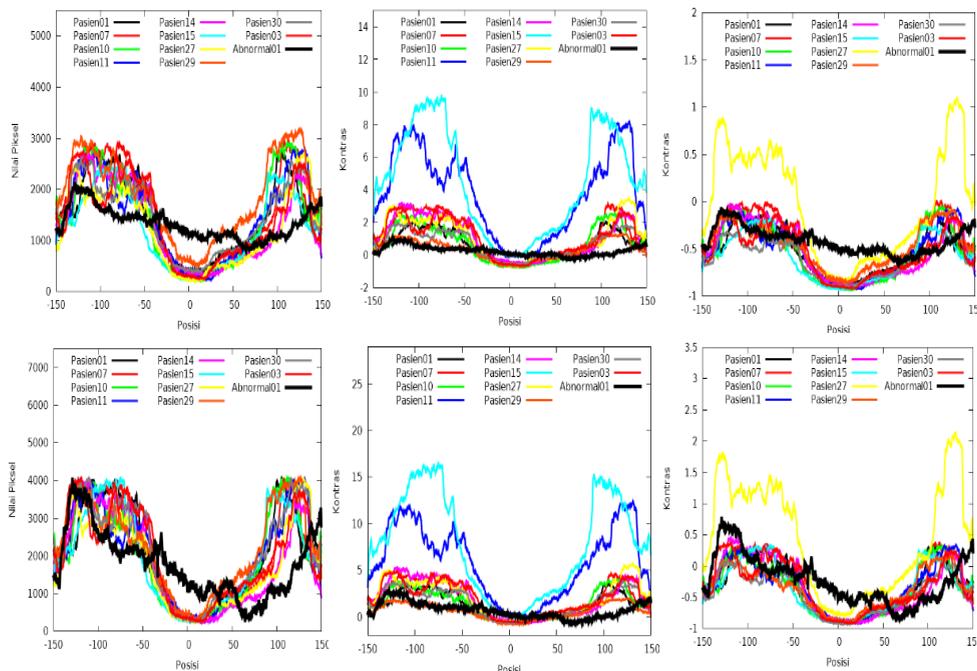
Berdasarkan data citra yang diperoleh, dilakukan identifikasi informasi yang tertera pada citra. Hasil identifikasi ini ditinjau dan dikelompokkan dalam beberapa kriteria yang terdiri dari usia pasien, sikap tubuh, bentuk thoraks, bentuk rusuk, proyeksi radiografi, ukuran piksel, dan rentang nilai piksel. Selain itu, dilakukan pula identifikasi pola (*trend*) dari *line profile*. Hasil identifikasi pola yang telah diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam dua jenis pola yang berbeda. Kedua pola ini berkaitan erat dengan salah satu kriteria, yaitu proyeksi radiografi. Kedua jenis pola menginterpretasikan jenis proyeksi pada saat pengambilan citra, yaitu *anterior-posterior* (AP) dan *posterior-anterior* (PA). Untuk usia pasien, tidak ditemukan adanya hubungan yang erat antara bentuk/pola *line profile* dengan kriteria tersebut. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan proyeksi radiografi sangat mempengaruhi bentuk anatomi yang

dicitrakan sehingga pada pasien dengan kelompok usia yang sama akan memiliki bentuk pola *trend line profile* yang lebih bervariasi dibandingkan pada pasien dengan kelompok proyeksi radiografi yang sama.

Selanjutnya dilakukan uji verifikasi metode. Berdasarkan grafik-grafik pada gambar 4, terlihat kecenderungan dari tiap metode dalam mereduksi perbedaan nilai (jarak antar *line profile*). Pada dasarnya, reduksi perbedaan antar *line profile* bertujuan untuk memperoleh *baseline* untuk dibandingkan dengan *line profile* yang terindikasi memiliki abnormalitas. Secara kualitatif, visualisasi dari grafik memberikan perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh tiga faktor utama yang mempengaruhi interpretasi citra, yaitu rotasi, fase respirasi dan optimalisasi penetrasi.²⁴ Selain itu, artefak juga merupakan faktor yang mempengaruhi bentuk *line profile*. Contoh pengaruh artefak adalah selang yang digunakan pada pasien pediatrik. Adanya selang memberikan kontribusi warna putih pada citra yang dapat memberikan kesalahan interpretasi pada citra. Namun, hal ini dapat diantisipasi dengan menandakan daerah yang merupakan gangguan citra saat dilakukan pengambilan citra.

Berdasarkan keseluruhan grafik *line profile* untuk citra terdiagnosis normal, *line profile* yang sangat fluktuatif dan tidak memiliki pola adalah *line profile* dari garis uji ke-1. Hal ini dapat disebabkan oleh rotasi pada saat pengambilan citra, perbedaan fase respirasi pada pasien pediatrik, dan perbedaan penetrasi (untuk memperjelas anatomi). Perbedaan pola *line profile* dan fluktuasi yang besar dari *line profile* pada garis uji ke-1 juga dapat disebabkan kurang jelasnya posisi acuan anatomi garis uji ke-1, yaitu daerah di atas puncak paru-paru (*apex*), dimana pada daerah ini tulang rusuk I dan II sangat mempengaruhi bentuk dari *line profile* garis uji ke-1. Tulang rusuk ke I dan II memiliki kecenderungan posisi dan bentuk yang berbeda pada tiap pasien, terlebih karena adanya perbedaan posisi tulang selangka (*clavicula*) dan perbedaan kondisi pasien (dalam hal ini pasien pediatrik kurang kooperatif) sehingga hal ini menyebabkan fluktuasi yang besar pada *line profile* garis uji ke-1. Selain itu, adanya *anatomic variant* pada tulang rusuk *cervical* yang berbeda-beda pada tiap pasien juga mempengaruhi bentuk pola *line profile* pada garis uji ke-1.

Fluktuasi yang lebih kecil terjadi pada *line profile* setelah garis uji ke-1, meskipun pada dasarnya *line profile* garis uji ke-2 dan ke-3 masih sangat dipengaruhi oleh posisi tulang selangka. Fluktuasi *line profile* kembali besar pada *line profile* dari garis uji ke-8. Hal ini dikarenakan, fase respirasi sangat mempengaruhi besar volume paru, dimana *line profile* pada garis uji ke-8 terletak di daerah perbatasan dasar paru-paru dan puncak abdomen sehingga dampak respirasi (inspirasi penuh) sangat mempengaruhi daerah anatomi paru-paru atau abdomen yang dilewati oleh garis uji.



Gambar 5. Grafik *line profile* dari garis uji ke-7 citra AP pasien normal dan abnormal (*pneumothorax*) dengan menggunakan keenam metode. Grafik kiri atas hingga kanan atas dan kiri bawah hingga kanan bawah berturut-turut menggunakan metode I. II. III. dan IV. V. V

Tabel 2. Rentang nilai piksel untuk pasien dengan abnormalitas pada proyeksi AP.

Pasien	Garis ke-n	Nilai Piksel		Kontras terhadap ROI Tulang		Kontras terhadap ROI Thoraks	
		Metode I	Metode IV	Metode II	Metode V	Metode III	Metode IV
1	3	950 – 1852	253 – 4078	-0,57 – 0,78	-0,76 – 2,91	-0,58 – -0,19	-0,89 – 0,79
2	6	393 – 2073	253 – 4078	-0,52 – 1,03	-0,75 – 3,00	-0,87 – -0,33	-0,92 – 0,31
4	7	737 – 3124	253 – 4078	-0,49 – 1,36	-0,81 – 2,08	-0,77 – -0,04	-0,92 – 0,26
5	3	495 – 2164	253 – 4078	-0,22 – 1,66	-0,69 – 4,01	-0,85 – -0,35	-0,92 – 0,23
6	5	753 – 3004	253 – 4078	-0,98 – 0,26	-0,89 – 0,71	-0,81 – -0,24	-0,94 – 0,03
7	5	849 – 2576	253 – 4078	-0,67 – 1,24	-0,78 – 2,54	-0,71 – -0,12	-0,91 – 0,39
8	3	1464 – 3710	253 – 4078	-0,82 – 0,87	-0,87 – 1,05	-0,61 – 0,02	-0,93 – 0,08

Untuk *line profile* pada garis uji ke-4, 5, 6, 7, dan 9, bentuk *line profile* tidak terlalu fluktuatif dikarenakan posisi kelima garis uji ini cukup konsisten, yaitu berada di area paru-paru (kecuali untuk garis uji ke-9, yaitu melewati daerah abdomen).

Gambar 4 menunjukkan *plot* dari *line profile* pada garis uji ke-7 untuk seluruh citra dengan menggunakan metode I (nilai piksel tanpa normalisasi) yang memperlihatkan bahwa variasi pola *trend* dari *line profile* secara kualitatif tidak terlalu besar, dimana hanya terdapat satu *line profile* yang terlihat jelas tidak berhimpit. Perbedaan yang terjadi pada *line profile* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik teknis, maupun teoritis. Ketiga faktor yang telah dijelaskan sebelumnya (rotasi, respirasi, penetrasi) merupakan faktor yang tidak dapat direduksi secara kuantitatif.

Berdasarkan literatur, salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas citra adalah parameter eksposi. Parameter eksposi adalah hal yang mendasari perbedaan distribusi intensitas sinar-X yang diserap oleh tubuh pasien yang berdampak langsung pada perbedaan rentang piksel. Hal ini dikarenakan, untuk memperoleh penetrasi optimal bagi tubuh pasien, diperlukan penyesuaian parameter eksposi terhadap medium yang dilalui sinar-X (tebal tubuh pasien). Pengaturan parameter eksposi untuk mendapatkan penetrasi yang optimal ditetapkan berdasarkan ketebalan tubuh pasien oleh radiografer, dimana pengambilan keputusan ini lebih bersifat subjektif. Hal ini menyebabkan adanya pengaruh besar perbedaan parameter eksposi tiap pasien yang berdampak langsung pada rentang nilai piksel yang direpresentasikan dalam bentuk citra. Adanya perbedaan rentang nilai piksel akan memberikan kesulitan dalam pembuatan *baseline* atau *line profile* standar. Metode ke-II hingga ke-VI merupakan lima metode yang bertujuan untuk mereduksi efek dari berbagai faktor sehingga diharapkan hal ini dapat mempermudah pembuatan *baseline* karena adanya pengurangan perbedaan bentuk pada *line profile*.

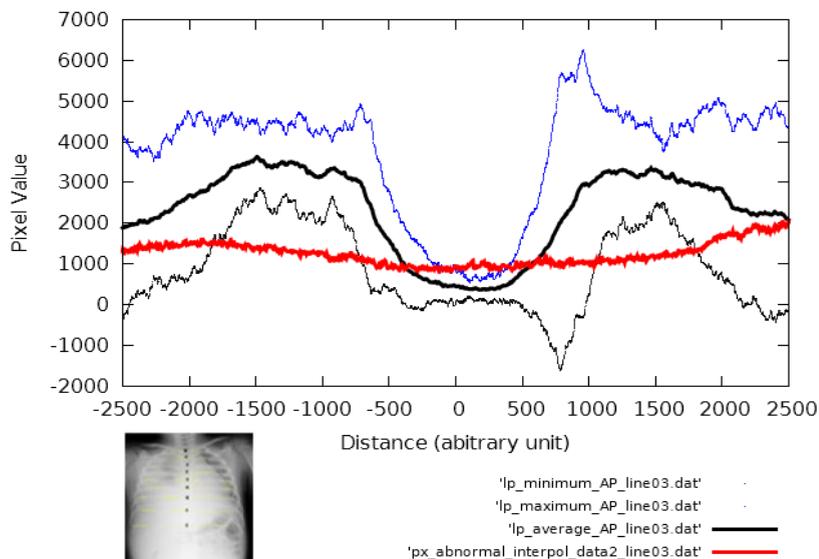
Gambar 4 juga menunjukkan bahwa metode II tidak dapat menghimpitkan antar *line profile*, dimana terdapat dua *line profile* yang mengalami kenaikan *peak* yang cukup mencolok sehingga terjadi perubahan *trend*. Kedua *line profile* yang berbeda *trend* ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan nilai kontras terhadap tulang yang didasari oleh perbedaan parameter eksposi dan ketebalan tubuh pasien. Secara kualitatif, hasil ini menunjukkan bahwa metode kedua merupakan metode yang kurang efektif. Selain itu, terlihat pula adanya *line profile* yang mengalami perubahan *peak* yang cukup mencolok akibat perbedaan kontras dari masing-masing citra. Metode III pada dasarnya bertujuan untuk memperjelas perbedaan *line profile* citra normal dan abnormal karena nilai kontras dikalkulasi terhadap nilai piksel maksimum dari thoraks (nilai piksel jaringan normal). Namun, adanya perbedaan kontras citra sejak awal menunjukkan bahwa metode III masih belum *feasible* untuk pembuatan *baseline*.

Grafik keempat pada gambar 4 secara kualitatif menunjukkan efektifitas metode IV (normalisasi rentang piksel) dalam menghimpitkan antar *line profile* sehingga metode ini lebih *feasible* dan berpotensi untuk dibuat sebagai *baseline*. Adanya penyamaan rentang nilai piksel berperan dalam menarik *line profile* yang kurang berhimpit menjadi cukup berhimpit akibat adanya pengurangan efek dari parameter eksposi.

Grafik metode V dan VI menunjukkan perubahan yang tidak mencolok dari metode sebelumnya, yaitu II dan III. Hal ini dikarenakan *line profile* dari citra yang telah dilakukan normalisasi rentang piksel akan memiliki nilai rentang

Tabel 3. Perbandingan CoV pada tiap metode pada proyeksi AP.

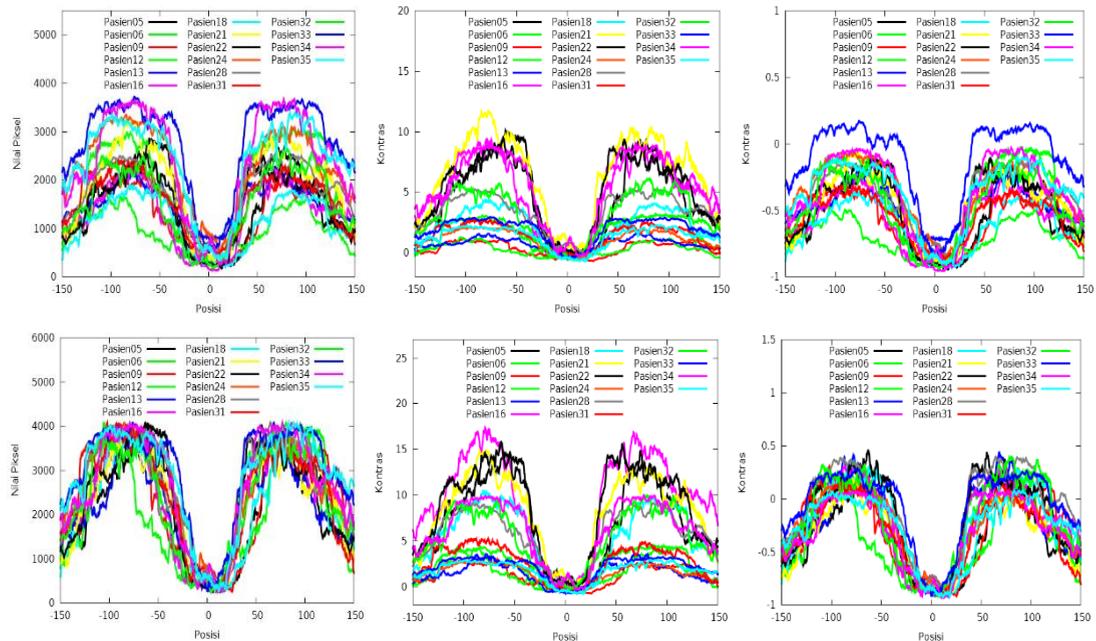
<i>Line Profile</i>	<i>CoV pada metode ke-</i>					
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>
1	0,32	4,36	0,24	0,43	1,47	3,13
2	0,28	13,60	0,44	0,27	0,45	1,30
3	0,23	1,81	0,55	0,24	0,50	0,96
4	0,25	0,30	0,42	0,22	0,89	0,72
5	0,28	0,71	0,53	0,22	1,82	2,74
6	0,29	1,54	0,64	0,23	0,20	1,45
7	0,24	0,58	0,81	0,20	0,80	0,85
8	0,44	2,18	0,72	0,40	0,14	1,05
9	0,42	1,24	0,14	0,25	0,95	0,83
Rata-rata	0,31	2,92	0,50	0,27	0,80	1,45

**Gambar 6.** Perbandingan *line profile* baseline dan *line profile effusion* garis uji ke-3.

piksel yang lebih besar dan perbandingan kontras yang sebanding sehingga terjadi perubahan rentang piksel tetapi tidak terjadi perubahan *trend* dari *line profile*.

Tabel 1 menunjukkan rentang nilai piksel dan kontras untuk citra normal dengan proyeksi AP. Pada kolom perbandingan nilai piksel sebelum dan sesudah normalisasi (Metode I dan IV), terlihat perubahan rentang nilai piksel, dimana rentang nilai piksel setelah dinormalisasi menjadi lebih besar daripada sebelum dinormalisasi. Rentang nilai piksel yang semakin jauh ini terjadi pada semua garis uji. Nilai rentang piksel kontras ROI tulang secara umum lebih kecil dari nilai rentang piksel kontras ROI thoraks. Hal ini terjadi karena nilai piksel rata-rata tulang jauh lebih kecil daripada nilai piksel maksimum dari thoraks, dimana berdasarkan persamaan (3), nilai kontras pada ROI tulang akan bernilai besar daripada kontras pada ROI thoraks.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan *line profile* citra normal dan abnormal pada garis uji ke-7 untuk metode I. *Line profile* ini memperlihatkan pola yang berbeda antara *line profile* dari citra normal dan abnormal, dimana *peak* pada *line profile* abnormal lebih rendah dari *peak* pada *line profile* normal yang menunjukkan bahwa daerah paru-paru pada *line profile* abnormal lebih putih. Walaupun metode I merupakan metode tanpa tambahan *treatment* pada nilai



Gambar 7. Grafik *line profile* dari garis uji ke-3 citra PA pasien normal dengan menggunakan keenam metode. Grafik kiri atas hingga kanan atas dan kiri bawah hingga kanan bawah berturut-turut menggunakan metode I, II, III, dan IV, V, VI.

pixel, metode ini cukup memperlihatkan fisibilitas metode *line profile*. Grafik kedua pada gambar 5 menunjukkan perbandingan bentuk *line profile* dengan metode II, yaitu kontras terhadap nilai pixel rata-rata dari ROI tulang referensi. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa metode ini tidak berpotensi sebagai *baseline*, tetapi untuk menunjukkan perbedaan antara *line profile* citra normal dan abnormal, cukup terlihat jelas bahwa *line profile* abnormal memiliki pola yang tidak fluktuatif dan nilai kontras yang secara umum lebih rendah dari kontras *line profile* normal. Hal ini memperlihatkan bahwa *line profile* yang terdapat abnormalitas memiliki nilai pixel yang tidak terlalu kontras dengan nilai pixel rata-rata dari ROI tulang, dimana telah diketahui bahwa pada citra abnormal terdapat banyak abnormalitas yang direpresentasikan dengan warna putih pada citra dengan nilai pixel yang rendah dan tidak berbeda jauh dengan nilai pixel tulang. Oleh karena itu, *line profile* dari citra dengan abnormalitas cenderung rendah, berbentuk datar dan monoton. Selain itu, dapat dikatakan bahwa perhitungan kontras pada metode II cukup efektif dalam memberikan perbedaan pada *line profile* normal dan abnormal, tetapi tidak berpotensi untuk digunakan sebagai *baseline*, serta kurang efektif untuk mengetahui posisi abnormalitas. Gambar menunjukkan bahwa penerapan metode III pada *line profile* normal (tanpa abnormalitas) dan abnormal (dengan abnormalitas) cukup dapat memperlihatkan perbedaan yang mencolok. Walaupun *line profile* dengan metode III ini tidak berpotensi untuk dijadikan *baseline*, grafik pada gambar tersebut juga menunjukkan bahwa kontras terhadap ROI thoraks untuk *line profile* normal memiliki pola yang berbeda dengan *line profile* abnormal. Perhitungan kontras menggunakan metode III pada dasarnya bertujuan untuk menonjolkan abnormalitas dengan cara mengurangi nilai pixel pada tiap titik dengan nilai pixel maksimum dari thoraks (nilai pixel jaringan normal), di mana hal ini cukup memberikan perbedaan pada pola *line profile* dikarenakan perbedaan antara nilai pixel yang kecil pada *line profile* abnormal (tingkat keabu-abuan rendah atau warna putih) dan nilai pixel maksimum thoraks (tingkat keabu-abuan tinggi atau warna hitam). Grafik keempat pada gambar 5 menunjukkan perbandingan *line profile* garis uji ke-7 untuk citra normal dan abnormal menggunakan metode IV. Berdasarkan pembahasan sebelumnya, metode IV memiliki potensi untuk dijadikan *baseline*. Hal ini juga dapat dibuktikan dari perbandingan menggunakan metode IV dan metode I, dimana perbedaan antara *line profile* normal dan abnormal menjadi lebih mencolok daripada menggunakan metode I (tanpa normalisasi).

Tabel 4. Nilai diskrepansi (δ) dengan metode IV pada proyeksi AP.

<i>Line Profile</i>	<i>Diskrepansi (δ) data abnormal (pasien) ke-</i>						
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1	5,22	4,71	5,39	4,74	3,34	2,40	5,63
2	5,92	13,50	2,50	9,01	9,42	5,92	7,04
3	4,12	3,48	2,30	2,54	1,62	2,61	2,62
4	6,73	7,49	2,77	4,49	4,94	2,04	4,99
5	4,98	7,22	2,19	3,27	9,03	3,44	5,24
6	6,08	7,18	2,42	3,63	5,60	2,97	3,11
7	6,66	11,31	11,36	4,81	10,36	5,27	3,49
8	3,63	3,41	3,94	2,21	2,72	3,96	3,91
9	0,47	0,48	0,99	0,49	0,79	0,75	0,39
Rata-rata	4,87	6,53	3,76	3,91	5,31	3,26	4,05

Grafik metode V menunjukkan perbandingan yang cukup mencolok antara line profile normal dan abnormal yang identik dengan grafik metode II. Perbedaan ini terjadi pada rentang nilai kontras. Hal ini dikarenakan adanya normalisasi sebelum kalkulasi kontras hanya membuat rentang menjadi lebar, namun dengan nilai yang tetap sebanding. Grafik metode ke VI memberikan perbedaan yang sebanding dengan grafik metode III. Adanya normalisasi pada metode VI jika dibandingkan dengan metode III hanya memberikan perbedaan rentang nilai, tetapi tidak pada bentuk pola *trend* dari *line profile*.

Tabel 2 menunjukkan rentang nilai piksel dan kontras dari citra proyeksi AP untuk pasien dengan abnormalitas. Rentang piksel untuk membandingkan antara citra normal dan abnormal pada proyeksi AP dapat dilihat dari nilai piksel minimum dan maksimum terkecil. Hal ini sesuai dengan abnormalitas, dimana nilai piksel minimum dan maksimum terkecil dapat mengindikasikan adanya abnormalitas. Nilai piksel terkecil menunjukkan nilai *gray scale* yang lebih putih. Citra dengan diagnosis abnormal pada beberapa penyakit tertentu biasanya memiliki nilai piksel yang rendah sehingga akan terlihat perbedaan antara citra normal dan abnormal dengan jelas melalui nilai piksel minimum pada *line profile* tertentu. Rentang nilai piksel pada metode normalisasi merupakan rentang nilai tidak dapat dibedakan karena telah dilakukan penyamaan rentang piksel.

Perbandingan rentang piksel antara citra normal dan abnormal pada proyeksi AP dapat dilihat dari tabel 1 dan 2. Rentang nilai piksel (metode I) dari *line profile* citra normal secara umum lebih lebar dari rentang nilai piksel dari *line profile* citra abnormal. Hal ini dapat dilihat dari rentang nilai piksel untuk garis uji ke-3 pada tabel 1, yaitu 818-3353, sedangkan untuk garis uji yang sama pada pasien 1 (tabel 2), rentang nilai pikselnya, yaitu 950-1852. Hal ini terjadi karena citra dengan abnormalitas cenderung memiliki nilai piksel yang rendah (tingkat keabu-abuan rendah atau warna putih). Perbedaan rentang nilai kontras juga terlihat jelas antara *line profile* normal dan abnormal. Secara umum, terjadi penurunan nilai rentang kontras ROI tulang pada *line profile* abnormal. Hal ini dapat dilihat dari garis uji ke-3, rentang kontras ROI tulang (metode II) untuk citra normal, yaitu 2,49-9,29, sedangkan rentang kontras citra abnormal, yaitu -0,09-0,78. Adanya penurunan nilai kontras pada citra abnormal disebabkan oleh adanya abnormalitas yang berkontribusi pada rendahnya nilai piksel yang berdampak pada kecilnya perbedaan dengan nilai piksel dari ROI tulang.

Tabel 1 dan 2 juga memperlihatkan perbandingan rentang nilai kontras terhadap ROI thoraks. Terdapat perbedaan rentang nilai kontras, dimana pada *line profile* dengan abnormalitas terjadi penurunan nilai rentang dan jangkauan (lebar rentang). Hal ini dapat dilihat dari garis uji ke-3, rentang kontras ROI tulang (metode II) untuk citra normal, yaitu -0,72-0,86 sedangkan rentang kontras citra abnormal, yaitu -0,58 - -0,19. Penurunan ini terjadi dikarenakan adanya representasi abnormalitas (warna putih) pada citra memberikan pengurangan perbedaan (kontras) jaringan normal dan abnormal.

Tabel 5. Rentang nilai piksel untuk Referensi(normal) pada proyeksi AP.

Garis ke-n	Nilai Piksel		Kontras terhadap ROI Tulang		Kontras terhadap ROI Thoraks	
	Metode I	Metode IV	Metode II	Metode V	Metode III	Metode IV
1	244 – 2561	253 – 4078	-0,67 – 6,87	-0,76 – 17,39	-0,92 – 0,19	-0,93 – 0,46
2	212 – 3574	253 – 4078	-0,74 – 11,08	-0,76 – 17,39	-0,93 – 0,13	-0,93 – 0,46
3	134 – 3724	253 – 4078	-0,69 – 11,79	-0,76 – 17,39	-0,96 – 0,17	-0,93 – 0,46
4	71 – 3668	253 – 4078	-0,76 – 12,01	-0,76 – 17,39	-0,98 – 0,13	-0,93 – 0,46
5	61 – 3507	253 – 4078	-0,82 – 10,63	-0,76 – 17,39	-0,98 – 0,10	-0,93 – 0,46
6	60 – 3488	253 – 4078	-0,88 – 10,19	-0,76 – 17,39	-0,98 – 0,09	-0,93 – 0,46
7	50 – 3584	253 – 4078	-0,88 – 10,89	-0,76 – 17,39	-0,98 – 0,10	-0,93 – 0,46
8	54 – 3665	253 – 4078	-0,86 – 11,67	-0,76 – 17,39	-0,98 – 0,15	-0,93 – 0,46
9	34 - 3694	253 – 4078	-0,90 – 11,90	-0,76 – 17,39	-0,99 – 0,12	-0,93 – 0,46

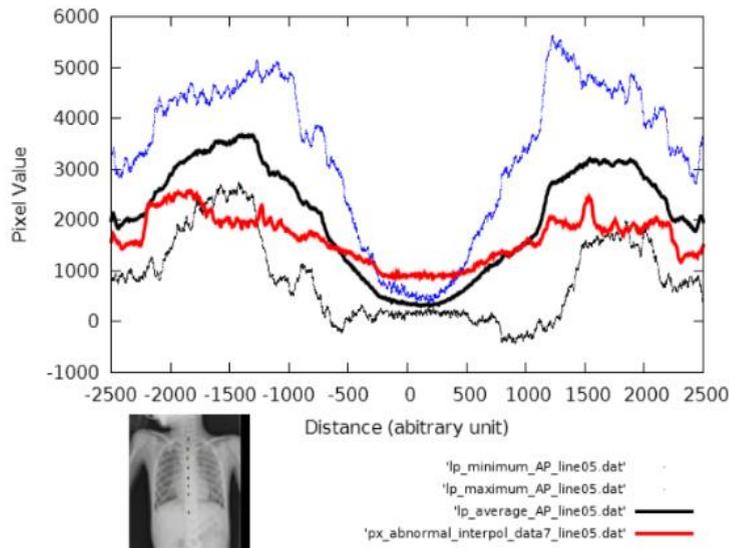
Analisis kualitatif pada citra normal proyeksi AP menunjukkan bahwa metode IV merupakan metode yang cukup efektif dalam menghimpitkan antar *line profile* pada garis uji yang sama. Hasil analisis ini sejalan dengan hasil kuantitatif yang ditunjukkan dari parameter *coefficient of variation* (CoV). Berdasarkan tabel 3, nilai CoV rata-rata terbesar adalah 2,92 (metode II). Nilai CoV terbesar ini menunjukkan bahwa metode II memiliki *line profile* yang paling fluktuatif. Dilain sisi, nilai CoV rata-rata terkecil adalah sebesar 0,27 (metode IV). Nilai CoV terkecil ini menunjukkan cukup berhimpitnya *line profile* yang menggunakan metode IV. Hal ini menunjukkan bahwa metode IV merupakan metode terbaik yang dapat dipilih untuk membuat *baseline*.

Nilai parameter kuantitatif lain yang digunakan pada penelitian ini adalah diskrepansi (δ). Nilai pada table 4 menunjukkan besaran kuantitatif dari perbedaan *line profile* citra pasien normal dan abnormal. Diskrepansi (δ) yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan data dengan metode IV menunjukkan bahwa citra dengan tingkat abnormalitas yang tinggi dapat dinyatakan dengan parameter (δ) yang besar, yaitu pada patologi *effusion* atau citra abnormal ke-2 sebesar 6,53. Dilain sisi, citra dengan tingkat abnormalitas yang rendah ditunjukkan sebagai nilai parameter (δ) yang kecil, yaitu 3,26 untuk patologi *interstitial pneumonia* atau citra abnormal ke-7. Secara kualitatif, adanya abnormalitas cukup sebanding dengan besaran kuantitatif yang diperoleh, dimana citra dengan abnormalitas *effusion* merupakan citra dengan banyaknya warna putih pada daerah paru-paru pasien. Hal ini juga dapat dilihat dari gambar 6 dan 7, dimana abnormalitas dengan nilai (δ) terbesar (tingkat lanjut) untuk jenis patologi *effusion* dapat dilihat perbedaannya yang cukup besar dengan *baseline* pada gambar 6, sedangkan abnormalitas dengan nilai (δ) terkecil pada gambar 7 untuk jenis patologi *interstitial pneumonia* memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar dengan *baseline* (perlu pengembangan lebih lanjut). Gambar perbandingan *baseline* dan *line profile* abnormal cukup dapat menunjukkan fisibilitas dari metode ini.

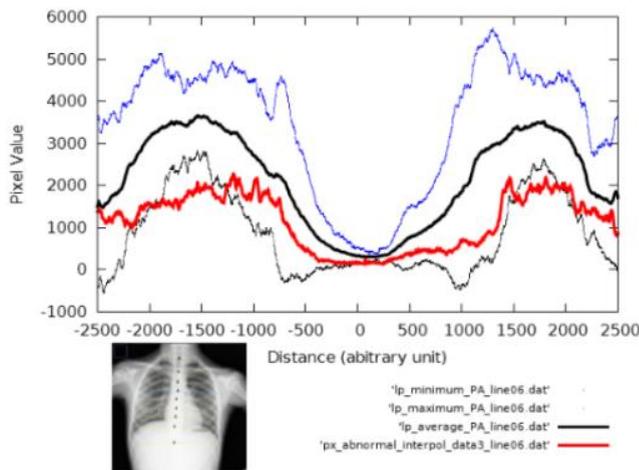
Gambar 8 menunjukkan *line profile* citra terdiagnosis normal yang merupakan hasil penerapan metode I, dimana bentuk *trend*-nya cukup fluktuatif dan terdapat tiga *line profile* yang berbeda. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan rentang nilai piksel yang cukup bervariasi. Penyebab lain dapat disebabkan oleh adanya perbedaan anatomi yang dilalui oleh garis uji. Hal ini merupakan limitasi dari metode ini karena hanya digunakan *linewidth* = 1. Grafik metode II pada gambar 8 juga semakin menunjukkan secara kualitatif perbedaan *trend* antar *line profile*. Hal ini didasari oleh adanya parameter eksposi yang berbeda. Analog dengan citra proyeksi AP, metode II merupakan metode yang tidak efektif untuk diterapkan pada *line profile* dalam pembuatan *baseline*.

Grafik metode III (gambar 8) juga menunjukkan adanya perubahan *trend* yang tidak terlalu mencolok. Hal ini disebabkan adanya kontras alami dari perbedaan parameter eksposi dan belum dilakukannya normalisasi rentang piksel. Oleh karena itu, metode ini juga tidak efektif untuk diterapkan pada *line profile* dalam pembuatan *baseline*. Namun, grafik keempat memperlihatkan efektifitas metode normalisasi (metode IV) karena mampu menghimpitkan

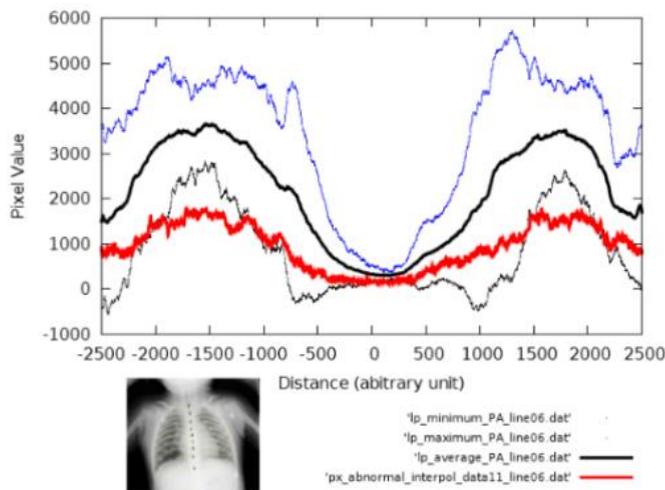
salah satu *line profile* yang cukup berbeda sebelum dilakukan normalisasi. Metode IV merupakan metode yang diterapkan untuk mengurangi efek dari perbedaan parameter eksposi. Hasil gambar tersebut menunjukkan secara kualitatif bahwa metode ini berpotensi untuk diterapkan dalam pembuatan *baseline*. Grafik metode V dan VI analog dengan grafik metode II dan III yang menunjukkan bahwa normalisasi tidak mengubah pola dari *line profile*. Pada dasarnya, secara kualitatif metode VI cukup efektif dalam menghimpitkan, tetapi masih terdapat *line profile* yang tidak berhimpit. Hal ini dapat dikarenakan perbedaan kontras yang cukup besar dari citra *line profile* ini. Tabel 5 menunjukkan perbedaan rentang nilai piksel sebelum dan sesudah dinormalisasi. Analog dengan citra proyeksi AP, rentang nilai piksel pada proyeksi PA juga mengalami kenaikan jangkauan (lebar) rentang nilai sesudah dinormalisasi. Hal ini dikarenakan penyamaan rentang piksel dilakukan pada nilai piksel minimum terbesar dan maksimum terkecil dari citra.



Gambar 8. Perbandingan line profile baseline dan line profile interstitial pneumonia garis uji ke-5.



Gambar 9. Perbandingan *line profile* baseline dan *line profile* bronchitis garis uji ke-6.



Gambar 10. Perbandingan *line profile* baseline dan *line profile interstitial pneumonia garis uji ke-6*.

Tabel 6. Rentang nilai piksel untuk pasien dengan abnormalitas pada proyeksi PA.

Pasien	Garis ke-n	Nilai Piksel		Kontras terhadap ROI Tulang		Kontras terhadap ROI Thoraks	
		Metode I	Metode IV	Metode II	Metode V	Metode III	Metode IV
3	6	123 – 2265	253 – 4078	-0,58 – 6,66	-0,14 – 12,79	-0,96 – -0,28	-0,92 – 0,30
9	6	279 – 2777	253 – 4078	-0,58 – 13,20	-0,62 – 5,17	-0,91 – -0,13	-0,92 – 0,28
10	6	110 - 1813	253 – 4078	-0,97 – 0,48	-0,93 – 0,18	-0,97 – -0,43	-0,92 – 0,28

Tabel 7. Perbandingan CoV pada tiap metode pada proyeksi PA.

Line Profile	CoV pada metode ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
1	0,39	1,21	0,15	0,38	0,93	0,90
2	0,39	1,13	0,30	0,31	1,04	3,85
3	0,36	0,78	0,45	0,22	0,53	0,37
4	0,33	0,95	0,41	0,20	0,46	2,00
5	0,37	0,45	0,34	0,22	0,95	6,22
6	0,39	0,64	0,32	0,23	0,56	0,23
7	0,40	0,44	0,35	0,24	0,47	6,98
8	0,58	0,75	0,50	0,42	0,49	1,01
9	0,70	9,56	0,23	0,33	1,02	0,45
Rata-rata	0,43	1,77	0,34	0,28	0,72	2,45

Tabel 8. Nilai Diskrepansi (δ) dengan metode IV untuk Proyeksi PA.

<i>Line Profile</i>	<i>Diskrepansi (δ) data abnormal ke-</i>		
	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	0,25	0,23	0,31
2	0,26	0,29	0,32
3	0,14	0,20	0,28
4	0,15	0,19	0,20
5	0,18	0,20	0,17
6	0,20	0,24	0,15
7	0,21	0,26	0,29
8	0,38	0,31	0,38
9	0,23	0,20	0,22
Rata-rata	0,22	0,24	0,26

Tabel 5 dan 6 merupakan tabel yang berisi rentang nilai piksel pada *line profile* citra normal dan abnormal. Secara umum, analog dengan citra proyeksi AP, rentang nilai piksel dan kontras pada citra normal dan abnormal pada proyeksi PA juga memiliki perbedaan yang cukup mencolok. Pada nilai piksel garis uji ke-6 dari citra normal dan abnormal, terjadi penurunan nilai dan jangkauan (lebar rentang) dari nilai piksel pada citra abnormal. Hal ini dikarenakan adanya abnormalitas yang direpresentasikan dengan warna putih pada citra membuat distribusi nilai piksel menjadi menurun. Untuk rentang nilai kontras, hal yang terjadi pada citra proyeksi AP juga terjadi pada citra proyeksi PA, dimana terdapat adanya penurunan nilai dari rentang nilai kontras akibat kontribusi abnormalitas (tingkat keabu-abuan rendah pada citra).

Berdasarkan tabel CoV pada citra proyeksi AP, terlihat bahwa metode terbaik yang direpresentasikan dengan nilai CoV terkecil adalah pada metode IV. Hasil ini juga dapat dilihat dari tabel 7, dimana nilai CoV terkecil adalah pada metode ke-IV, yaitu sebesar 0.28. Hasil kuantitatif ini juga menunjukkan kesesuaian dengan hasil kualitatif sehingga dapat dinyatakan bahwa metode yang efektif untuk membedakan citra normal dan abnormal adalah metode ke-IV, yaitu normalisasi rentang piksel. Nilai parameter kuantitatif diskrepansi (δ) yang diperoleh berdasarkan hasil kuantisasi data dengan metode IV menunjukkan bahwa citra dengan tingkat abnormalitas yang tinggi dapat dinyatakan dengan parameter δ yang besar (*interstitial pneumonia* atau citra pasien abnormal ke-10). Dilain sisi, citra dengan abnormalitas yang rendah (*bronchitis* atau citra pasien abnormal ke-3) juga dapat dilihat sebagai nilai parameter δ yang kecil (tabel 8). Secara kualitatif, citra dengan abnormal *bronchitis* memang terlihat lebih normal (tidak terlalu banyak bercak putih pada citra), dimana hasil ini sejalan dengan hasil kuantitatif. Hal ini dapat dilihat pada gambar 9 dan 10, dimana abnormalitas dengan nilai δ terbesar (abnormalitas tingkat lanjut) untuk jenis patologis *interstitial pneumonia* dapat dilihat perbedaannya dengan *baseline* pada gambar 10, sedangkan abnormalitas dengan nilai δ terkecil pada gambar 9 untuk jenis patologis *bronchitis* memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar dengan *baseline* (perlu pengembangan lebih lanjut). Gambar perbandingan *baseline* dan *line profile* abnormal lainnya cukup dapat menunjukkan fisibilitas dari metode ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa kuantisasi *line profile* dengan *resize* dan normalisasi rentang piksel (metode IV) merupakan metode yang memiliki fisibilitas dalam membedakan citra dengan diagnosis normal dan diagnosis abnormal. Hal ini dapat dilihat dari nilai CoV dari masing-masing metode untuk proyeksi AP, yaitu, 0,31 (metode I), 2,92 (metode II), 0,50 (metode III), 0,27 (metode IV), 0,80 (metode V) dan 1,45 (metode VI), dimana metode terbaik ditunjukkan dari nilai CoV terkecil. Pada citra dengan proyeksi PA, metode IV juga memiliki nilai CoV terkecil, yaitu 0,28, jika dibandingkan dengan nilai CoV metode yang lain, yaitu 0,43 (metode I), 1,77 (metode II), 0,34 (metode III), 0,72 (metode V) dan 2,45 (metode VI). Selain itu, metode *line profile*

memiliki keterbatasan, yaitu hanya untuk membedakan citra terdiagnosis normal dan abnormal dengan abnormalitas yang harus cukup signifikan (abnormalitas tingkat lanjut). Nilai diskrepansi yang diperoleh memiliki korelasi yang baik dengan tingkat abnormalitas. Semakin besar nilai diskrepansi, semakin tinggi tingkat keparahan abnormalitas akibat patologi yang diderita. Pada citra dengan proyeksi AP, nilai diskrepansi (δ) terkecil adalah 3,26 untuk patologi *interstitial pneumonia* dan nilai diskrepansi (δ) terbesar adalah 6,53 untuk patologi effusion. Pada citra dengan proyeksi PA, nilai diskrepansi (δ) terkecil adalah 0,22 untuk patologi *bronchitis* dan nilai diskrepansi (δ) terbesar adalah 0,26 untuk patologi *interstitial pneumonia*.

Ucapan Terima Kasih

Sebagian riset ini dilaksanakan dengan dukungan pendanaan IAEA CRP E24020 dengan nomor kontrak 19108.

Referensi

- ¹ J.A. Seibert, R.L. Morin, "The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population," *Pediatr Radiol.* **41**(5), 573-581 (2011).
- ² C.M. Schaefer-Prokop, D.W. De Boo, M. Uffmann, and M. Prokop, "DR and CR: Recent advances in technology," *Eur J Radiol.* **72**, 194-201 (2009).
- ³ American Association of Physicists in Medicine, *Acceptance testing and quality control of photostimulable storage phosphor imaging systems*, AAPM Report No. 93, Report of AAPM Task Group 10, AAPM. (2006).
- ⁴ P. Charnock, P.A. Connolly, D. Hughes, and B.M. Moores, "Evaluation and testing of computed radiography systems," *Rad. Prot. Dosim.* **114**, 201-207 (2005).
- ⁵ J. A. Rowlands, "The physics of computed radiography," *Phys Med Biol.* **47**, R123-66 (2002).
- ⁶ W. Muhogora, R. Padovani, F. Bonutti, P. Msaki P, and R Kazema, "Performance evaluation of three computed radiography systems using methods recommended in American Association of Physicists in Medicine Report 93," *J. Med Phys.* **36**, 138-46 (2011).
- ⁷ C. Walsh, D. Gorman, P. Byrne, A. Larkin, A. Dowling, and M.F. Malone JF, "Quality assurance of computed and digital radiography systems," *Rad. Prot. Dosim.* **129**, 271-27-5 (2008).
- ⁸ T.W. Freer, and M.J. Ulissey, "Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12,860 patients in a community breast center," *Radiology.* **220**, 781-786 (2001).
- ⁹ D. Gur D, J.H. Sumkin, H.E. Rockette, M. Ganott M, C. Hakim, L. Hardesty, W.R. Poller, R. Shah, and L. Wallace, "Changes in breast cancer detection and mammography recall rate after the introduction of a computer-aided detection system," *J. Natl. Cancer. Inst.* **96**, 185-190 (2004).
- ¹⁰ R.L. Birdwell, P. Bandodkar, and D.M. Ikeda, "Computer-aided detection with screening mammography in a university hospital setting," *Radiology.* **236**, 451-457 (2005).
- ¹¹ T.E. Cupples, J.E. Cunningham, and J.C. Reynolds, "Impact of computer-aided detection in a regional screening mammography program," *AJR.* **185**, 944-950 (2005).
- ¹² M.J. Morton, D.H. Whaley, K.R. Brandt, and K.K. Amrami, "Screening mammograms: interpretation with computer-aided detection-prospective evaluation," *Radiology.* **239**, 375-383 (2006).
- ¹³ J.C. Dean, and C.C. Ilvento CC, "Improved cancer detection using computer-aided detection with diagnostic and screening mammography: prospective study of 104 cancers," *AJR.* **187**, 20-28 (2006).
- ¹⁴ S.V. Destounis, P. DiNitto, W. Logan-Young, E. Bonaccio, M.L. Zuley, and K.M. Willison, "Can computer-aided detection with double reading of screening mammograms help decrease the false-negative rate? Initial experience." *Radiology.* **232**, 578-584 (2004).
- ¹⁵ S.A. Butler, R.J. Gabbay, D.A. Kass, D.E. Siedler, K.F. O'Shaughnessy, and R.A. Castellino, "Computer-aided detection in diagnostic mammography: detection of clinically unsuspected cancers," *AJR.* **183**, 1511-1515 (2004).
- ¹⁶ R.M. Nishikawa, R.C. Haldemann, J. Papaioannou, M.L. Giger, P. Lu, R.A. Schmidt, D.E. Wolverton, U. Bick, and K. Doi, "Initial experience with a prototype clinical "intelligent" mammography workstation for computer-aided diagnosis," *Proc. SPIE.* **2434**, 65-71 (1995).

- ¹⁷R.A. Schmidt, R.M. Nishikawa, R.B. Osnis, K. Schreiber, M.L. Giger, and K Doi, "Computerized detection of lesions missed by mammography. In: K Doi, M.L. Giger, R.M. Nishikawa, and R.A. Schmidt, editors," Digital Mammography. Elsevier Science; Amsterdam. pp. 105-110 (1996).
- ¹⁸L.J. Warren-Burhenne, S.A. Wood, C.J. D'Orsi, et al., "Potential contribution of computer-aided detection to the sensitivity of screening mammography," *Radiology*. **215**, 554-562 (2000).
- ¹⁹M.L. Giger, Z. Huo, M.A. Kupinski, and C.J. Vyborny, "Computer-aided diagnosis in mammography. In: Fitzpatrick JM, Sonka M, editors," The Handbook of Medical Imaging, volume 2 Medical Imaging Processing and Analysis. SPIE. pp. 915-1004 (2000).
- ²⁰M.L. Giger "Computerized analysis of images in the detection and diagnosis of breast cancer," *Seminars in Ultrasound CT and MRI*. **25**, 411-418 (2004).
- ²¹K. Doi, "Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging," *Br. J. Radiol.* 78 Spec No **1**, S3-S19 (2005).
- ²²Da Ruan, Guoqing Chen, Etienne Kerre, G. Wets., ed., *Intelligent Data Mining: Techniques and Applications. Studies in Computational Intelligence Vol. 5*. Springer. p. 318. Berlin (2005).
- ²³Y.Y. Cheung, B. Jung, J.H. Sohn, and G. Ogrinc, "Quality initiatives: statistical control charts-simplifying the analysis of data for quality improvement," *RadioGraphics*. **32**(7), 2113-2126 (2012).
- ²⁴R. Arthur, "Interpretation of the paediatric chest X-ray," *Paediatr. Respir. Rev.* **1**, 41-50 (2000).