

EVALUASI FAKTOR EKSPOSI DALAM UPAYA OPTIMISASI PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI *CHEST PA SUSPECTED COVID-19*

Muhammad Irsal^{1,2)}

¹Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II

² Fisikawan medik, RS Darurat Penanganan COVID-19 Wisma Atlet Jakarta

Koresponden : muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

ABSTRAK

Peran fisikawan medik mengupayakan agar pemberian dosis kepada pasien didasarkan pada prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) dengan melakukan upaya optimisasi, selain itu peningkatan pasien *suspected COVID-19* dalam pemeriksaan radiografi *chest PA* pada masa pandemik terus meningkat setiap harinya. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi faktor eksposi sebagai upaya optimisasi pemeriksaan radiografi *chest PA*. Metode penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan data sekunder pemeriksaan *chest PA* dengan melakukan analisa evaluasi faktor eksposi sebagai upaya optimisasi pada pemeriksaan radiografi *chest PA*. Hasil evaluasi penggunaan faktor eksposi pemeriksaan radiografi *chest PA* mengalami perubahan nilai mAs, oleh karena radiografer dalam praktik klinis mempunyai kendala dalam menentukan faktor eksposi, seperti kapan menaikkan dan menurunkan parameter kV dan mAs, hal ini terkait dengan pengalaman praktik klinis radiografer dan pemilihan faktor eksposi untuk ketebalan tubuh pasien yang berbeda, sehingga diperlukan pemahaman *exposure index* dan memaksimalkan penggunaan *post processing CR* sebagai upaya optimisasi.

Kata kunci : *faktor eksposi, optimisasi, suspected COVID-19, chest PA.*

I PENDAHULUAN

COVID-19 dimulai pada bulan desember 2019 dengan kasus pertama di temukan pada *seafood market* di kota Huwan Cina, yang berhubungan erat dengan virus yang disebabkan oleh hewan, dan kemudian berkembang penularannya dari manusia ke manusia. Gejala klinis yang paling umum muncul adalah demam (98%) dan batuk (76), selain gejala non spesifik lainnya seperti *dispnea* (55%), sakit kepala, nyeri otot dan kelelahan (44%). Presentase keparahan gejala klinis COVID-19 20% dan mortalitas 3%. WHO menyatakan COVID-19 sebagai darurat kesehatan secara global pada 30 Januari 2020 akibat peningkatan pasien secara signifikan (Bernheim et al., 2020).

Indonesia melaporkan kasus pertama COVID-19 pada tanggal 2 Maret 2020 dan jumlahnya terus bertambah hingga sekarang. Sampai dengan tanggal 30 Juni 2020 Kementerian Kesehatan melaporkan 56.385 kasus konfirmasi COVID-19 ("Pedoman Pencegahan dan Pengendalian COVID-19» Info Infeksi Emerging Kementerian Kesehatan RI," n.d.). Pada saat pandemik COVID-19 pencitraan radiografi menjadi pemeriksaan utama dengan memberikan informasi hasil diagnosa secara cepat (Rubin et al., 2020); (Tsou et al., 2020). Selain itu, pemeriksaan radiografi dada banyak tersedia dan mudah dilakukan, serta hasil citra radiografi dapat dievaluasi secara langsung oleh dokter dan perawat. Waktu rata-rata untuk seorang radiografer melakukan pemeriksaan radiografi dada sekitar 6 menit, dan apabila dilakukan disinfeksi peralatan dibutuhkan sekitar 10

menit (Tsou et al., 2020); (Sng et al., 2020); (Veldkamp, Kroft, & Geleijns, 2009); (Cha et al., 2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Ho Yuen Frank wong, 2020 menunjukkan bahwa pemeriksaan radiografi pada hari ke 10-12 dari pasien positif dapat dengan baik memberikan informasi diagnosa yang sama dengan pemeriksaan *computed tomography* (CT), dengan pemeriksaan radiografi dada seri pada hari ke 6-11 menunjukkan diagnosa spesifik sebesar 90% dan sensitivitas sebesar 69% meskipun lebih rendah dari sensitivitas 97-98% dibandingkan CT. Selain itu penggunaan dosis radiasi pemeriksaan radiografi dada lebih kecil dibandingkan CT (Wong et al., 2019); (Woznitza, Nair, & Hare, 2020); ("How good is radiography for COVID-19 detection?," 2020).

Peran fisikawan medik mengupayakan agar pemberian dosis kepada pasien didasarkan pada prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) dengan melakukan upaya optimisasi kepada pasien, hal ini terkait peran fisikawan medik dalam menyiapkan skema optimisasi yang tepat sesuai dengan kondisi klinis pemeriksaan radiografi (Boland, Duszak, McGinty, & Allen, 2014); (Creeden & Curtis, 2020); (Uffmann & Schaefer-Prokop, 2009); (Alves et al., 2016); (Pedersen, Hardy, & Blankholm, 2018). Sehingga dilakukan evaluasi penggunaan faktor eksposi sebagai upaya optimisasi dalam menjaga kualitas citra dengan pemberian dosis radiasi yang serendah mungkin pada pemeriksaan radiografi *chest PA suspected COVID-19*.

II STUDI PUSTAKA

Pemeriksaan radiografi dada (*chest PA*) adalah yang paling umum untuk deteksi kelainan paru, akan tetapi memberikan kontribusi dosis sekitar 18 % dari keseluruhan pemeriksaan radiologi. Dosis radiasi berpotensi menyebabkan perubahan somatik dan genetik, selama beberapa tahun terakhir banyak upaya untuk menurunkan dosis radiasi kepada untuk semua jenis pemeriksaan radiografi, akan tetapi dengan penurunan dosis dapat menurunkan kualitas citra sehingga dibutuhkan upaya optimisasi. (Ekpo, Hoban, & McEntee, 2014); (Sun, Lin, Tyan, & Ng, 2012).

Upaya optimisasi wajib dilakukan dikarenakan pada pasien dengan ukuran tubuh yang besar memiliki perbedaan intensitas pada bagian organ paru-paru, oleh karena itu dibutuhkan pemilihan faktor eksposi yang optimal, dengan menyesuaikan nilai indikator eksposi pada sistem pencitraan *Computer radiography* (CR). Respon linear antara intensitas sinar-X dengan sistem pencitraan CR yang disebut dengan *Exposure Index (EI)* (Dobbins et al., 2003). Pemahaman yang berkembang bahwa penggunaan CR mampu mengurangi dosis radiasi untuk pemeriksaan radiografi, akan tetapi pada saat praktiknya radiografer mengalami kendala dalam penentuan faktor eksposi. Perlu di inget bahwa upaya optimisasi berarti menjaga kualitas citra dengan penggunaan dosis serendah mungkin karena dalam mendiagnosa sebuah penyakit kualitas citra menjadi aspek yang sangat penting (Jang et al., 2018)

Salah satu upaya optimisasi yang dilakukan dengan pemilihan faktor eksposi, penurunan dosis radiasi pada saat pemeriksaan dapat diupayakan dengan

penurunan faktor eksposi, hal ini didasari antara kV dan dosis radiasi memiliki hubungan eksponensial sedangkan pada mAs berhubungan linear (Muhammad, Hidayanto, & Arifin, 2014). EI dapat digunakan sebagai indikator penilaian kualitas citra radiografi dengan memberikan informasi dalam melakukan pemilihan faktor eksposi yang optimal, keuntungan dalam pencitraan radiografi CR yaitu mampu dioptimalkan dengan memanipulasi citra dengan tujuan meningkatkan citra radiografi klinis (Dalah, 2020); (Seeram, Davidson, Bushong, & Swan, 2013); (Busch, 2000). Oleh karena itu Pemilihan faktor eksposi berhubungan dengan kualitas citra dan dosis radiasi yang diterima pasien. teknik pencitraan radiografi digital, nilai pada citra dapat dimanipulasi sedangkan dosis radiasi dihasilkan dari perhitungan *signal to noise ratio* yang dikonversi menjadi EI (Sandborg, Tingberg, Ullman, Dance, & Alm Carlsson, 2006).

III METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di instalasi radiologi RS Penanganan COVID-19 Wisma Atlet Jakarta pada bulan April-Mei 2020 dengan sampel data sekunder dari pemeriksaan radiografi *chest PA suspected* COVID-19, tujuan penelitian untuk mengetahui apakah terjadi perubahan faktor eksposi pada rentang penggunaan bulan April-Mei 2020 dengan menggunakan analisa Uji Wilcoxon pada nilai kV dan mAs, selain itu dalam melakukan upaya optimisasi maka perlu dilakukan analisa nilai EI sebagai panduan penggunaan faktor eksposi yang optimal dalam menghasilkan citra pada pemeriksaan radiografi *chest PA*.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian pada faktor eksposi pada pemeriksaan radiografi chest PA pada bulan April dan Mei 2020, pemilihan faktor eksposi tidak ada intervensi kepada radiografer, ini merupakan pemilihan yang dilakukan oleh setiap pekerja radiografi pada saat melakukan pemeriksaan radiografi chest PA, dengan hasil di tampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan faktor eksposi

Bulan	Faktor eksposi			
	kV	mAs	Rentang kV	Rentang mAs
April	67.14 ± 4.8	11.77 ± 1.34	50-75	5-12.5
Mei	66.62 ± 4.07	13.37 ± 4.4	45-80	5-20
± standar deviasi				

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel 1. Nilai kV bulan April 2020 rentang manimum 50 kV, maksimum 75 kV, dengan rerata nilai kV 67.14 ± 4.8, sedangkan untuk nilai mAs dengan rentang minimum 5, maksimum 12.5 mAs, dengan nilai rerata mAs 11.77 ± 1.34. untuk peggunaan Nilai kV bulan Mei 2020 rentang manimum 45 kV, maksimum 80 kV, dengan rerata nilai kV 66.62 ± 4.07, sedangkan untuk nilai mAs dengan rentang minimum 5, maksimum 20 mAs, dengan nilai rerata mAs 11.77 ± 1.34. Kemudian dilakukan analisa Uji Wilcoxon

untuk melihat adakah perubahan faktor eksposi untu kV dan mAs pada bulan April-Mei 2020, dengan hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 2.

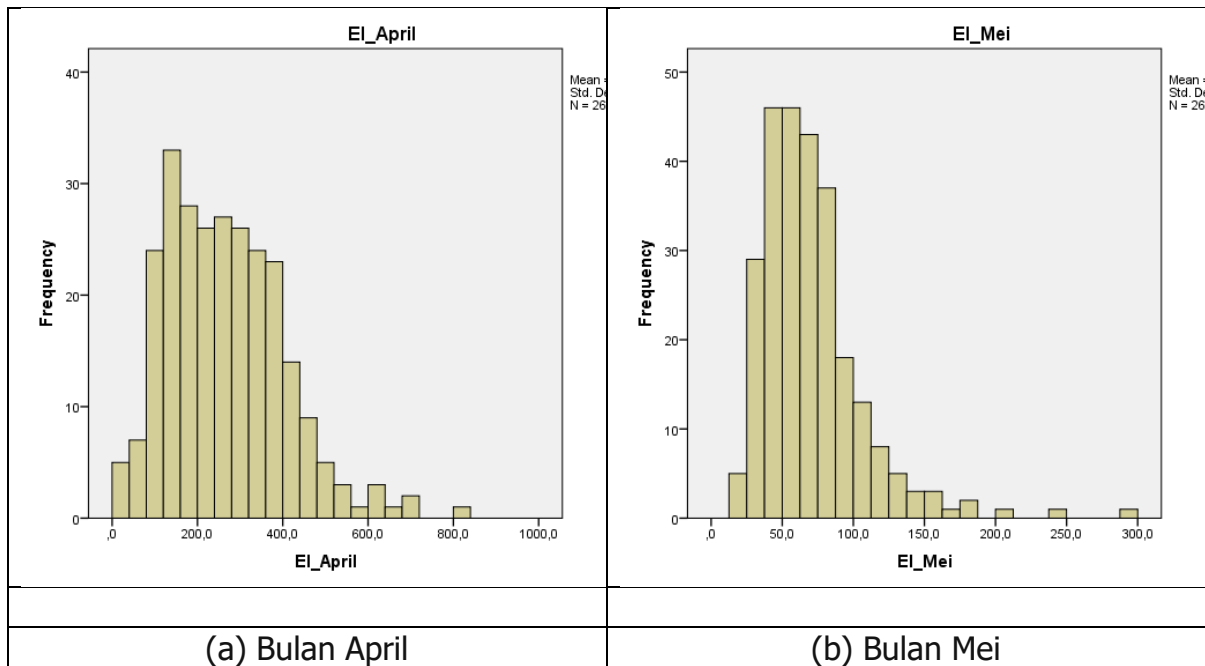
Tabel 2. Uji Wilcoxon

	Asymp.sig.(2-tailed)
kV_April – kV_Mei	0.146
mAs_April – mAs_Mei	0.000

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel, didapatkan hasil bahwa pada tidak terjadi perubahan yang signifikan pada penggunaan kV bulan April-Mei 2020 dengan nilai *Asymp.sig* 0.146, sedangkan pada penggunaan mAs bulan April-Mei 2020 mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai *Asymp.sig* 0.000. radiografer dalam parktiknya mempunyai kendala dalam menentukan nilai eksposi, seperti kapan menaikkan dan menurunkan nilai kV dan mAs, hal ini juga terkait dengan pengalaman praktik dan pemilihan eksposi untuk ketebalan tubuh pasien. Berdasarkan Penelitian oleh zheng, 2017 tentang pemahaman perubahan faktor eksposi, perubahan nilai kV mengikuti dengan perubahan tebal tubuh pasien dengan tetap menjaga nilai mA, akan tetapi pada prakteknya perlu peningkatan 2.3% kV setiap kenaikan ketebalan 1 cm dari tubuh pasien, hal ini berkaitan bahwa kV menentukan kualitas sinar-X yang dihasilkan (Zheng, 2017). Selain itu disarankan pada pemeriksaan radiografi chest PA perlu diperhatikan *focus film distance* (FFD) yang digunakan, sebaiknya FFD yang lebih jauh jarak dari sumber ke objek dikompensasikan dengan menaikkan kV dan penurunan mAs. disarankan agar radiografer memahami tentang *diagnostic reference level* (DRL) dengan selalu memperhatikan penggunaan mAs, ukuran FFD dan luas lapangan penyinaran (Metaxas, Messaris, Lekatou, Petsas, & Panayiotakis, 2019). Selain itu radiografer dalam parktiknya mempunyai kendala dalam menentukan nilai eksposi, seperti kapan menaikkan dan menurunkan nilai parameter kV dan mAs, hal ini terkait radiografer dengan pengalaman praktik dan pemilihan eksposi untuk ketebalan tubuh pasien.

Dalam upaya optimisasi citra radiografi pada pemeriksaan radiografi chest PA pada sistem pencitraan CR menyediakan indikator penilaian citra dengan menggunakan EI. Pada Tabel 3 dan Gambar 1 menunjukan hasil nilai EI yang dihasilkan pada bulan April-Mei 2020. Pada bulan april rentang nilai EI 13-809, dengan rerata 264.77 ± 137.7 . sedangkan pada bulan mei rentang EI 16-288, dengan rerata 70.27 ± 35.6 . perubahan ini rerata pada bulan April-Mei mungkin terkait dengan EI mempunyai hubungan yang linear dengan faktot Eksposi terutama nilai mAs, selain faktor pendukung nilai kV dan filter, EI akan linear pada penggunaan kV tetap, akan tetapi pada saat kV meningkat maka EI akan meningkat secara eksponensial, sehingga dengan penggunaan kV yang meningkat dengan mAs yg tidak berubah mengakibatkan nilai EI cenderung konstan. Oleh karena itu pemilihan kV menjadi hal yang perlu diperhatikan oleh radiografer (Cohen, Cooper, Piersall, & Apgar, 2011). Penggunaan faktor eksposi dengan menaikkan kV dan menurunkan nilai mAs atau disebut dengan teknik *High kV* tidak selalu memberikan kriteria citra anatomi yang optimal, dari hasil penelitian Jenna R. Lorusso, 2015 dari analisa dosis radiasi bahwa tidak ada perubahan dari dosis

radiasi pada penambahan 20-30 kV dengan nilai mAs tetap dengan dosis yang diterima sama pada kedua kV yaitu 72% (Lorusso, Fitzgeorge, Lorusso, & Lorusso, 2015).



Gambar 1. Penggunaan *exposure index*

Tabel 3. Penggunaan EI

Bulan	EI	Rentang EI
April	264.77 ± 137.7	13-809
Mei	70.27 ± 35.6	16-288
± standar deviasi		

EI hanya digunakan sebagai panduan dosis radiasi relatif pada penggunaan CR tetapi bukan sebagai penentuan dosis radiasi. Selain itu diperlukan EIT sebagai indikator citra optimal pada penggunaan peralatan CR (Seeram, 2014). Laporan AAPM TG 116 memberikan rekomendasi rentang *Deviation index (DI)* yang digunakan sebagai kriteria penilaian citra optimal, dengan kriteria ditunjukkan Tabel 4. pada prakteknya penggunaan DI berhubungan dengan nilai *Exposure Index Target*.

Tabel 4. Kriteria *deviation index* (Shepard et al., 2009)

DI	Exposure	Tindakan
>3	> 2x <i>Overexposure</i>	Dicatat, pemeriksaan diulang
1.0- 3.0	<i>Overexposure</i>	Pemeriksaan diulang
-0.5 - 0.5	<i>Target range</i>	Optimal
-1.0 - 3.0	<i>Underexposure</i>	Konsultasi dengan dokter spesialis radiologi, pemeriksaan diulang
<-3.0	<i>Underexposure</i>	Pemeriksaan diulang

Kemudian pada tahun 2018 AAPM memperbaharui tentang pemahaman optimisasi dalam penggunaan DI dengan mengeluarkan AAPM TG 232, bahwa nilai EIT dapat dipengaruhi oleh *speed plate* CR, kemudian nilai EIT memiliki kriteria yang berbeda pada setiap jenis pemeriksaan radiografi (Dave et al., 2018)(Cohen et al., 2011). Dalam upaya optimisasi diperlukan pemahaman beberapa faktor yang digunakan pada tindakan optimisasi yang ditunjukkan pada Tabel 5, pada penelitian yang dilakukan ini masih membutuhkan beberapa faktor lagi untuk mendukung upaya optimisasi.

Tabel 5. Faktor optimisasi pada pemeriksaan radiografi
(Don, Whiting, Rutz, & Apgar, 2012)

Teknik	Faktor
Pemeriksaan	Kuantitas sinar-X (kVp dan filter) Penggunaan grid Jarak dari sumber ke pasien Posisi pemeriksaan (AP, PA dan lateral)
Pasien	Dosis radiasi Umur pasien
Organ	Perhatikan organ yang diperiksa Melindungi organ yang beresiko Radiasi hambur

Dalam praktiknya banyak citra yang mengalami *underexposure* dan *overexposure* tidak dilakukan pengulangan pemeriksaan karena situasi penanganan COVID-19 sehingga untuk pertimbangan faktor potensi terinfeksi dari pasien maka radiografer mengoptimalkan dalam *post processing* terutama dalam penggunaan *windowing* dengan berkonsultasi dengan dokter spesialis radiologi tentang citra radiografi yang dihasilkan. Ada beberapa upaya yang bisa dilakukan radiografer terkait upaya optimisasi dalam pemilihan faktor eksposi menggunakan CR diantaranya yaitu :

1. Mengetahui rentang EIT pada seluruh jenis pemeriksaan radiografi
2. Menentukan batasan yang diterima dari nilai EIT dengan mengoptimalkan *post processing*
3. Vendor peralatan CR memberikan akses kepada radiografer dalam mengetahui nilai EIT untuk peralatan yang dia gunakan dan mengatur nilai EIT yang sesuai dengan kriteria yang diterima oleh radiografer dengan mempertimbangkan dosis radiasi yang di terima pasien.

V KESIMPULAN

Pada penggunaan faktor eksposi pemeriksaan radiografi *chest PA suspected* COVID-19 mengalami perubahan nilai mAs, oleh karena radiografer dalam praktik klinis mempunyai kendala dalam menentukan faktor eksposi, seperti kapan menaikkan dan menurunkan parameter kV dan mAs, hal ini terkait dengan pengalaman praktik klinis radiografer dan pemilihan faktor eksposi untuk ketebalan tubuh pasien yang berbeda, sehingga diperlukan pemahaman *exposure index* dan memaksimalkan penggunaan *post processing* CR sebagai upaya optimisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, A. F. F., Alvarez, M., Ribeiro, S. M., Duarte, S. B., Miranda, J. R. A., & Pina, D. R. (2016). Association between subjective evaluation and physical parameters for radiographic images optimization. *Physica Medica*, 32(1), 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2015.10.095>
- Bernheim, A., Mei, X., Huang, M., Yang, Y., Fayad, Z. A., Zhang, N., ... Chung, M. (2020, June 1). Chest CT findings in coronavirus disease 2019 (COVID-19): Relationship to duration of infection. *Radiology*. Radiological Society of North America Inc. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200463>
- Boland, G. W., Duszak, R., McGinty, G., & Allen, B. (2014). Delivery of appropriateness, quality, safety, efficiency and patient satisfaction. *Journal of the American College of Radiology*, 11(1), 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.07.016>
- Busch, H. P. (2000). Need for New Optimisation Strategies in CR and Direct Digital Radiography. *Radiation Protection Dosimetry*, 90(1), 31–33. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a033139>
- Cha, M. J., Chung, M. J., Kim, K., Lee, K. S., Kim, J., & Kim, T. S. (2018). Clinical implication of radiographic scores in acute Middle East respiratory syndrome coronavirus pneumonia: Report from a single tertiary-referral center of South Korea. *European Journal of Radiology*, 107, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.09.008>
- Cohen, M. D., Cooper, M. L., Piersall, K., & Apgar, B. K. (2011). Quality assurance: Using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates. In *Pediatric Radiology*. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1951-9>
- Creeden, A., & Curtis, M. (2020). Optimising default radiographic exposure factors using Deviation Index. *Radiography*. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.02.009>
- Dalah, E. Z. (2020). Quantifying dose-creep for Skull and chest radiography using dose area product and entrance surface dose: Phantom study. *Radiation Physics*

and Chemistry, 167, 108231. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.03.035>

Dave, J. K., Jones, A. K., Fisher, R., Hulme, K., Rill, L., Zamora, D., ... Willis, C. (2018). Current state of practice regarding digital radiography exposure indicators and deviation indices: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 232. *Medical Physics*. <https://doi.org/10.1002/mp.13212>

Dobbins, J. T., Samei, E., Chotas, H. G., Warp, R. J., Baydush, A. H., Floyd, C. E., & Ravin, C. E. (2003). Chest radiography: Optimization of x-ray spectrum for cesium iodide-amorphous silicon flat-panel detector. *Radiology*, 226(1), 221–230. <https://doi.org/10.1148/radiol.2261012023>

Don, S., Whiting, B. R., Rutz, L. J., & Apgar, B. K. (2012). New exposure indicators for digital radiography simplified for radiologists and technologists. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.8678>

Ekpo, E. U., Hoban, A. C., & McEntee, M. F. (2014). Optimisation of direct digital chest radiography using Cu filtration. *Radiography*, 20(4), 346–350. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2014.07.001>

How good is radiography for COVID-19 detection? (2020). Retrieved July 30, 2020, from <https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=xra&pag=dis&ItemID=128618>

Jang, J. S., Yang, H. J., Koo, H. J., Kim, S. H., Park, C. R., Yoon, S. H., ... Do, K. H. (2018). Image quality assessment with dose reduction using high kVp and additional filtration for abdominal digital radiography. *Physica Medica*, 50, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.05.007>

Lorusso, J. R., Fitzgeorge, L., Lorusso, D., & Lorusso, E. (2015). Examining practitioners' assessments of perceived aesthetic and diagnostic quality of high kVp-Low mAs pelvis, chest, skull, and hand phantom radiographs. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2015.01.109>

Metaxas, V. I., Messaris, G. A., Lekatou, A. N., Petsas, T. G., & Panayiotakis, G. S. (2019). PATIENT DOSE in DIGITAL RADIOGRAPHY UTILISING BMI CLASSIFICATION. *Radiation Protection Dosimetry*. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy194>

Muhammad, I., Hidayanto, E., & Arifin, Z. (2014). Analisa Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Entrance Surface Air Kerma (Esak). Retrieved July 30, 2020, from https://www.researchgate.net/publication/339886790_Analisa_Pengaruh_Faktor_Eksposi_Terdapat_Entrance_Surface_Air_Kerma_Esak

Pedersen, C. C. E., Hardy, M., & Blankholm, A. D. (2018). An Evaluation of Image Acquisition Techniques, Radiographic Practice, and Technical Quality in Neonatal Chest Radiography. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2018.05.006>

Pedoman Pencegahan dan Pengendalian COVID-19» Info Infeksi Emerging Kementerian Kesehatan RI. (n.d.). Retrieved July 30, 2020, from <https://covid19.kemkes.go.id/protokol-covid-19/kmk-no-hk-01-07-menkes-413-2020-ttg-pedoman-pencegahan-dan-pengendalian-covid-19/#.XyKjAigzbIU>

Rubin, G. D., Haramati, L. B., Kanne, J. P., Schluger, N. W., Yim, J.-J., Anderson, D. J., ... Wells, A. U. (2020). The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. *Radiology*, 201365. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201365>

Sandborg, M., Tingberg, A., Ullman, G., Dance, D. R., & Alm Carlsson, G. (2006). Comparison of clinical and physical measures of image quality in chest and pelvis computed radiography at different tube voltages. *Medical Physics*, 33(11), 4169–4175. <https://doi.org/10.1118/1.2362871>

Seeram, E. (2014). The new exposure indicator for digital radiography. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2014.02.004>

Seeram, E., Davidson, R., Bushong, S., & Swan, H. (2013). Radiation dose optimization research: Exposure technique approaches in CR imaging - A literature review. *Radiography*, 19(4), 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2013.07.005>

Shepard, S. J., Wang, J., Flynn, M., Gingold, E., Goldman, L., Krugh, K., ... Willis, C. E. (2009). An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (Executive Summary). *Medical Physics*. <https://doi.org/10.1118/1.3121505>

Sng, L. H., Arlany, L., Toh, L. C., Loo, T. Y., Ilzam, N. S., Wong, B. S. S., & Lanca, L. (2020). Initial data from an experiment to implement a safe procedure to perform PA erect chest radiographs for COVID-19 patients with a mobile radiographic system in a “clean” zone of the hospital ward. *Radiography*. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.05.011>

Sun, Z., Lin, C., Tyan, Y. S., & Ng, K. H. (2012). Optimization of chest radiographic imaging parameters: A comparison of image quality and entrance skin dose for digital chest radiography systems. *Clinical Imaging*, 36(4), 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2011.09.006>

Tsou, I. Y. Y., Liew, C. J. Y., Tan, B. P., Chou, H., Wong, S. B. S., Loke, K. S. H., ... Tay, K. H. (2020). Planning and coordination of the radiological response to the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: the Singapore experience. *Clinical Radiology*. W.B. Saunders Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2020.03.028>

Uffmann, M., & Schaefer-Prokop, C. (2009). Digital radiography: The balance between image quality and required radiation dose. *European Journal of Radiology*, 72(2), 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.05.060>

Veldkamp, W. J. H., Kroft, L. J. M., & Geleijns, J. (2009, November). Dose and perceived image quality in chest radiography. *European Journal of Radiology*. Eur J Radiol. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.05.039>

Wong, H. Y. F., Lam, H. Y. S., Fong, A. H. T., Leung, S. T., Chin, T. W. Y., Lo, C. S. Y., ... Ng, M. Y. (2019). Frequency and Distribution of Chest Radiographic Findings in COVID-19 Positive Patients. *Radiology*, 201160. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201160>

Woznitza, N., Nair, A., & Hare, S. S. (2020). COVID-19: A case series to support radiographer preliminary clinical evaluation. *Radiography*, 26(3), e186. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.04.002>

Zheng, X. (2017). PATIENT SIZE BASED GUIDING EQUATIONS FOR AUTOMATIC mAs AND kVp SELECTIONS IN GENERAL MEDICAL X-RAY PROJECTION RADIOGRAPHY. *Radiation Protection Dosimetry*. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw246>