

## **EXPOSURE INDEX (EI) SEBAGAI ALAT OPTIMISASI PADA SISTEM RADIOGRAFI DIGITAL: IMPLEMENTASI DAN TANTANGAN BAGI RADIOGRAFER**

*Putu Irma Wulandari<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Academy of Radiodiagnostic and Radiotherapy Tecnicue Bali, Indonesia

Corresponding author: Putu Irma Wulandari

Email: [irma@atro-bali.ac.id](mailto:irma@atro-bali.ac.id)

### **ABSTRACT**

**Background:** *The existence of "exposure creep" in digital radiography systems has been debated over years, raising concern in image optimisation. Therefore, effective implementation of Exposure Index (EI) as a tool for optimisation has been stressed to address this issue. However, the concept of "exposure creep" and Exposure Index (EI) might not be familiar to all Indonesian radiographers. This study aims to explore the current literature related to EI, including the development, current status, and challenges in its implementation.*

**Methods:** *Literatures were explored in various databases using the following keywords; "Exposure Creep", Radiation dose in Digital Radiography, Optimisation in Digital Radiography, Exposure Index, Deviation Index, etc. Only references, such as books, journal articles, and official reports in Bahasa Indonesia and English are included in this study.*

**Results:** *The term "Exposure Creep" refers describe a gradual increase in exposures following the implementation of digital radiography systems. Exposure Index is used as a feedback for radiographers regarding exposures in image acquisition. However, in the beginning of its development there have been several issues, leading to confusion to users. Therefore, the development of the standardized Exposure Index (IEC 624924-1) has been proposed. This article also addresses several challenges in EI implementation and take-home points for radiographers.*

**Conclusions:** *Radiographers should be familiar with the basic concept of EI in order to effectively implement it as an optimisation tool.*

**Keyword :** *Exposure Creep; Exposure Index; Deviation Index; Digital Radiography*

### **Introduction (Pendahuluan)**

Penggunaan digital radiografi semakin meluas di Indonesia karena sistem digital mempunyai banyak keunggulan dibanding sistem konvensional (*screen-film system*). Pada awalnya, digital radiografi dikembangkan untuk mencapai kualitas gambar yang optimal dengan dosis radiasi yang minimum, karena melalui *image post-processing* kualitas gambar bisa diperbaiki dengan mengatur kontras dan ketajaman gambar (Don et al., 2012; Seeram, 2014; Seeram & Brennan, 2017). Sistem digital juga memungkinkan untuk penyimpanan dan transmisi gambar yang lebih efisien dan memungkinkan efisiensi kerja.

Namun, transisi dari konvensional ke sistem digital justru berpotensi meningkatkan dosis radiasi yang diterima pasien. Salah satu fenomena yang terjadi pada penggunaan radiografi digital adalah "*Exposure Creep*", dimana adanya kecenderungan radiografer meningkatkan eksposi untuk menghindari *noise* pada radiograf yang diakibatkan

oleh *underexpose* (Gibson & Davidson, 2012; Mothiram et al., 2014; Seibert & Morin, 2011; Shepard et al., 2009). Sehingga, penerapan optimisasi merupakan sebuah tantangan baru dalam sistem digital. Untuk itu, kini sistem digital telah dilengkapi dengan *Exposure Index (EI)*.

Nilai *Exposure Index (EI)* merefleksikan paparan radiasi pada permukaan detektor (*detector incidence dose*) yang didapat melalui perhitungan nilai pixel. Melalui evaluasi nilai EI, radiografer dapat mengetahui apakah eksposi yang diberikan kepada pasien sudah optimal, atau *overexpose* maupun *underexpose* (Seeram, 2014; Seeram & Brennan, 2017).

Dalam penerapan EI di lapangan masih ditemukan berbagai kendala dan tantangan. Variasi terminologi dan konsep perhitungan EI yang berbeda-beda antar vendor sangat berpotensi untuk membingungkan *users* (Mothiram et al., 2014).

Selain itu, nilai EI juga sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor sehingga radiografer harus

teliti ketika mengevaluasi teknik radiografi yang digunakan melalui observasi nilai EI (Mothiram et al., 2014). Tidak kalah penting, konsep EI mungkin tidak sepenuhnya dipahami oleh seluruh radiografer, sehingga fitur EI luput dari perhatian, sehingga tidak dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Sehubungan dengan meluasnya penggunaan radiografi digital dan perkembangan radiografi yang semakin pesat, sangat penting bagi radiografer untuk selalu mengimbangnya dengan meng-upgrade ilmu dan wawasan tentang teknologi terkini sehingga dapat memanfaatkannya secara optimal. Salah satu contohnya adalah dengan memahami konsep EI.

Literatur mengenai *Exposure Index* telah banyak ditulis. Namun sebagian besar dari literatur tersebut berbahasa Inggris. Kendala bahasa dapat menjadi salah satu faktor penghalang untuk radiografer memahami konsep EI dengan maksimal. Meskipun berbagai penelitian terkait evaluasi *Exposure Index* telah banyak dilakukan di Indonesia (Gunawati et al., 20 C.E.; Irsal, 2020; Rochmayanti et al., 2018), namun sebagian besar artikel tersebut mengedepankan evaluasi nilai EI di lapangan maupun eksperimen di laboratorium, tanpa membahas konsep EI secara mendalam.

Penulis menganggap bahwa dengan terbatasnya literatur yang mengeksplorasi konsep *Exposure Index* berbahasa Indonesia, terdapat potensi bahwa belum tentu semua radiografer memahami konsep *Exposure Index*, termasuk peluang terjadinya “*Exposure Creep*”, dan bagaimana implementasi *Exposure Index* yang efektif untuk menunjang optimisasi dalam pemeriksaan radiografi.

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengeksplor literatur mengenai *Exposure Index* yang meliputi konsep “*Exposure Creep*”, definisi dan perkembangan *Exposure Index* dari waktu ke waktu, serta poin penting yang harus dipahami oleh radiografer dalam pemanfaatan *Exposure Index* sebagai alat optimisasi.

## Methods (Metode)

Penelitian ini merupakan literature review, dimana eksplorasi literatur dilakukan dalam berbagai

database dengan kata kunci seperti “*Exposure Creep*”, *Radiation dose in Digital Radiography*, *Optimisation in in Digital Radiography*, *Exposure Index*, *Deviation Index*, dll. Sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan artikel ini meliputi buku, thesis, *official reports*, serta artikel dalam jurnal ilmiah bahasa inggris maupun berbahasa indonesia.

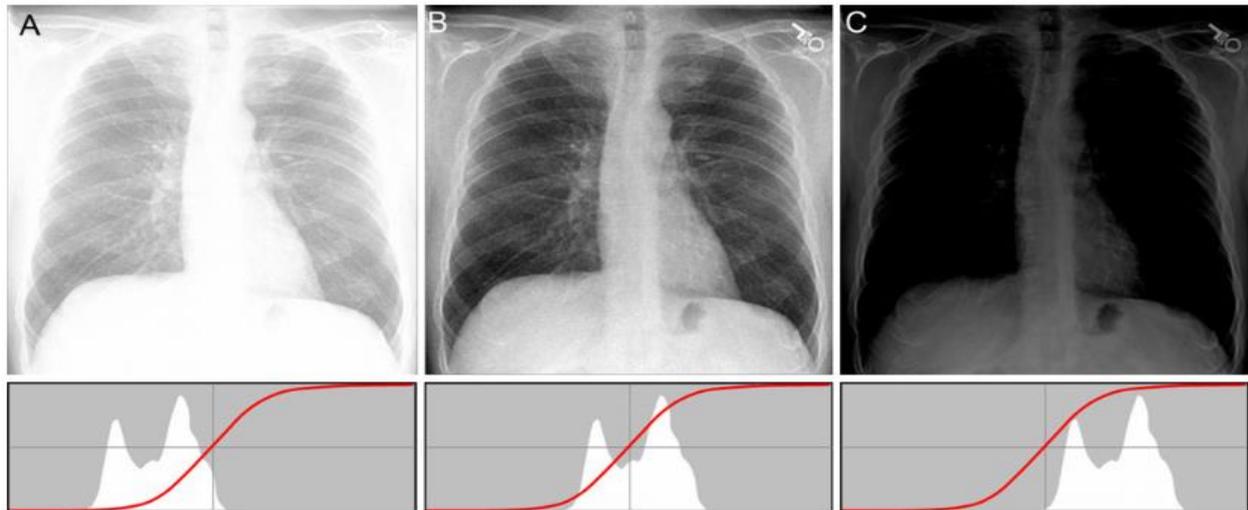
## Results and Discussion (Hasil dan Pembahasan)

### a. Konsep tentang “*Exposure Creep*”

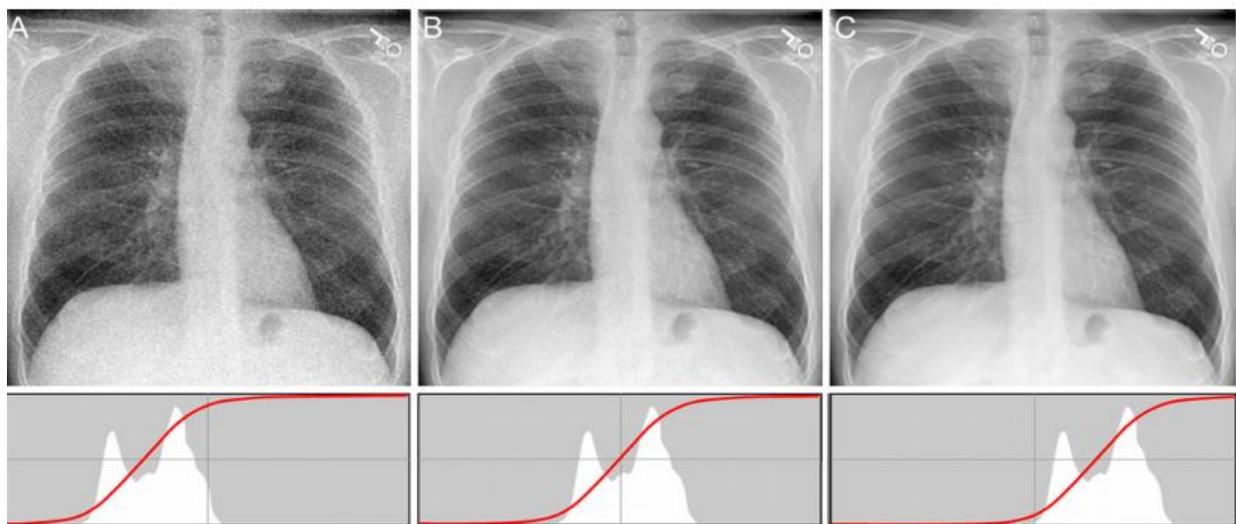
Penerapan optimisasi, dimana kualitas gambar maksimal harus dihasilkan dengan dengan dosis radiasi yang seminimal mungkin, menjadi tantangan tersendiri dalam era digital. Hal ini karena dibalik segala kelebihan sistem digital, apabila tidak digunakan dengan baik, maka dosis radiasi yang diterima pasien justru dapat meningkat (Seeram & Brennan, 2017).

Rentang *dynamic range* yang luas dan respon linier detector digital terhadap eksposi radiasi dapat menghasilkan gambar dengan kualitas yang bagus pada rentang eksposi yang lebih luas dibanding emulsi film (Don et al., 2012; Seeram, 2014; Seeram & Brennan, 2017). Digital image juga bisa dimanipulasi melalui *image post-processing*, sehingga meminimalisir pengulangan foto akibat kesalahan pemberian faktor eksposi. Namun, bersamaan dengan ini, *underexpose* dan *overexpose* juga tidak dapat dikenali secara instan (Aichinger et al., 2012). Hal ini dapat terlihat pada gambar 1 dan 2 yang menunjukkan perbedaan respon film dan respon detektor digital terhadap eksposi.

Pada sistem digital, ada kecenderungan radiografer meningkatkan faktor eksposi untuk menghindari *image noise*, dan sistem digital cenderung menimbulkan degradasi skill radiografi (Seeram & Brennan, 2017). Hal ini dimungkinkan karena radiografer terlalu bergantung pada teknologi yang memungkinkan manipulasi gambar, sehingga penafsiran faktor eksposi yang tepat berdasarkan komposisi jaringan, ketebalan objek, dan indikasi klinis tidak terlalu diperhatikan (Mothiram et al., 2014).



**Gambar 1.** Hasil citra pada radiografi konvensional, dimana gambaran akan terlihat putih jika terjadi *underexposure* (A), gambaran terlihat baik pada kondisi optimal (B), dan gambaran terlihat hitam pada *overexposure* (C). Histogram pada masing-masing gambar menunjukkan kurva karakteristik yang menggambarkan hubungan antara paparan pada sumbu x dan densitas pada sumbu y (Seibert & Morin, 2011).



**Gambar 2.** Respon detektor digital terhadap paparan radiasi. *Underexposure* (A), *exposure optimal* (B), dan *overexposure* (C) terlihat sama pada sistem radiografi digital. Histogram pada masing-masing gambar menunjukkan frekuensi distribusi nilai digital dimana sumbu x merepresentasikan nilai, dan sumbu y mewakili frekuensi. Kurva berbentuk S merupakan kurva karakteristik yang mendeskripsikan nilai raw data digital menjadi gambaran yang bisa diatur tingkat kecerahan dan kontras gambar. Nilai digital dari Volume of Interest Look-Up-Table (VOILUT) bisa disesuaikan pada histogram untuk mencapai rendering yang optimal (Seibert & Morin, 2011).

Pada sistem digital, *underexposure* akan menimbulkan *noise*, yang akan berdampak pada pengulangan foto. Sedangkan *overexposure* tidak berdampak terlalu signifikan terhadap kualitas gambar, namun pada dosis yang diterima pasien meningkat. Kecenderungan inilah yang terkadang meningkatkan tendensi

radiografer untuk meningkatkan eksposi pada sistem digital. Sehingga muncullah istilah "*Exposure Creep*".

Dalam bukunya yang berjudul "*Radiation Protection in Diagnostic Imaging*", Seeram dan Brennan (2017) mengilustrasikan "*Exposure Creep*" sebagai berikut: secara teori faktor eksposi

untuk abdomen adalah 60 kVp dan 20 mAs. Namun dalam keadaan tertentu, misalnya di unit Gawat Darurat (IGD), dimana radiografer dituntut untuk bekerja cepat dan tepat, factor eksposi cenderung dinaikkan, misalnya menjadi 60 kVp dan 25 mAs. Hal ini dilakukan untuk mengurangi pengulangan foto akibat *underexpose* (Seeram & Brennan, 2017), karena dalam digital system, *overexpose* tidak akan berdampak signifikan terhadap kualitas gambar, sebaliknya, *underexpose* akan menimbulkan *image noise (quantum mottle)* yang dapat berdampak pada pengulangan foto. Seiring waktu proses ini terus berulang dan faktor eksposi yang semakin tinggi pun terus menjadi standar, yang pada akhirnya akan berakibat pada peningkatan dosis radiasi pada pasien. Fenomena inilah yang disebut dengan “*Exposure Creep*” (Gibson & Davidson, 2012; Seeram & Brennan, 2017; Shepard et al., 2009).

Berbagai penelitian terkait potensi “*Exposure Creep*” telah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa secara keseluruhan kualitas gambar dan detail anatomi pada digital system adalah sama atau lebih bagus daripada screen-film system, namun dosis radiasi yang dihasilkan lebih besar (Jablanovic et al., 2013). Rata-rata dosis pada pemeriksaan sacroiliac joint pada konvensional system adalah 2.4mGy sedangkan pada digital system 3.6mGy (Jablanovic et al., 2013)

Gibson & Davidson (Gibson & Davidson, 2012) juga menemukan bahwa *exposure creep* terjadi pasca penggunaan teknologi digital di Australia. Dalam penelitiannya ditemukan bahwa berdasarkan observasi nilai EI selama 43 bulan, ditemukan peningkatan nilai EI yang signifikan, terutama di ICCU, meskipun peningkatan trend ini akhirnya dapat ditekan setelah dilakukan intervensi.

Meskipun eksistensi dari “*Exposure Creep*” ini masih menjadi perdebatan, namun potensi peningkatan dosis pada sistem radiografi digital tidak bisa diabaikan begitu saja, sehingga berbagai upaya proteksi radiasi (justifikasi, limitasi dan optimasi) pasca penggunaan teknologi

digital harus diimplementasikan secara komprehensif.

## **b. Latar Belakang Pembentukan *Exposure Index***

Dalam prosedur penyinaran radiasi pengion untuk diagnostik, dosis radiasi pasien harus diusahakan sekecil mungkin sesuai dengan tujuan klinik atau keperluan diagnosa tanpa mengakibatkan terjadinya pengulangan. Jika pedoman dipenuhi maka standar dosis pasien radiografi diagnostik akan sesuai dengan *safety standard, safety series* No. 115 IAEA (1994).

Penerapan asas optimisasi pada proteksi radiasi menjadi hal yang mutlak dalam radiografi konvensional, karena kesalahan pengaturan faktor eksposi akan akan terlihat jelas pada kualitas gambar, dimana jika faktor eksposi berlebih maka radiograf akan menjadi hitam (*overexposure*), dan jika faktor eksposi terlalu sedikit radiograf akan menjadi putih (*underexpose*) (Don et al., 2013; Goske et al., 2011; Seeram, 2014; Seeram & Brennan, 2017). Namun, optimisasi menjadi tantangan besar bagi radiografer dalam era digital karena kesalahan pemberian faktor eksposi akan sulit dievaluasi, apalagi jika tidak dimonitor dengan ketat.

Selain itu, kebebasan radiografer mengatur kontras dan ketajaman gambar melalui *post-processing* meningkatkan kecenderungan untuk memberikan faktor eksposi yang lebih besar, karena *overexposure* pada sistem digital akan tetap menampilkan kualitas gambar yang baik dibandingkan *underexposure* yang berpotensi *noise* (Don et al., 2013). Sehingga yang terjadi adalah dosis radiasi yang diterima pasien pada sistem digital lebih besar dibandingkan sistem konvensional, tanpa mempengaruhi kualitas gambar (Mothiram et al., 2014). Bahkan pemberian eksposi 5-10x lipat dari standar eksposi, tidak akan berdampak signifikan terhadap kualitas gambar (Seibert & Morin, 2011). Oleh karena itu, pemanfaatan sistem digital memerlukan perhatian yang cukup serius dalam hal optimisasi.

Dalam teknik radiografi, penggunaan *Automatic Exposure Control (AEC)* merupakan salah satu penerapan optimisasi,

untuk menghindari *overexpose* maupun *underexpose* (Seeram & Brennan, 2017). Hal ini karena AEC mengontrol jumlah radiasi optimal yang dapat menembus objek melalui pemilihan *ionization chamber*. Namun, tidak semua pemeriksaan bisa dilakukan dengan AEC, misalnya pada pemeriksaan *portable* atau *cito bed*, pediatrik, pemeriksaan objek yang tipis, serta objek yang terdapat protesis atau benda-benda lainnya yang dapat mengatenuasi sinar X (Goske et al., 2011). Sehingga, penerapan optimisasi menjadi semakin sulit pada pemeriksaan dengan sistem digital yang tidak menggunakan AEC, dimana radiografer cenderung meningkatkan eksposi untuk menghindari noise akibat *underexpose*, yang disebut dengan fenomena *Exposure Creep*.

Ada banyak cara untuk mengevaluasi level dosis radiasi yang diterima pasien dari eksposi radiasi diagnostik. Salah satu caranya adalah dengan meletakkan alat monitor radiasi pada pasien. Namun cara ini kurang efektif karena radiografer harus meletakkan alat pada tiap pasien dan mencatat dosis radiasinya (Seeram & Brennan, 2017). Selain itu, kesalahan pembacaan data juga mungkin terjadi.

Cara lainnya adalah dengan meletakkan alat monitor radiasi pada detector, namun hal ini juga kurang efisien karena akan menambah biaya dalam perakitan detector dan maintenance, serta kalibrasi yang ekstra juga diperlukan (Seeram & Brennan, 2017). Sehingga cara yang paling tepat adalah dengan memanfaatkan detector itu sendiri sebagai alat monitor level radiasi, yang pada prinsipnya adalah dengan memanfaatkan nilai setiap pixel sebagai representasi level radiasi yang mencapai detektor (Seeram & Brennan, 2017). Level radiasi yang

mencapai detector ini kemudian disebut dengan *Exposure Index (EI)*. *Exposure Index (EI)* bisa dianggap sebagai feedback dari faktor eksposi yang digunakan oleh radiografer.

*Exposure Index (EI)* adalah nilai median pixel yang merepresentasikan level noise pada suatu gambar. Jika nilai median pixel terlalu rendah, berarti terlalu banyak noise pada gambar, sedangkan jika nilai pixel terlalu tinggi, ini mengindikasikan eksposi yang berlebihan terhadap pasien. Perlu diperhatikan bahwa *EI* **bukan** merupakan level radiasi yang diterima pasien, tapi level paparan radiasi yang mencapai permukaan detector. Namun, level radiasi yang tinggi pada detector dapat diindikasikan sebagai radiasi yang tinggi pula pada pasien, sehingga dapat dijadikan sebagai *feedback* untuk radiografer apakah faktor eksposi yang digunakan terlalu tinggi atau sebaliknya (Moore et al., 2012; Seeram, 2014; Seeram & Brennan, 2017).

Pada prinsipnya, nilai EI didapat dari median nilai pixel pada image setelah eksposi dilakukan (*raw image*). Faktor eksposi dinyatakan optimal apabila nilai EI berada pada range tertentu.

**c. Tahap awal Perkembangan EI (Variasi vendor)**

Di awal perkembangannya, setiap vendor menggunakan perhitungan yang berbeda-beda untuk mendapatkan nilai EI dan menggunakan istilah yang berbeda pula. Namun pada prinsipnya tetap sama yaitu representasi image noise dan feedback terhadap factor eksposi. Variasi terminologi dan nilai rekomendasi EI optimal pada masing-masing vendor dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi Terminologi *Exposure Index* pada berbagai vendor (Seeram, 2014)

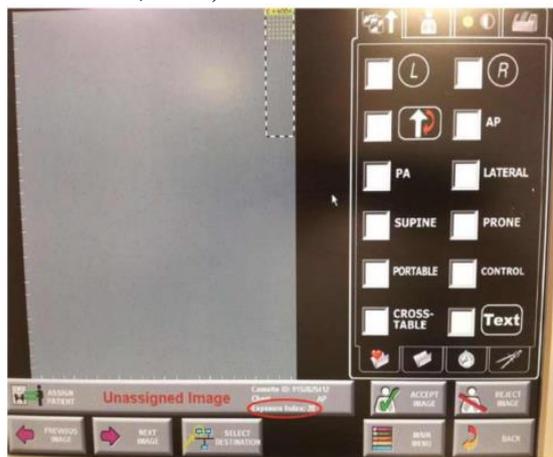
| Vendor               | Terminologi EI        | Simbol | Nilai rekomendasi |
|----------------------|-----------------------|--------|-------------------|
| Fuji CR System       | Sensitivity Number    | S      | 200-800           |
| Agfa CR System       | Logarithmic median    | lgM    | 1.6-2.5           |
| Carestream CR System | <i>Exposure Index</i> | EI     | 1300-1800         |
| Philips FPDR System  | <i>Exposure Index</i> | EI     | 200-800           |
| Siemens FPDR System  | <i>Exposure Index</i> | EI     | 200-800           |

Adapun istilah dan perhitungan masing-masing manufacturer terhadap *Exposure Index* adalah sebagai berikut (Seeram & Brennan, 2017):

**Carestream Health (Kodak)**

Pada dasarnya perhitungan EI pada sistem Kodak memanfaatkan kalkulasi nilai pixel pada organ-organ penting. Untuk itu, perhitungan dimulai dengan membagi image dalam beberapa segmen melalui algoritma, sehingga nilai pixel pada bagian anatomi yang secara klinis penting dimasukkan dalam perhitungan, dan sisanya tidak dimasukkan dalam perhitungan. Proses segmentasi ini sangat penting, sebagai contoh, kalkulasi EI tidak menyertakan nilai pixel pada daerah yang tidak terdapat objek (tidak diatenuasi oleh pasien) namun tercakup dalam kolimasi. Mengingat pentingnya proses segmentasi ini, maka sangatlah penting untuk memilih algoritma pemeriksaan yang tepat (Seeram & Brennan, 2017).

Dari perhitungan nilai pixel yang dilakukan oleh carestream, mereka menyimpulkan bahwa rentang EI 1700-1900 merupakan rentang optimal, dan peningkatan EI sebanyak 300 merepresentasikan double exposure (Seeram & Brennan, 2017).



Gambar 3. Tampilan *Exposure Index* pada sistem Carestream Health (Seeram & Brennan, 2017)

**Philips Healthcare**

Phillips memperkenalkan 2 sistem EI, pada system terdahulu nilai EI berbanding terbalik dengan dosis, namun pada sistemnya yang terbaru nilai EI berbanding

lurus dengan dosis radiasi pada detector. Hal ini tentu berpotensi membingungkan user karena prinsip yang berbeda pada merek yang sama. Sistem Phillips yang terdahulu sampai pada seri DigitalDiagnost 1.2 menyertakan nilai pixel pada regio yang terdapat anatomi-anatomi penting pada objek. Namun pada sistem terbaru yaitu DigitalDiagnost DDR, perhitungan pixel pada regional anatomi penting ini dihilangkan. Pada sistem phillips, rentang EI yang digunakan adalah 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, dan 630. Peningkatan EI dari satu level ke level yang lebih tinggi hanya akan terjadi apabila factor exposi ditingkatkan sebesar 25%. Oleh karena itu, peningkatan faktor eksposi yang sedikit tidak akan tercatat (Seeram & Brennan, 2017).

Berdasarkan pemaparan diatas terlihat jelas bahwa di tahap awal perkembangannya *Exposure Index* berbeda-beda pada tiap sistem, walaupun mereka menggunakan perhitungan yang hampir sama yaitu mengukur image noise pada masing-masing pixel pada area yang terdapat anatomi yang penting secara klinis.

Skala EI masih bervariasi antara satu sistem dengan system lainnya yang cenderung membingungkan users sehingga cenderung tidak diimplementasikan (Moore et al., 2012). Diperlukan skala EI yang konsisten antar vendor. Hal ini lah yang menjadi dasar pembentukan Exposure Index terstandarisasi IEC 624924-1.

**d. Exposure Index terstandarisasi IEC 624924-1**

Tahun 2009 *American Association of Physicists and Medicine (AAPM)*, berkolaborasi dengan *International Electrotechnical Commission (IEC)* telah mengeluarkan standar yaitu *Exposure Index IEC 624924-1*. Dengan standar ini, semua vendor diwajibkan untuk menerapkan *Exposure Index* dan *Deviation Index* pada semua jenis detektor digital. Selain itu, vendor dituntut untuk menyeragamkan konsep *Exposure Index* agar linier dengan eksposi pada detector.

**Tabel 2.** Rekomendasi nilai DI (Don et al., 2012)

| <i>Deviation Index (DI)</i> | <b>Keterangan</b> | <b>Tindakan</b>                     |
|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| > 3                         | > 2x overexposure | Pengulangan jika citra “burned out” |
| 1,0 sampai 3,0              | Overexposure      | Pengulangan jika citra “burned out” |
| -0,5 sampai 0,5             | Optimal           | -                                   |
| -3,0 sampai -1,0            | Underexposed      | Konsultasi untuk pengulangan        |
| < -3,0                      | Underexposed      | Pengulangan pengambilan gambar      |

Setelah peraturan ini dikeluarkan, tugas user adalah dengan menentukan *Target Exposure Index* (EI<sub>T</sub>) pada setiap prosedur radiologi sesuai dengan jenis detector yang digunakan. EI<sub>T</sub> adalah referensi paparan yang diperoleh saat gambar diekspos secara optimal. EI<sub>T</sub> diatur oleh pabrikan dan besarnya tergantung pada objek yang diperiksa, prosedur, dan detektor yang digunakan. Sebaiknya, penentuan EI<sub>T</sub> disesuaikan dengan penafsiran kualitas gambar yang melibatkan berbagai pihak, sehingga EI<sub>T</sub> tergolong subjektif (Seibert & Morin, 2011).

*Deviation Index* (DI) digunakan untuk mengukur bagaimana variasi EI terhadap EI<sub>T</sub>. Nilai DI didapat dari :

$$DI = 10 \log_{10} (EI/EI_T) \text{ ----- (Don et al., 2013; Seeram, 2014)}$$

Eksposi dinyatakan optimal apabila DI bernilai nol. DI +1 mengindikasikan overexpose yang setara dengan 25% dari target eksposi pada detector, DI -1 mengindikasikan underexpose 20% lebih rendah dari yang diharapkan. Sedangkan DI +3 atau -3 mengindikasikan eksposi 2x lipat lebih rendah atau lebih tinggi dari yang ditargetkan (Moore et al., 2012; Seeram & Brennan, 2017; Seibert & Morin, 2011). Rekomendasi pemeriksaan berdasarkan nilai DI dapat dilihat pada tabel 2.

**e. Point penting dalam implementasi Exposure Index**

Sesuai dengan rekomendasi *AAPM Task Group 116* dan *IEC* disebutkan bahwa jika nilai DI kurang -1 maka diperlukan *repeat exposure* karena adanya *noise* dalam radiograf (Moore et al., 2012; Seibert & Morin, 2011). Namun, hal ini tidak bisa diterapkan begitu saja dilapangan.

Bagaimanapun juga keputusan untuk melakukan pengulangan harus didasarkan pada keperluan klinis. Meskipun nilai EI mengindikasikan perlu pengulangan namun jika secara klinis radiograf sudah dapat menegakkan diagnosa maka pengulangan tidak diperlukan.

Selain itu, nilai *Exposure Index* didasarkan pada perhitungan nilai pixel. Sehingga, dalam menilai exposure yang diberikan selama pemeriksaan radiografer tidak bisa serta merta hanya berpatokan pada nilai EI. Hal ini karena nilai EI sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kolimasi dan penggunaan bahan-bahan yang dapat mengatenuasi sinar-X (Goske et al., 2011; Rochmayanti et al., 2018; Seeram & Brennan, 2017).

Kolimasi yang terlalu kecil berarti hanya sedikit area detector yang terekspos. Sehingga, sedikit pula jumlah pixel yang digunakan untuk menghitung median nilai pixel. Oleh karena itu, kolimasi yang sempit bisa berdampak pada nilai EI yang rendah (Goske et al., 2011; Seeram & Brennan, 2017).

Penggunaan bahan-bahan yang dapat mengatenuasi sinar-x seperti *gonad shield* atau *prosthesis* (pada *hip* maupun *knee replacement*) dapat mempengaruhi nilai EI. Ketika bahan-bahan ini masuk di area penyinaran maka sinar-x akan diatenuasi, dan akan tampak opaque pada radiograf. Sehingga median nilai pixel akan menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan tanpa adanya bahan-bahan ini (Goske et al., 2011; Seeram & Brennan, 2017).

Penelitian sebelumnya juga mengungkapkan bahwa *delay time processing Image Plate* pada *Computed Radiography* (CR) akan berpengaruh terhadap nilai EI. Jika terdapat *delay* pada

pembacaan IP, maka nilai EI akan menurun secara signifikan (Rochmayanti et al., 2018).

Mengingat banyaknya faktor determinan terhadap nilai EI, maka sangat penting bagi radiografer untuk berhati-hati dalam mengevaluasi nilai EI jika akan dijadikan dasar sebagai pengulangan foto.

#### f. Kendala dalam implementasi *Exposure Index*

Meskipun sistem optimisasi pemeriksaan radiografi digital telah dikembangkan dalam bentuk *Exposure Index* (EI), namun pada prakteknya, penerapan EI sebagai alat optimasi masih menemukan berbagai tantangan. Salah satu penyebabnya adalah variasi terminologi dan konsep *Exposure Index* yang beragam dari berbagai vendor, terutama bagi departemen yang menggunakan sistem sebelum IEC 624924-1. Skala EI yang bervariasi antara satu sistem dengan system lainnya cenderung membingungkan dalam penerapannya, terutama jika satu departemen menggunakan lebih dari satu jenis merk sistem (Mothiram et al., 2014; Seeram & Brennan, 2017). Sehingga, sangat penting untuk memahami masing-masing sistem yang digunakan dan diimplementasikan secara konsisten dengan EI sesuai standar untuk menghindari "*Exposure Creep*".

Rekomendasi dari *American Society of Radiologic Technologist* juga menekankan bahwa radiografer harus familiar dengan standar EI pada sistem yang mereka gunakan dan selalu meng-*upgrade* wawasan tentang teknologi digital terkini sehingga dapat memanfaatkan teknologi digital radiografi dengan maksimal (Demaio et al., 2019).

Selain itu, kendala yang juga mungkin terjadi adalah kurang meratanya informasi mengenai EI pada radiografer, sehingga menyebabkan sistem ini tidak dimanfaatkan secara optimal. Dalam hal ini, komunikasi antara radiografer dengan teknisi maupun *application product specialists* sangat berperan penting.

Untuk memaksimalkan implementasi EI di lapangan, penggunaan tabel referensi EI yang optimal juga perlu dipertimbangkan agar radiografer bisa mengevaluasi exposure yang digunakan setiap saat. Hal ini terutama

sangat penting pada system yang belum mengacu pada EI yang telah terstandarisasi IEC 624924-1.

Selain itu, nilai EI didapat melalui sederetan proses, yang dipengaruhi berbagai hal seperti kolimasi, *positioning*, dan body habitus pasien, serta masing-masing vendor mempunyai cara tersendiri untuk mengkalkulasi nilai EI yang dapat menyebabkan nilai EI menjadi lebih besar atau kecil dari yang seharusnya. Sehingga, ketika nilai EI yang berada dalam skala normal, hal ini tidak dapat dijadikan standar mutlak untuk memverifikasi bahwa teknik pemeriksaan yang dilakukan sudah tepat. Praktek terbaik dalam hal ini adalah pemanfaatan EI secara efektif, dimana nilai EI dijadikan indikator bahwa sejumlah sinar-X yang optimal sudah mencapai detector (Demaio et al., 2019).

Dalam hubungannya dengan kualitas gambar, EI juga tidak dapat digunakan secara mutlak untuk menentukan bahwa gambar harus diulang (jika nilai EI dibawah standar yang mengindikasikan terlalu banyak *noise*). Skill radiografi dalam hal interpretasi gambar, dan diskusi dengan radiolog harus dijadikan patokan bersama dengan EI untuk menentukan apakah pengulangan gambar diperlukan atau tidak. Seeram dan Brennan (2017) juga menekankan hal yang sama, yaitu EI tidak dapat dijadikan satu-satunya tolak ukur pengulangan gambar (Seeram & Brennan, 2017).

Sehubungan dengan hal tersebut, sangatlah penting bagi radiografer untuk memiliki pemahaman yang baik tentang bagaimana *image* dihasilkan dari sistem digital, sehingga dapat memilih teknik radiografi yang tepat untuk mencapai kualitas gambar optimal dengan dosis radiasi seminimal mungkin.

Selain itu, eksplorasi sistem yang sudah ada dan meng-*upgrade* ilmu dan wawasan tentang perkembangan sistem radiografi terkini juga diperlukan agar radiografer dapat memanfaatkan teknologi dengan maksimal. Salah satunya dengan memanfaatkan *Exposure Index*.

#### g. *Take-Home Points* bagi radiografer

Mengingat berbagai kendala yang mungkin muncul dalam penerapan EI di lapangan, maka radiografer perlu lebih teliti dan cermat dalam pemanfaatan *Exposure Index*. Menurut Seibert dan Morin (2011), berkaitan dengan penerapan *Exposure Index*, kewajiban user (dalam hal ini termasuk radiografer) dalam era digital, adalah sebagai berikut :

1. Ketika membeli sistem digital terbaru, pastikan alat tersebut mengaplikasikan EI yang telah terstandar yaitu IEC 62494-1.
2. Untuk departemen radiologi yang memakai CR/DR keluaran lama, bisa meminta upgrade software yang dilengkapi dengan standar EI terbaru (hal ini tergantung umur dari alat itu sendiri).
3. Mendapat pelatihan tentang EI dari vendor dan mengerti tentang cara kerjanya sesuai dengan sistem yang digunakan, serta mengaplikasikannya.
4. Menentukan nilai EI<sub>T</sub> untuk semua prosedur radiografi dan menetapkannya sebagai protokol standar.
5. Memonitor EI, EI<sub>T</sub>, dan DI, dan mengevaluasinya secara berkala
6. Mendokumentasikan faktor eksposi dan parameter lain untuk memperkirakan dosis pasien (jika memungkinkan)
7. Saling bertukar pengalaman dan data untuk dianalisa sebagai baseline referensi dosis dengan sesama rekan sejawat.
8. Berpartisipasi dalam audit dosis internal maupun external (Seibert & Morin, 2011).

### Conclusion (Simpulan)

Sistem radiografi digital telah dilengkapi dengan *Exposure Index (EI)*, yang berfungsi sebagai feedback terhadap eksposi yang digunakan oleh radiografer. *Exposure Index (EI)* adalah level radiasi yang mencapai detector, **bukan** merupakan level radiasi yang diterima pasien. Konsep EI dan penerapan EI secara efektif perlu dipahami oleh radiografer untuk menghindari terjadinya fenomena “*Exposure Creep*” pasca penggunaan sistem radiografi digital.

### Reference (Daftar Pustaka)

- Aichinger, H., Dierker, J., Joite-Barfuß, S., & Säbel, M. (2012). *Radiation Exposure and Image Quality in X-Ray Diagnostic Radiology: Physical Principles and Clinical Applications* (H. Aichinger, J. Dierker, S. Joite-Barfuß, & M. Säbel (eds.)). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-11241-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11241-6_2)
- Demayo, D. N., Herrmann, T., Noble, L. B., Orth, D., Peterson, P., Young, J., & Odle, T. G. (2019). Best practices in digital radiography. *Radiologic Technology, 91*(2), 198–201.
- Don, S., MacDougall, R., Strauss, K., Moore, Q. T., Goske, M. J., Cohen, M., Herrmann, T., John, S. D., Noble, L., Morrison, G., Lehman, L., & Whiting, B. R. (2013). Image gently campaign back to basics initiative: Ten steps to help manage radiation dose in pediatric digital radiography. *American Journal of Roentgenology, 200*(5), 431–436. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.9895>
- Don, S., Whiting, B. R., Rutz, L. J., & Apgar, B. K. (2012). New exposure indicators for digital radiography simplified for radiologists and technologists. *AJR. American Journal of Roentgenology, 199*(6), 1337–1341. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.8678>
- Gibson, D. J., & Davidson, R. A. (2012). Exposure Creep in Computed Radiography. *Academic Radiology, 19*(4), 458–462. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2011.12.003>
- Goske, M. J., Charkot, E., Herrmann, T., John, S. D., Mills, T. T., Morrison, G., & Smith, S. N. (2011). Image Gently: Challenges for radiologic technologists when performing digital radiography in children. *Pediatric Radiology, 41*(5), 611–619. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1957-3>
- Gunawati, S., Irsal, M., Dewi Amalia, M., Edy, Apriantoro, N. H., & Mahfud. (20 C.E.). EVALUASI EXPOSURE INDEX TERHADAP FAKTOR EKSPOSI DENGAN METODE 15% KVP RULE OF THUMB PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI KEPALA PROYEKSI AP. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan, 12*(2), 12–26. <http://journal.uwhs.ac.id/index.php/jitk/arti>

- cle/view/414/pdf
- Irsal, M. (2020). EVALUASI FAKTOR EKSPOSI DALAM UPAYA OPTIMISASI PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI CHEST PA SUSPECTED COVID-19. *KOCENIN Serial Konferens*, 1(1), 1–11.
- Jablanovic, D., Ciraj-Bjelac, O., Damjanov, N., Seric, S., Radak-Perovic, M., Arandjic, D., & Maksimovic, R. (2013). Screen-film versus digital radiography of sacroiliac joints: evaluation of image quality and dose to patients. *Radiation Protection Dosimetry U6* - Ctx\_ver=Z39.88-2004&ctx\_enc=info%3Aofi%2Fenc%3AUTF-8&rft\_id=info:Sid/Summon.Serialssolutions.Com&rft\_val\_fmt=info:Ofi/Fmt:Kev:Mtx:Journal&rft.Genre=article&rft.Atitle=Screen-Film+versus+digital+radiography+of+sacroiliac, 155(1), 88. [http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMw3V1NS-RAEG3Ug3gRd1d3V13o-xDJ50yy4EHdFVIYBGcEb1Lp7kiHfAzz4e-3qruTjAP-AW\\_DdOqSV7ypqnn9irEovPC9LU6QcZ ZHUOQSFLJjmBfYapMxe5iP07SItyfb3ZBp-O4zAD8VJKXxC13VI9JcrJcqV-0cfAHqZ1FNRWJS0AW1pUGMSpbTYIKWtPT23](http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMw3V1NS-RAEG3Ug3gRd1d3V13o-xDJ50yy4EHdFVIYBGcEb1Lp7kiHfAzz4e-3qruTjAP-AW_DdOqSV7ypqnn9irEovPC9LU6QcZ ZHUOQSFLJjmBfYapMxe5iP07SItyfb3ZBp-O4zAD8VJKXxC13VI9JcrJcqV-0cfAHqZ1FNRWJS0AW1pUGMSpbTYIKWtPT23)
- Moore, Q. T., Don, S., Goske, M. J., Strauss, K. J., Cohen, M., Herrmann, T., Macdougall, R., Noble, L., Morrison, G., John, S. D., & Lehman, L. (2012). Image gently: using exposure indicators to improve pediatric digital radiography. *Radiologic Technology U6* - Ctx\_ver=Z39.88-2004&ctx\_enc=info%3Aofi%2Fenc%3AUTF-8&rft\_id=info%3AAsid%2Fsummon.Serialsolutions.Com&rft\_val\_fmt=info%3Aofi%2Ffmt%3Akev%3Amtx%3Ajournal&rft.Genre=article&rft.Atitle=Image+gently%3A+using+exposure+indicators+to+im, 84(1), 93. [http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwtV1LS8NAEF60oHgRre8H7D1E0mTTJoIH8UFVCj7quexmNxJok9CmoP\\_emd0kjRVBD15C2JAc9ttMZma\\_fB8hnnvm2EsxweHw2YuV6\\_Jup-sL6XeF58LdSnDBpFYana2K32Fxd\\_Ag9jAD3-SPsH8OuHwgCcwXKAJywCOP5qGdxNk JSD\\_0-NtbbTXPcG1HueYW](http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwtV1LS8NAEF60oHgRre8H7D1E0mTTJoIH8UFVCj7quexmNxJok9CmoP_emd0kjRVBD15C2JAc9ttMZma_fB8hnnvm2EsxweHw2YuV6_Jup-sL6XeF58LdSnDBpFYana2K32Fxd_Ag9jAD3-SPsH8OuHwgCcwXKAJywCOP5qGdxNk JSD_0-NtbbTXPcG1HueYW)
- Mothiram, U., Brennan, P. C., Lewis, S. J., Moran, B., & Robinson, J. (2014). Digital radiography exposure indices: A review. *Journal of Medical Radiation Sciences*, 61(2), 112–118. <https://doi.org/10.1002/jmrs.49>
- Rochmayanti, D., Darmini, D., & Jannah, M. (2018). Faktor Determinan Kolimasi, Ukuran Imaging Plate Dan Delay Time Processing Terhadap Exposure Index. *Jurnal Riset Kesehatan*, 6(2), 1. <https://doi.org/10.31983/jrk.v6i2.2910>
- Seeram, E. (2014). The New Exposure Indicator for Digital Radiography. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 45(2), 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2014.02.004>
- Seeram, E., & Brennan, P. C. (2017). *Radiation protection in diagnostic X-Ray imaging* (Issue Book, Whole). Jones & Bartlett Learning. [http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwdV25CgIxEB10BbHxzGshP7ASc7lbi2JjIxZ2krhZsNDev3cmRnBFu4RA7uRiXjIvAFisePa1JxjEfaeNdaTwVApeaWW9LKRfWYmHYF1ntn\\_ZjT UH9DeDoRGcFP0x3EQj72NVBoLFYKLkwZmLRNFFvjRvjacYVzXxvYAo2y4k5GXQg4a\\_96G9jzfcA1geSCyAeo](http://usyd.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwdV25CgIxEB10BbHxzGshP7ASc7lbi2JjIxZ2krhZsNDev3cmRnBFu4RA7uRiXjIvAFisePa1JxjEfaeNdaTwVApeaWW9LKRfWYmHYF1ntn_ZjT UH9DeDoRGcFP0x3EQj72NVBoLFYKLkwZmLRNFFvjRvjacYVzXxvYAo2y4k5GXQg4a_96G9jzfcA1geSCyAeo)
- Seibert, J. A., & Morin, R. L. (2011). The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population. *Pediatric Radiology*, 41(5), 573–581.
- Shepard, S. J., Wang, J., Flynn, M., Gingold, E., Goldman, L., Krugh, K., Leong, D. L., Mah, E., Ogden, K., & Peck, D. (2009). An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (executive summary). *Medical Physics*, 36(7), 2898–2914.