

## Efektifitas Fototerapi pada Bayi Baru Lahir dengan Hiperbilirubinemia Berdasarkan Lampu dan Panjang Gelombang Fototerapi

Calvin Augurius<sup>1</sup>, Suryadi Susanto<sup>2</sup>, Yorisye Septiana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Ilmu Kesehatan Anak, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

Alamat Korespondensi: [suryadi.susanto@ukrida.ac.id](mailto:suryadi.susanto@ukrida.ac.id)

### Abstrak

Hiperbilirubinemia adalah peningkatan kadar bilirubin dalam darah, baik oleh faktor fisiologis maupun non fisiologis yang secara klinis menimbulkan gejala yang disebut ikterus (kuning). Fototerapi adalah salah satu manajemen untuk mencegah kerusakan otak akibat bilirubin pada neonatus. Bilirubin merupakan target fototerapi menyerap sinar secara maksimal pada spektrum biru (460-490 nm). Namun, literatur lain mengatakan spektrum panjang gelombang berbeda, yaitu pirus (497 nm) juga sama efektifnya dalam menurunkan kadar bilirubin. Tujuan penelitian adalah mengetahui jenis lampu dan rentang panjang gelombang fototerapi yang paling efektif terhadap neonatus hiperbilirubinemia. Eligibilitas penelitian berdasarkan *Participant, Intervention, Comparison, and Outcomes (PICO)* dan *Boolean Operator*. Database elektronik berasal dari *Pubmed* dan *Google Scholar*. Kriteria inklusi berupa neonatus hiperbilirubinemia, usia gestasi  $\geq 34$  minggu sampai 42 minggu atau berat lahir  $\geq 2000$ g dan kriteria eksklusi berupa bayi hiperbilirubinemia dengan sebab inkompatibilitas ABO, kelainan kongenital, metabolik, dan hemolitik lainnya. Berdasarkan seleksi dan penilaian kualitas, didapatkan 9 artikel dapat dianalisa. Pada pembahasan didapatkan fototerapi lampu hijau panjang gelombang 500 nm memiliki efektifitas yang sama dengan fototerapi gelombang biru panjang gelombang 470 nm dalam penurunan bilirubin total serum, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif. Fototerapi LED memiliki efektifitas yang sama dalam penurunan bilirubin total serum jika dibandingkan dengan fototerapi konvensional.

**Kata kunci:** efektifitas, fototerapi, hiperbilirubinemia, konvensional, LED

### *Literature Review: Effectivity of Phototherapy in Newborns with Hyperbilirubinemia Based on Lamp Type and Phototherapy Wavelength*

#### Abstract

*Hyperbilirubinemia is an increased level of bilirubin in blood, due to physiological or non-physiological factors, which clinically causes symptom called jaundice (yellow). Phototherapy is one of the managements to prevent brain damage related to bilirubin in neonates. Bilirubin is the target of phototherapy. Bilirubin is said to absorb maximum light in blue spectrum (460-490 nm). However, other literature mentions different wavelength, namely turquoise (497 nm), which is reported equally effective in lowering bilirubin levels. This study aimed to evaluate from the available literature the light type and wavelength range of phototherapy that was most effective against hyperbilirubinemia in neonates. Eligibility of research based on *Participants, Intervention, Comparison, and Outcomes (PICO)* and *Boolean Operators*. Electronic databases used were *Pubmed* and *Google Scholar*. Inclusion criteria were neonatal hyperbilirubinemia, gestational age  $\geq 34$  to 42 weeks or birth weight  $\geq 2000$ g. Exclusion criteria were hyperbilirubinemic infants due to ABO incompatibility, congenital, metabolic, and other hemolytic disorders. Nine articles were analyzed. This study found that green light phototherapy of 500 nm had the same effectiveness as the blue wavelength of 470 nm in reducing total serum bilirubin, so it can be used as alternative. LED phototherapy had the same effectiveness in reducing total serum bilirubin when compared to conventional phototherapy.*

**Keywords:** conventional, effectiveness, ESR, hyperbilirubinemia, phototherapy

#### How to Cite :

Augurius C, Susanto S, Septiana Y, .Efektifitas Fototerapi pada Bayi Baru Lahir dengan Hiperbilirubinemia Berdasarkan Lampu dan Panjang Gelombang Fototerapi. J Kdokt Meditek. 2021;27(2): 129-135. Available from: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/article/view/1923>  
DOI: <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v27i2.1923>

## Pendahuluan

Hiperbilirubinemia adalah terjadinya peningkatan kadar bilirubin dalam darah, baik oleh faktor fisiologis maupun non fisiologis yang secara klinis menimbulkan gejala yang disebut ikterus (kuning).<sup>1</sup> Ikterus merupakan salah satu gejala yang umum dijumpai pada bayi baru lahir (neonatus). Kejadian ikterus sebanyak 50-52% pada bayi cukup bulan dan 80% terjadi pada bayi berat lahir rendah.<sup>2</sup> Menurut organisasi kesehatan dunia *World Health Organization* (WHO) kejadian ikterus didunia pada setiap tahunnya kira-kira 3% (3,6 juta) dari 120 juta bayi. Bayi lahir yang mengalami ikterus neonatorum, hampir 1 juta bayi meninggal.<sup>3</sup> Angka kejadian kuning bayi di Indonesia berdasarkan usia gestasi sekitar 50% bayi cukup bulan yang mengalami perubahan warna kulit, mukosa, dan mata menjadi kekuningan (ikterus). Pada bayi kurang bulan (*premature*) kejadiannya lebih sering, yaitu 75%. Dilaporkan di RS Ciptomangunkusumo pada tahun 2007 persentase ikterus neonatorum pada bayi cukup bulan sebesar 32,1% dan pada bayi kurang bulan sebesar 42,9%.<sup>4</sup>

Pada fasilitas kesehatan primer, fototerapi *Light Emitting Diode* (LED) gelombang biru paling sering digunakan. Neonatus dengan hiperbilirubinemia disinarkan dengan cahaya intensitas tinggi dalam spektrum yang terlihat. Bilirubin, yang merupakan target fototerapi ini menyerap sinar secara maksimal pada rentang spektrum biru (460-490 nm).<sup>5</sup> Namun, literatur lain mengatakan spektrum panjang gelombang yang berbeda, yaitu pirus (497 nm) juga sama efektifnya dalam menurunkan kadar bilirubin.<sup>6</sup> Hal ini menjadi penting dalam penanganan bayi dengan hiperbilirubinemia dimana efektifitas penurunan kadar bilirubin dan efek samping yang minimal dari penggunaan fototerapi dipertanyakan.

Penggunaan fototerapi *Light Emitting Diode* (LED) panjang gelombang 460-490 nm lebih efektif dalam menurunkan kadar bilirubin dibandingkan dengan fototerapi konvensional (panjang gelombang 420-470 nm).<sup>7</sup> Ada studi lain mengatakan bahwa fototerapi konvensional lebih efektif dibandingkan LED.<sup>8</sup> Hal ini menjadi perdebatan mengenai fototerapi apa yang paling efektif pada bayi baru lahir dengan hiperbilirubinemia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui manakah jenis lampu dan rentang panjang gelombang fototerapi yang paling efektif terhadap neonatus dengan hiperbilirubinemia. Oleh karena itu, literatur review ini akan berfokus untuk menganalisa efektifitas dari berbagai jenis lampu dan panjang gelombang fototerapi pada neonatus dengan hiperbilirubinemia.

## Metodologi

Melakukan pencarian literatur ini berdasarkan pada *Participant, Intervention, Comparison, and Outcomes* (PICO) dan penggunaan *Boolean Operator*. Pada pembuatan review ini populasi yang akan masuk dalam kriteria inklusi adalah bayi baru lahir (neonatus) dengan hiperbilirubinemia, kriteria usia gestasi  $\geq 34$  minggu sampai 42 minggu atau berat badan lahir bayi  $\geq 2000$ g. Metodologi dilakukan dengan melakukan perbandingan jenis lampu dan panjang gelombang yang berbeda atau jenis lampu yang sama dengan panjang gelombang berbeda. Jurnal penelitian dan *textbook* dipublikasikan dalam kurun waktu 2011-2020, jurnal dan *textbook* memiliki inti dan hasil (*outcome*) yang sama dengan tujuan penelitian dan jurnal atau artikel ilmiah menggunakan bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Pencarian kemudian disaring lebih mendalam melalui kriteria eksklusi berupa jurnal yang tidak memiliki data yang jelas dan tidak ditampilkan secara keseluruhan (*full text*) atau hanya pratinjau, sampel eksklusi berupa bayi hiperbilirubinemia dengan sebab inkompatibilitas ABO, kelainan hemolitik lainnya, kelainan kongenital dan kelainan metabolik, tema jurnal berbeda dengan tema penelitian dan metode penelitian tidak dijelaskan dengan baik.

## Hasil

Berdasarkan hasil pencarian literatur yang sudah dilakukan, didapatkan 9 literatur yang dapat dianalisis. Beberapa rincian artikel-artikel yang telah dipublikasikan dapat diuraikan. Sumarni (2019) melakukan penelitian dengan menggunakan desain deskriptif komparatif, metode yang digunakan meliputi: 1. Panjang gelombang fototerapi LED yang digunakan berkisar 460-490 nm dan fototerapi fluoresen berkisar antara 420-470 nm, 2. Responden: bayi hiperbilirubinemia dengan kadar bilirubin awal antara 12-14.9 mg/dl untuk responden fototerapi konvensional dan 15-18.9 mg/dl dan berat badan lebih dari 2500gr - 4000gr, dan 3. Dari 60 responden, 30 diuji coba pada fototerapi LED dan 30 responden lainnya diuji pada fototerapi konvensional. Hasil penelitian menyatakan antara lain: 1. Dari 60 bayi: penurunan kadar bilirubin  $>3$ mg/dl/hari; 21 bayi efektif dengan fototerapi konvensional dan 28 bayi efektif dengan penggunaan fototerapi LED, dan 2. Fototerapi LED 6 kali lebih efektif dalam menurunkan bilirubin dibandingkan fototerapi konvensional.<sup>7</sup>

Kuboi *et al.* (2019), menggunakan desain *randomized controlled trial*, metode LED gelombang hijau (500 nm) dan LED gelombang

biru (461 nm), dan hasil penelitiannya menyatakan antara lain: 1. Penurunan bilirubin total serum setelah 24 jam fototerapi:  $1,5 \pm 1,6$  mg/dl (LED hijau) dan  $1,7 \pm 2,1$  mg/dl (LED biru), 2. Dari 34 bayi: 16 bayi untuk LED hijau dan 18 bayi untuk LED biru, 3. Usia gestasi:  $38,8 \pm 1,6$  minggu (LED hijau) dan  $39,4 \pm 1,4$  minggu (LED biru), 4. Berat badan lahir:  $2864 \pm 374,7$  g (LED hijau) dan  $3014 \pm 318,3$  g (LED biru), dan 5. Bilirubin total serum awal:  $15,3 \pm 1,5$  (LED hijau) dan  $16,2 \pm 1,3$  (LED biru).<sup>9</sup>

Kato *et al.* (2019), menggunakan desain *randomized controlled trial*, metode yang digunakan antara lain: 1. Perangkat yang digunakan LED dalam mode radiasi tinggi maupun rendah dan perangkat tabung fluoresen, 2. Fototerapi menggunakan perangkat LED yang memiliki emisi puncak pada 462 nm dan perangkat *fluorescent tube* yang memiliki emisi puncak pada 476 nm, 3. Total sampel berjumlah 32 neonatus dirandomisasi menjadi 2 kelompok, yaitu 17 untuk grup tabung fluoresen dan 15 untuk grup LED, dan hasil penelitiannya menyatakan: 1. Usia gestasi:  $37,6 \pm 1,1$  (grup fluoresen) dan  $38,3 \pm 1,1$  (grup LED), 2. Berat badan lahir:  $2962 \pm 452$  g (grup fluoresen) dan  $2977 \pm 320$  g (grup LED), 3. Bilirubin total serum awal:  $19,1 \pm 2,7$  mg/dl (grup fluoresen) dan  $18,1 \pm 2,3$  mg/dl (grup LED). Bilirubin total serum setelah fototerapi 24 jam:  $15,1 \pm 2,5$  mg/dl (grup fluoresen) dan  $14,6 \pm 2,7$  mg/dl (grup LED). Dari hasil penelitian, maka Kato *et al.* (2019) menyimpulkan bahwa perangkat LED dan tabung fluoresen dengan pola penyinaran yang berbeda menghasilkan penurunan yang sama dalam tingkat TSB pada bayi baru lahir ketika jarak ke pasien disesuaikan untuk memberikan CFC yang serupa.<sup>10</sup>

Ebbesen *et al.* (2016), desain yang digunakan *randomized controlled trial*, metode: 1. Lampu LED biru dan pirus, dengan panjang gelombang LED biru 459 nm dan LED pirus sebesar 497 nm, 2. Bayi dengan usia gestasi  $\geq 33$  minggu dan hiperbilirubinemia tanpa komplikasi. Empat puluh enam responden menerima lampu LED pirus dan 45 responden menerima lampu LED biru dengan iradiasi  $5,1-5,2 \times 10^{14}$ . Hasil penelitian antara lain: 1. Usia gestasi: 266 hari (LED pirus) dan 269 hari (LED biru), berat badan lahir: 3240 gram (LED pirus) dan 3400 gram (LED biru), 2. Rata-rata bilirubin total serum pre fototerapi: 250  $\mu\text{mol/l}$  (LED pirus) dan 260  $\mu\text{mol/l}$  (LED biru), rata-rata bilirubin total serum post fototerapi (setelah 24 jam): 168  $\mu\text{mol/l}$  (LED pirus) dan 178  $\mu\text{mol/l}$  (LED biru), 3. Rata-rata penurunan total bilirubin serum 24 jam: 83  $\mu\text{mol/l}$  (35,3%) pada LED pirus dan 85  $\mu\text{mol/l}$  (33,1%) pada LED biru, dan 4. Menggunakan lampu LED dengan iradiasi yang

sama, lampu pirus dan biru memiliki efek pengurangan bilirubin yang sama pada hiperbilirubinemia neonatus.<sup>7</sup>

Colindres *et al.* (2012), desain: *randomized controlled trial*, metode: lampu fototerapi menggunakan LED biru yang memancarkan panjang gelombang dominan 470 nm, dibandingkan dengan fototerapi fluoresen (konvensional), hasil penelitian: 1. Dari 45 responden; 15 dengan fototerapi fluoresen, 15 dengan fototerapi halogen dan 15 dengan fototerapi LED, 2. Usia gestasi bayi:  $34,8 \pm 1,7$  minggu (fluoresen),  $35,7 \pm 1,4$  minggu (halogen), dan  $35,3 \pm 1,2$  minggu (LED), 3. Rata-rata serum bilirubin awal: 11,6 mg/dl (fluoresen), 11,6 mg/dl (halogen), 12,7 mg/dl (LED), 4. Penurunan bilirubin (per 24 jam): 4,8 mg/dl (fluoresen), 4,9 mg/dl (halogen), dan 5,1 mg/dl (LED), dan 5. Fototerapi LED sama efektifnya dengan fototerapi konvensional (lampu fluoresen biru atau lampu halogen).<sup>11</sup>

Eki-sariyaphorn *et al.* (2013), desain: *randomized controlled trial*, metode: sumber cahaya dari peralatan fototerapi in-house LED, panjang gelombang memiliki rentang 465-475 nm, sehingga total iradiasi adalah 24 microwatts/cm<sup>2</sup>/nm pada jarak tegak lurus 30 cm dari sumber cahaya, sedangkan peralatan fototerapi konvensional terdiri dari empat tabung fluoresen biru, hasil penelitian: 1. Responden: bayi hiperbilirubinemia sebanyak 50 pasien; 25 pasien fototerapi LED dan 25 pasien fototerapi konvensional, 2. Usia gestasi:  $39,5 \pm 1,3$  minggu (konvensional) dan  $38,6 \pm 1,4$  minggu (LED), rerata berat badan lahir:  $3143,6 \pm 387,7$  g (konvensional) dan  $2945,2 \pm 393,8$  g (LED), 3. Serum bilirubin awal:  $16,2 \pm 2,7$  mg/dl (LED) dan  $15,8 \pm 1,5$  mg/dl (konvensional), serum bilirubin setelah 24 jam fototerapi:  $15,4 \pm 3,6$  mg/dl (LED) dan  $15,2 \pm 2,6$  mg/dl (konvensional), serum bilirubin setelah 72 jam:  $14,6 \pm 1,3$  mg/dl (LED) dan  $15,3 \pm 3,3$  mg/dl (konvensional), 4. Peralatan in-house fototerapi LED lebih efektif dalam mengurangi kadar bilirubin serum pada hiperbilirubinemia neonatal dibandingkan dengan konvensional fototerapi.<sup>12</sup>

Gutta *et al.* (2019), desain: *randomized controlled trial*, metode: 1. Lampu konvensional dan LED, lampu konvensional: iradiasi 8-12  $\mu\text{W/cm}^2/\text{nm}$  dengan panjang gelombang 425-475 nm, lampu LED: iradiasi 30-40  $\mu\text{W/cm}^2/\text{nm}$  dengan panjang gelombang 450-500 nm, 2. Sampel adalah neonatus sebanyak 166 dengan usia gestasi lebih dari 35 minggu, delapan puluh tiga menerima fototerapi LED dan 83 lainnya menerima fototerapi konvensional, hasil penelitian: 1. Usia gestasi:

38,47 ± 1,34 minggu (LED) dan 38,62 ± 1,46 minggu (konvensional), 2. Serum total bilirubin awal adalah 299,93 ± 41,21 µmol/l (LED) dan 285,74 ± 47,03 µmol/l (konvensional), 3. Perbedaan yang signifikan didokumentasikan dalam laju rata-rata penurunan TSB pada kelompok LED, yaitu 5,3 ± 2,91 µmol/L/jam dibandingkan dengan kelompok konvensional 3,76 ± 2,39 µmol/L/jam, dan 4. Peningkatan yang signifikan dalam rata-rata tingkat lumirubin urin acak diamati pada kelompok LED, yaitu 129,01 ± 33,18 au dibandingkan dengan kelompok konvensional, yaitu 114,44 ± 44, 84 au.<sup>13</sup>

Ngerncham *et al.* (2012), desain: *randomized controlled trial*, metode: perangkat yang digunakan adalah lampu fluorens (konvensional) dengan lampu LED sebagai pembanding, hasil penelitian: 1. Total sampel: 40 bayi sehat; 20 bayi grup LED dan 20 bayi grup konvensional, usia gestasi: 38,1 ± 1,5 (konvensional) dan 37,9 ± 1,6 (LED), 2. Bilirubin plasma awal: 14,5 mg/dl (konvensional) dan 14,2 mg/dl (LED), 3. Laju bilirubin plasma menurun selama fototerapi dalam kelompok konvensional lebih tinggi (0,16 mg/dl/jam) daripada grup LED (0,10 mg/dl/jam), median durasi 23 jam (konvensional) dan 30 jam (LED), dan 4. Secara lokal, menemukan perangkat fototerapi dengan warna biru khusus tabung fluorens bisa lebih efektif daripada lebih fototerapi super LED komersial yang mahal perangkat dalam menurunkan bilirubin plasma.<sup>8</sup>

Al-ali *et al.* (2013), desain: *randomized controlled trial*, metode: perangkat yang digunakan adalah LED biru dan memiliki panjang gelombang puncak pada 450 nm, fototerapi konvensional diberikan kelompok kontrol, hasil penelitian: 1. Fototerapi LED sebanyak 101 neonatus dengan ikterus dinyatakan sehat, cukup bulan dan prematur neonatus yang memiliki hiperbilirubinemia secara prospektif diacak baik LED (n = 57) atau fototerapi konvensional (n = 44), 2. Usia gestasi rata-rata: 36,7 ± 0,6 minggu (LED) dan 36,33 ± 0,9 minggu (konvensional), rata-rata usia neonatus saat memulai fototerapi adalah 5,7 ± 0,8 hari (LED) dan 6,7 ± 0,7 hari (konvensional), 3. Serum bilirubin total awal sampel pada kedua kelompok yang diambil adalah ≥10 mg/dl sampai dengan <20 mg/dl, 4. Rata-rata penurunan bilirubin total serum: 0,19 mg/dl/6 jam (konvensional) dan 0,52 mg/dl/6 jam (LED), serta 5. Ada tingkat yang lebih tinggi secara signifikan menurunkan TSB pada kelompok LED dibandingkan dengan yang konvensional.<sup>14</sup>

## Pembahasan

## Efektifitas Fototerapi dari Panjang Gelombang yang Berbeda

Penelitian mengenai perbandingan efektifitas fototerapi yang satu dengan yang lainnya yang dilakukan Ebbsen *et al.* (2016), yaitu membandingkan fototerapi biru kehijauan dengan fototerapi biru pada iradiasi yang sama menunjukkan efek yang sama terhadap pengurangan bilirubin pada neonatus.<sup>6</sup> Padahal, sebelumnya pada tahun 2007 penelitian Ebbsen *et al.*, menunjukkan bahwa gelombang pirus 20% lebih efisien daripada gelombang biru tetapi tidak ada perbedaan signifikan terhadap penurunan bilirubin. Hasil berbeda yang diperoleh dalam penelitian ini dalam kaitannya dengan penelitian sebelumnya dapat dijelaskan oleh (i) penggunaan sumber cahaya yang berbeda (tabung LED vs. tabung lampu fluorens spektrum yang lebih luas), (ii) fakta bahwa panjang gelombang emisi puncak biru Perangkat LED bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih panjang (452 ke 459 nm), pada studi sebelumnya, Ebbsen F dkk membandingkan lampu biru kehijauan dan biru dengan iradiasi yang sama dinyatakan sebagai µW/cm<sup>2</sup>/nm, diukur dengan meteran daya fotodiode *broadband*.<sup>6</sup> Penelitian Christensen dkk menambahkan efek samping potensial mungkin kurang serius pada fototerapi dengan panjang gelombang lebih panjang: pada kultur sel yang mengandung bilirubin, cahaya pirus menyebabkan lebih sedikit kerusakan DNA dan kurang sitotoksik, dibandingkan dengan cahaya biru.<sup>15</sup>

Penelitian mengenai gelombang lain yang memiliki spektrum puncak 500 nm memiliki efektifitas yang sama terhadap penurunan bilirubin total serum. Penelitian oleh Kuboi *et al.* (2019) menunjukkan bahwa fototerapi LED gelombang hijau tidak kalah unggul dibandingkan dengan LED gelombang biru.<sup>9</sup> Berdasarkan temuan ini, peneliti terkait yakin ini adalah area penting untuk penelitian ilmiah karena pedoman AAP mementingkan mengenai iradiasi dan panjang gelombang efektif dalam fototerapi, tidak berdasarkan fotokimia bilirubin. Dilihat dari mekanisme fototerapi terhadap bilirubin, (ZE)-bilirubin kembali ke (ZZ)-bilirubin dalam empedu dan diserap kembali dari saluran usus ke dalam sirkulasi enterohepatik. Selain itu, terdapat produksi siklobilirubin yang cukup pada fototerapi LED biru *in vitro*, tetapi produksi (ZE)-bilirubin tingkat tinggi terjadi pada saat yang bersamaan.<sup>16</sup> Hal ini dapat mengurangi efek fototerapi *in vivo* karena (ZE)-bilirubin dapat bersaing dengan siklobilirubin untuk pengambilan (*uptake*) hati. Oleh karena itu, (ZE)-bilirubin tidak akan dikeluarkan secara efisien dari tubuh selama

fototerapi LED biru digunakan. Onishi dkk menemukan bahwa panjang gelombang yang paling efisien adalah 520 nm di wilayah hijau. Hal ini dibuktikan dari patofisiologi isomer struktural, dimana yang paling efisien untuk menimbulkan siklisasi (ZZ)-bilirubin melalui (EZ)-bilirubin menjadi (EZ) siklobilirubin.<sup>17</sup> Namun, perlu adanya indikator pengukur yang akurat pada fototerapi LED hijau agar dapat dibandingkan efektifitas secara kuantitatif dengan LED biru.

### **Fototerapi LED memiliki Efektifitas yang Sebanding dengan Fototerapi Konvensional**

Penelitian yang dilakukan Colindres *et al.* (2012), yaitu *low-cost* LED dengan fototerapi konvensional pada penanganan hiperbilirubinemia neonatal. Hasil yang didapatkan adalah fototerapi dengan menggunakan lampu LED berbiaya rendah (harga LED yang berbiaya rendah) ternyata sama efektifnya dengan terapi konvensional dengan menggunakan lampu fluoresen biru atau lampu halogen.<sup>11</sup>

Studi selanjutnya yang meneliti perbandingan antara fototerapi lampu LED dengan fluoresen (konvensional) menemukan bahwa dengan penyinaran dari lampu dan gelombang yang berbeda menghasilkan penurunan total bilirubin serum yang sebanding.<sup>10</sup> Pengukuran dalam penelitian terkait menggunakan suatu alat ukur untuk menguji efektifitas alat fototerapi, yaitu *Cyclobilirubin Formation Capacity* (CFC). CFC dihitung dari tiga pengukuran yang diperoleh pada interval 40-nm ( $E_{\lambda}$ ) dalam kisaran panjang gelombang antara 400 dan 520 nm yang dikalikan dengan koefisien panjang gelombang ( $K_{\lambda}$ ), yang ditentukan dari fotoisomerisasi bilirubin *in vitro*. Rumus dari CFC adalah  $CFC = \int_{400}^{520} E_{\lambda} \cdot K_{\lambda} d\lambda$ .  $E_{\lambda}$  adalah energi cahaya relatif pada panjang gelombang tertentu;  $K_{\lambda}$  adalah koefisien spesifik panjang gelombang. Energi cahaya relatif teoritis didefinisikan sebagai jumlah radiasi yang diukur pada setiap rentang panjang gelombang dikalikan dengan koefisien spesifiknya.<sup>10</sup> Dibandingkan dengan spektrometri konvensional, spektrometri panjang gelombang ganda yang digunakan dalam penelitian ini dapat mewakili kemajuan, karena ia mengirimkan CFC yang mengintegrasikan tiga nilai iradiasi pada panjang gelombang antara 400 dan 520 nm yang efektif untuk fotoisomerisasi bilirubin. CFC sangat berkorelasi dengan laju pembentukan siklobilirubin *in vitro*.<sup>18</sup> CFC dihitung setelah mengalikan iradiasi sumber cahaya pada tiga *bandwidth* menggunakan koefisien spesifik panjang gelombang,  $K_{\lambda}$ , tetapi  $K_{\lambda}$  telah ditentukan berdasarkan fotoisomerisasi bilirubin *in vitro* dan

mungkin berbeda secara *in vivo*.<sup>10</sup> Penemuan terkait ini menunjukkan bahwa CFC dapat digunakan untuk memperkirakan efektifitas perangkat fototerapi. Fototerapi lampu LED pada kasus ini disesuaikan iradiasinya agar memiliki efektifitas yang sebanding dengan lampu konvensional, dimana pada keadaan normal LED memiliki iradiasi yang lebih tinggi dibandingkan lampu konvensional, sehingga hasil dalam penurunan bilirubin yang didapatkan sebanding. Hal ini mengimplikasikan bahwa lampu LED dengan pengukuran efektifitas berupa CFC, tidak lebih unggul dibandingkan lampu konvensional. Studi skala besar harus dilakukan untuk memperjelas hubungan antara CFC dan kemanjuran terapeutik dan untuk meningkatkan pengobatan ikterus neonatal.<sup>10</sup>

### **Fototerapi LED Lebih Efektif Dibandingkan Fototerapi Konvensional**

Banyak penelitian menyatakan bahwa lampu LED lebih efektif dibandingkan lampu yang lain. Sumarni (2020) membandingkan efektifitas fototerapi LED dengan fototerapi fluoresen (konvensional) diukur dari penurunan kadar bilirubin dengan hasil LED mengalami penurunan 10 mg/dl dan 7,4 mg/dl pada fluoresen.<sup>8</sup> Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kadar bilirubin pada LED lebih cepat. Gutta *et al.* (2019) membuktikan bahwa LED lebih efektif daripada fototerapi fluoresen (konvensional) secara laju penurunan kadar bilirubin dan ekskresi lumirubin yang lebih tinggi pada urine kelompok LED. Lumirubin, yang lebih larut dari bilirubin, diekskresikan ke dalam empedu dan urin tanpa konjugasi. Bersihan lumirubin diketahui berkorelasi baik dengan bersihan kreatin ( $r = 0,96$ ,  $p < 0,01$ ).<sup>13</sup> Jadi pengukuran kadar lumirubin urin pasti menentukan efektifitas fototerapi.

Al-ali *et al.* (2013) melakukan penelitian efektifitas LED biru lebih efektif dibandingkan dengan fototerapi konvensional. LED biru digunakan untuk sumber cahaya fototerapi dalam penelitian tersebut akan sangat lebih efektif karena memancarkan intensitas tinggi pita sempit cahaya biru sesuai dengan puncak panjang gelombang serapan dimana bilirubin dipecah.<sup>14</sup> Penelitian tersebut juga menemukan adanya korelasi yang signifikan antara tingkat penurunan TSB dan masing-masing (umur, kematangan, berat badan dan kadar TSB awal) sehingga hal ini dapat menjadi faktor bias bila penelitian dilakukan dengan usia gestasi dan berat badan yang berbeda pada karakteristik sampel fototerapi LED dan konvensional.<sup>14</sup>

Fototerapi *in-house* LED juga lebih efektif dibandingkan dengan fototerapi konvensional di rumah sakit. Penelitian ini terbukti oleh Ekisariyaphorn *et al.* (2013) dengan kejadian efek samping berupa hipertermia yang lebih rendah pada kelompok LED.<sup>12</sup> *In-house* LED juga memiliki harga yang lebih terjangkau daripada LED komersial.<sup>12</sup> Namun, *in-house* LED harus dipertimbangkan kembali sesuai protokol fototerapi, dimana sampel seharusnya tidak memiliki penyebab hiperbilirubinemia seperti inkompabilitas ABO, sepsis neonatorum, asfiksia lahir dan hemolitik jaundice lainnya harus dieksklusikan.

LED telah dipelajari sebagai alternatif karena menghasilkan panas rendah, memiliki masa hidup yang lebih lama dengan konsumsi energi yang lebih rendah dan penurunan kadar serum bilirubin yang cepat secara durasi.<sup>20</sup> Fototerapi LED terbukti lebih bermanfaat daripada fototerapi konvensional pada neonatus prematur dalam hal keamanan dan kemanjuran yang lebih baik, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan dalam hal ini.<sup>20</sup> Sementara studi lain menyatakan pada kelompok fototerapi konvensional ditemukan adanya efek samping berupa kehilangan cairan transepidermal.<sup>21</sup> Jika fototerapi lampu LED disesuaikan dan diukur iradiasinya hingga sebanding dengan konvensional, maka efektifitasnya akan memberikan hasil yang berbeda sehingga sulit untuk disimpulkan bahwa efektifitas fototerapi LED lebih baik dari konvensional dalam hal penurunan bilirubin total serum.<sup>10,11</sup>

### **Fototerapi Konvensional Lebih Efektif daripada LED**

Penelitian mengenai perbandingan efektifitas pada LED dan konvensional oleh Ngermcham *et al.* (2012) mendapatkan hasil yang berbeda, dimana fototerapi konvensional lebih efektif dibandingkan LED dalam penurunan kadar bilirubin. Hal ini dijelaskan bahwa fototerapi konvensional yang digunakan peneliti terkait menggunakan iradiasi yang lebih tinggi dari normal dan paparan *body surface area* pada lampu LED yang lebih kecil dibandingkan dengan lampu konvensional.<sup>8</sup> Secara durasi, fototerapi konvensional lebih cepat menurunkan kadar bilirubin dengan hasil 23 jam (lampu konvensional) dibandingkan dengan fototerapi lampu LED, yaitu 30 jam. Namun, durasi yang lebih pendek tidak mengimplikasikan bahwa efektifitas fototerapi tersebut lebih baik. Penelitian menurut Pratesi *et al.* (2015) yang membandingkan *broad spectrum light* dengan lampu LED menyatakan bahwa durasi fototerapi ini penting, meskipun laporan toksisitas yang

signifikan secara klinis dari fototerapi berupa ruam eritematosa, peningkatan kehilangan air yang tidak dapat disadari, dan lain-lain jarang terjadi, fototerapi ini adalah penyebab paling umum dari pemisahan ibu-bayi selama perawatan pertama hari-hari kehidupan, masa penting untuk keberhasilan menyusui dan perkembangan ikatan ibu-bayi yang terstruktur dengan baik. Oleh karena itu, mempersingkat durasi pemisahan ini bahkan untuk beberapa jam dengan menggunakan perangkat fototerapi yang lebih efektif adalah lebih penting daripada yang terlihat.<sup>22</sup>

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis *literature review* yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa fototerapi gelombang hijau dengan panjang gelombang 500 nm dapat menjadi fototerapi alternatif selain fototerapi gelombang biru dengan panjang gelombang 460-490 nm yang selama ini memiliki efektifitas yang signifikan terhadap penurunan bilirubin total serum. Berdasarkan hasil penelitian tentang tingkat efektifitas antara fototerapi LED dengan fototerapi konvensional, memiliki tingkat efektifitas yang sama, akan tetapi efek samping fototerapi LED lebih sedikit dibandingkan dengan fototerapi yang konvensional.

### **Daftar Pustaka**

1. Matiandas. Hiperbilirubin pada neonatus. *Jurnal Biomedika*. 2013;5(1):5.
2. Nanny, Lia V, Dewi. *Asuhan neonatus, bayi dan balita*. Jakarta: Salemba Medika; 2012.
3. Asih DR. *Gambaran pengetahuan ibu tentang perawatan ikterus neonatorum*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang; 2018: h.10.
4. Rumahzakat. 2007. Bila bayi nampak kuning. Diakses dari [http://www.rumahzakat.org/detail\\_kes.php?id=5](http://www.rumahzakat.org/detail_kes.php?id=5) pada tanggal 19 Agustus 2020.
5. Maisels MJ, McDonagh AF. Phototherapy for neonatal jaundice. *N Engl J Med*. 2008;358(9):920–8.
6. Ebbesen F, Vandborg PK, Madsen PH, Trydal T, Jacobsen LH, Vreman HJ. Effect of phototherapy with turquoise vs. blue LED light of equal irradiance in jaundiced neonates. *Pediatr Res*. 2016;308-12.
7. Sumarni NS. Perbandingan efektifitas metode fototerapi LED dan fototerapi konvensional terhadap penurunan kadar bilirubin total pada perawatan bayi baru lahir normal di RSUD

- Budhi asih. Diakses dari <http://repository.binawan.ac.id/id/eprint/435> pada tanggal 19 Agustus 2020.
8. Ngercham S, Jirapaet K, Suvonachai R, Chaweerat R, Wongsiridej P, Kolatat T. Effectiveness of conventional phototherapy versus super light-emitting diodes phototherapy in neonatal hyperbilirubinemia. *J Med Assoc Thai.* 2012; 95(7):884-9.
  9. Kuboi T, Kusaka T, Okada H, Arioka M, Nii K, Takahashi M, *et al.* Green light-emitting diode phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia: randomized controlled trial. *Official Journal of the Japan Pediatric Society.* 2019;61:465-70.
  10. Kato S, Iwata O, Yamada Y, Kakita H, Yamada T, Nakashima H, *et al.* Standardization of phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia using multiple-wavelength irradiance integration. *Taiwan Pediatric Association.* 2019;61(1):100-5.
  11. Colindres JV, Rountree C, Destarac MA, Cui Y, Valdez MP, Castellanos MH, *et al.* Prospective randomized controlled study comparing low-cost LED and conventional phototherapy for treatment of neonatal hyperbilirubinemia. *Journal of Tropical Pediatrics.* 2012;58(3):178-83.
  12. Ek-isariyaphorn R, Maneenut R, Kardreunkaew J, Khobkhun W, Saenphrom S. The efficacy of the in-house light-emitting diode phototherapy equipment compare to conventional phototherapy equipment on the treatment of neonatal hyperbilirubinemia. *J Med Assoc Thai* 2013;96(12):1536-41.
  13. Gutta S, Shenoy J, Kamath SP, Mithra P, Baliga BS, Sarpangala M, *et al.* Light emitting diode (LED) phototherapy versus conventional phototherapy in neonatal hyperbilirubinemia: a single blinded randomized control trial from Coastal India. *Biomed Research International.* 2019;2019:1-6.
  14. Al-ali NAA, Hamdoon GW. A prospective randomized controlled study of phototherapy using blue LED and conventional phototherapy in neonatal hyperbilirubinemia. *The Iraqi Postgraduate Medical Journal.* 2013;12.
  15. Roll EB, Christensen T. Formation of photoproducts and cytotoxicity of bilirubin irradiated with turquoise and blue phototherapy light. *Acta Paediatr* 2005;94:1448-54.
  16. Okada H, Abe T, Etoh Y, Yoshino S, Kato I, Iwaki T, *et al.* In vitro production of bilirubin photoisomers by light irradiation using neoBLUE. *Pediatr. Int.* 2007;49:318-21.
  17. Onishi S, Itoh S, Isobe K. Wavelength-dependence of the relative rate constants for the main geometric and structural photoisomerization of bilirubin IX $\alpha$  bound to human serum albumin: demonstration of green light at 510 nm as the most effective wavelength in photochemical changes from (ZZ)-bilirubin IX $\alpha$  to (EZ)-cyclobilirubin IX $\alpha$  via (EZ)-bilirubin. *Biochem. J.* 1986;236:23-9.
  18. Kuboi T, Kusaka T, Yasuda S, Okubo K, Isobe K, Itoh S. Management of phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia: is a new radiometer applicable for all wavelengths and light source types *Pediatr Int.* 2011;53:689-93.
  19. Knox I, Ennever JF, Speck WT. Urinary excretion of an isomer of bilirubin during phototherapy. *Pediatric Research.* 1985;19(2):198-201.
  20. Tufail A, Ahmad I, Arshad R, Yousaf S, Butt MA. Comparison of light-emitting diodelights vs fluorescent light phototherapy for the treatment of unconjugated hyperbilirubinemia in preterm infants - Randomized Control Trial. *JPMA.* 2019;69(6):767
  21. Bertini G, Perugi S, Elia S, Pratesi S, Dani C, Rubaltelli FF. Transepidermal water loss and cerebral hemodynamics in preterm infants: conventional versus LED phototherapy. *Eur J Pediatr.* 2008;167:37-42.
  22. Pratesi S, Fabio SD, Bresci C, Natale CD, Bar S, Dani C. Broad-spectrum light versus blue light for phototherapy in neonatal hyperbilirubinemia: a randomized controlled trial. *Am J Perinatol.* 2015;32(08):779-84.