BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Awang Dhirgantara, Bambang Guruh Iriyanto dan Dyah Titisari (2011). Merancang *phototherapy* dengan pengaturan kolimator berbasis *microcontroller*. Prinsip kerja yang digunakan alat tersebut adalah dapat mengatur luas penyinaran yang berfungsi untuk menyinari bagian-bagian tertentu dari badan bayi dengan menggunakan kolimator. Kekurangan pada penelitian ini adalah tidak adanya sensor suhu untuk memantau suhu bayi ketika dilakukan proses penyinaran, adapun kelebihan pada penelitian ini adalah luas penyinaran dapat diatur dengan menggunakan kolimator.

Bayu Setyawan (2016) telah membuat sebuah alat *phototherapy double surface.* Prinsip kerja yang digunakan adalah dapat menyinari seluruh tubuh bayi. Pada penelitian ini terdapat dua lampu, yaitu dibagian atas dan bawah bayi, sehingga pengguna tidak perlu membolak-balik tubuh bayi. Kekurangan pada penelitian ini adalah tidak adanya sensor suhu untuk memantau suhu bayi ketika dilakukan proses penyinaran, adapun kelebihan pada penelitian ini adalah terdapat dua lampu, yaitu bagian atas dan bawah bayi, sehingga pengguna tidak perlu membolak-balik tubuh bayi selama proses penyinaran berlangsung.

2.2 Prinsip Dasar *Phototherapy*

Phototherapy adalah terapi dengan menggunakan penyinaran sinar dengan intensitas tinggi. Fungsinya untuk pengobatan atau terapi sinar pada bayi yang terkena penyakit kuning. Penyakit ini disebabkan oleh adanya penimbunan *bilirubin* di bawah jaringan kulit atau selaput lendir yang ditandai dengan warna kuning yang terlihat pada kulit atau di bawah selaput lendir. Prinsip alat *phototherapy* memberikan sinar pada kulit bayi secara langsung dalam jangka waktu tertentu, dengan jarak penyinaran kurang lebih 45 cm.

Penyakit kuning atau *jaundice* ini biasanya menyerang kulit dan mata bayi berwarna kuning. Penyakit kuning ini diderita bayi yang baru lahir hingga bayi berusia satu bulan. Belum sempurnanya organ hati pada bayi menyebabkan kadar *bilirubin* tinggi dalam tubuh. Dalam tahap ini keadaan bayi kuning tidak perlu di risaukan. Dengan penanganan tepat, warna kulit pada bayi dapat berangsur-angsur hilang. Hal ini menunjukan bahwa kerja organ telah berfungsi dengan baik.

Bilirubin merupakan salah satu hasil pemecahan *hemoglobin* yang di sebabkan oleh kerusakan sel darah merah (SDM). Ketika SDM dihancurkan, hasil pemecahan terlepas ke sirkulasi, tempat *hemoglobin* terpecah menjadi difraksi *heme* dan *globin*. Bagian *globin* (protein) digunakan oleh tubuh, dan bagian *heme* diubah menjadi *bilirubin* tidak terkonjugasi, yaitu suatu zat tidak larut yang terikat pada *albumin*.

Di hati *bilirubin* dilepas dari molekul *albumin* dan dengan adanya *enzim glukuronil transferase*, dikonjugasikan dengan asam *glukoronat* menghasilkan kelarutan dengan kelarutan tinggi, *bilirubin glukoronat* terkonjugasi menjadi *urobilinogen*, pigmen yang memberi warna khas pada tinja. Sebagian besar *bilirubin* tereduksi diekskresikan ke *feses*, sebagian besar dieliminasi ke *urine*. Perbedaan *bilirubin direct* dan *indirect* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan *bilirubin direct* dan *indirect.*

Bilirubin	*Unconjugated indirect*	*Conjugated Direct*
Larut dalam air	(-)	(+)
Larut dalam lemak	(+)	(-)
Bersenyawa dengan albumin	(+)	(-)
Bilirubin bebas	Toksik di otak	Tidak

Ketika bayi masih berada dalam rahim (masih dalam bentuk janin), maka tugas membuang bilirubin dari darah janin dilakukan oleh plasenta. Hati/*liver* si janin tidak perlu membuang *bilirubin*. Ketika bayi lahir, maka tugas ini langsung diambil alih oleh hati bayi/pasien. Selama hati bayi bekerja keras untuk menghilangkan *bilirubin* dari darahnya, tentu saja *bilirubin* yang tersisa akan terus menumpuk di tubuhnya. Karena *bilirubin* berwarna kuning, maka jika jumlahnya sangat banyak, ia dapat merusak fungsi kulit dan jaringan-jaringan tubuh lainnya yang dimiliki oleh bayi.

Bayi yang baru lahir harus mengkonjugasikan *bilirubin* yang terdapat pada tubuh bayi (merubah *bilirubin* yang larut dalam lemak menjadi *bilirubin* yang mudah larut dalam air) di dalam hati. Frekuensi dan jumlah konjugasi tergantung dari besarnya *hemolisis* dan kematangan hati, serta jumlah tempat ikatan *albumin* (*Albumin wall site*). Pada bayi yang normal dan sehat serta cukup bulan, hatinya Sudah matang dan menghasilkan *enzim glukoroni transferase* yang memadai sehingga serum *bilirubin* tidak mencapai tingkat patologis.

Phototherapy menurunkan kadar *bilirubin* dengan cara menfasilitasi eksresi *biliarbilirubin* tak terkonjugasi. Hal ini terjadi jika cahaya yang diabsorsi jaringan merubah *bilirubin* tak terkonjugasi menjadi dua isomer yang disebut *fotobilirubin*. *Fotobilirubin* bergerak dari jaringan ke pembuluh darah melalui mekanisme difusi. Di dalam darah *fotobilirubin* berkaitan dengan *albumin* dan dikirim ke hati. *Fotobilirubin* kemudian bergerak ke empedu dan dieksresi ke dalam *deodenum* untuk dibuang bersama *feses* tanpa proses konjugasi oleh hati. Hasil fotodegradasi terbentuk ketika sinar mengoksidasi. *Bilirubin* dapat dikeluarkan melalui *urine*.

Phototherapy memiliki peranan dalam pencegahan peningkatan kadar *bilirubin*, tetapi tidak dapat mengubah penyebab kekuningan dan hemolisis dapat menyebabkan anemia. Secara umum *phototherapy* harus diberikan pada kadar *bilirubin indirec* 4-5*mg/dl*. *Neonatus* yang sakit dengan berat badan kurang dari 1000 *gram* harus di *phototherapy* dengan konsentrasi

bilirubin 5 *mg/dl*. Alat-alat yang diperlukan untuk proses penyinaran adalah sebagai berikut :

1. Gelombang sinar biru 425-475 *nm*
2. Intensitas cahaya yang digunakan biasanya 20 *watt/cm*^{2} per *nm*
3. *Sprectal irradiance* 30 u *W/cm*^{2}*/nm*
4. Lampu diganti setiap 200-400 jam

Adapun *standard operasional prosedur* (*SOP*) penggunaan alat *phototherapy* dalam proses penyinaran adalah sebagai berikut :

1. Bayi telanjang, kedua mata dan alat kelamin bayi ditutup.
2. Suhu bayi dipertahankan sekitar 36-37 ºC.
3. Perhatikan keseimbangan elektrolit.
4. Pemeriksaan Hb teratur setiap hari.
5. Pemeriksaan bilirubin darah setiap hari atau dua hari, setelah terapi sebanyak 3 kali dalam sehari.
6. Mungkin timbul skin rash yang sifatnya sementara dan tak berbahaya (*bronze baby*).

Di rumah sakit, biasanya sudah disediakan fasilitas *phototherapy*, yaitu pencahayaan dengan sinar biru. Cahaya memecahkan *bilirubin* dalam kulit dan menjadikan penyakit kuning semakin pudar. Fungsi terapi sinar biru adalah untuk memecah *bilirubin* menjadi senyawa dipirol yang nontoksik dan dikeluarkan melalui *urine* dan *feses*. Indikasinya adalah kadar *bilirubin* darah di bawah 10 *mg%* dan setelah atau sebelum dilakukannya transfusi

tukar. Berapa lama bayi menjalani terapi sinar biru tergantung pada kadar *bilirubin*, biasanya 3-6 jam sekitar 2-4 hari pada neonatus kurang bulan. Bila kadar *bilirubin* di atas 20 *mg*% terapi biasanya dilakukan 9 jam selama 3-4 hari pada bayi cukup bulan. Bayi kuning dianggap normal apabila kondisi tersebut berlangsung kurang dari dua minggu. Warna kuning pada tubuh pun tidak menjalar sampai telapak tangan dan telapak kaki. Kondisi bayi kuning yang perlu diwaspadai antara lain :

1. Tubuh bayi sudah berwarna kuning sebelum 24 jam semenjak dilahirkan.
2. Warna kuning pada bayi berlangsung selama lebih dari dua minggu.
3. Warna kuning menjalar hingga telapak tangan dan telapak kaki.
4. *Feses* bayi berwarna pucat, tidak kekuningan.
5. Kadar *bilirubin* dalam darah lebih dari 10% pada bayi prematur atau 12% pada bayi cukup usia.

Pada kondisi ini, bayi diduga mengalami infeksi berat, hemolisis autoimun (yaitu sel-sel darah putih menghancurkan sel-sel darah merah), atau kekurangan enzim tertentu. Jika tidak segera ditangani, *bilirubin* dapat meracuni otak atau dikenal dengan istilah *acute bilirubin encephalophaty*. Selain itu, dapat juga merusak syaraf sehingga menyebabkan tuli, cacat, terhambatnya pertumbuhan bayi hingga kematian. Oleh karena itu harus segera ditangani dengan cepat sehingga dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya kondisi tersebut.

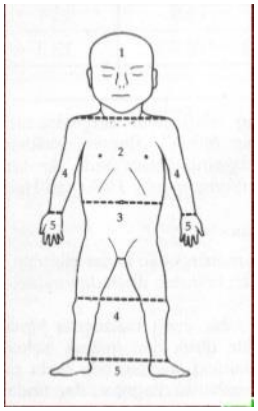
2.3 Pengukuran Bayi *Hypperbilirubin*

Berikut Tabel 2.2 menggambarkan kapan bayi perlu menjalani *phototherapy* dan penanganan medis lainnya, sesuai anjuran *The American of Pediatrics (AAP)* tahun 1994.

Tabel 2.2 Penatalaksanaan *Hyperbilirubinemia* pada *neonatus* cukup bulan yang sehat (*American Academia of Pediatrics*).

Usia bayi (jam	Pertimbangkan sinar terapi	Terapi sinar	Transfusi tukar bila terapi sinar intensif gagal	Transfusi tukar dan terapi sinar intensif
	Kadar *bilirubin*	*Indirec*	*Mg/dl*	
		Serum		
<24				
25-48	>12(170)	>15(260)	>20(340)	>25(430)
49<72	>15(260)	>18(310)	>25(430)	>30(510)
>72	>17(290)	>20(340)	>25(430)	>30(510)

Kadar *bilirubin* pada bayi serta tindakan yang harus dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.3.



Gambar 2.1 Luas *ikterus* bayi

Tabel 2.3 Kadar *Bilirubin* pada Bayi

Daerah	Luas *ikterus*	Kadar *billirubin* (*mg*%)
1	Kepala dan leher	5
2	Daerah 1+ badan bagian atas	9
3	Daerah 1,2+ badan bagian bawah dan tungkai	11
4	Daerah 1,2,3+ lengan dan kaki di bawah tungkai	12
5	Daerah 1,2,3,4+ tangan dan kaki	16

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses penyinaran adalah sebagai berikut :

a. Jenis cahaya yang digunakan
b. Intensitas cahaya
c. Luas permukaan yang terkena cahaya

d. Jarak dari cahaya ke bayi

2.4 Peralatan Medis Canggih/Bayi Unit *Phototherapy* (BL-50)

2.4.1 Rincian Cepat

Rincian cepat atau spesifikasi dari alat bayi unit *phototherapy* (BL-50) dapat di lihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Rincian Cepat

Tempat asal:	China (Mainland)
Jenis:	Sistem perawatan bayi
Warna:	*White*
Power input :	120VA
Kelembaban relatif:	10% ~ 85% RH
Nama merek:	Autonola
Nama:	Profesional dan peralatan medis canggih/Bayi Unit Fototerapi
Suhu:	18 ° C ~ 30 ° C
Panjang gelombang:	400nm ~ 550nm
Cara pembayaran:	T/T, uang Gram, Paypal, Western Union
Nomor model:	BL-50
Sertifikat:	ISO. CE
Power supply :	AC110/220 V, 60/50Hz
Waktu *accuracy*:	1 min/12 h

2.4.2 Fungsi Fitur

Adapun fungsi dari fitur alat bayi unit *phototherapy* (BL-50) adalah sebagai berikut.

1. Sama dengan distribusi cahaya.
2. Intensitas tinggi.
3. Tenang, tidak ada suara dari kipas.
4. Empat *blue* lampu neon.
5. Sudut kepala dan tinggi adalah *adjustable*.
6. Dukungan baja tiang, empat kastor dengan rem.
7. Catatan waktu terapi waktu Integral.

2.4.3 Spesifikasi

Adapun spesifikasi dari alat bayi unit *phototherapy* (BL-50) adalah sebagai berikut.

1. *Power supply*: AC110/220 V, 60/50Hz
2. *Power input*: 120VA
3. Panjang Gelombang (cahaya biru): 400nm ~ 550nm
4. Total radiasi untuk *bilirubin*: 1300 & mikro; W/cm ^{2}
5. Tinggi menyesuaikan kisaran: 1300 ~ 1600mm
6. Melempar *angle* dari *phototherapy* kepala: ±90°C
7. Waktu *accuracny*: 1 min/12 h
8. Integral rentang waktu: 0 h ~ 9999 h 59 min
9. Kondisi Operasi :

   suhu : 18 ° C ~ 30 ° C

kelembaban relatif : 10% ~ 85% RH

tekanan atmosfer : 700hpa ~ 1060hpa

10. Transportasi dan penyimpanan :

suhu *Ambient* : -10 ° C ~ + 55 ° C

kelembaban relatif : ≤

tekanan atmosfer : 500hpa ~ 1060hpa

2.4.4 Prinsip Kerja *Phototherapy* (BL-50)

Phototherapy digunakan untuk menurunkan kadar *bilirubin* serum pada *neonatus* dengan *hiperbilirubinemia* jinak hingga moderat. *Phototherapy* dapat menyebabkan terjadinya *isomerisasi bilirubin indirect* yang mudah larut di dalam plasma dan lebih mudah di ekskresi oleh hati ke dalam saluran empedu. Meningkatnya *fotobilirubin* dalam empedu menyebabkan bertambahnya pengeluaran cairan empedu ke dalam usus sehingga peristaltik usus meningkat dan *bilirubin* akan lebih cepat meninggalkan usus.

Phototherapy dapat memecah *bilirubin* menjadi dipirol yang tidak toksis dan di ekskresikan dari tubuh melalui *urine* dan *feses*. Cahaya yang dihasilkan oleh terapi sinar menyebabkan reaksi fotokimia dalam kulit (fotoisomerisasi) yang mengubah *bilirubin* tak terkonjugasi ke dalam *fotobilirubin* dan kemudian di eksresi di dalam hati kemudian ke empedu, produk akhir reaksi adalah *reversible* dan di ekresikan ke dalam empedu tanpa perlu konjugasi.

Energi sinar dari *phototherpay* mengubah senyawa 4Z-15Z *bilirubin* menjadi senyawa bentuk 4Z-15E *bilirubin* yang merupakan bentuk isomernya yang mudah larut dalam air.

2.4.5 Mempersiapkan Unit *Phototherapy* (BL-50)

1. Memastikan bahwa tutup plastik atau pelindung berada pada posisinya. Hal ini mencegah cedera pada bayi jika lampu pecah dan membantu menapis sinar yang berbahaya.
2. Menghangatkan ruangan tempat unit diletakkan, bila perlu, sehingga suhu dibawah sinar adalah 28°C sampai 30°C.
3. Menyalakan unit, dan pastikan bahwa semua tabung fluoresen bekerja.
4. Mengganti tabung fluoresen yang terbakar atau yang berkedip-kedip.
5. Mencatat tanggal tabung diganti dan ukur durasi total penggunaan tabung tersebut.
6. Mengganti tabung setiap 2000 jam penggunaan atau setelah tiga bulan, mana saja yang terlebih dahulu, walaupun tabung masih bekerja.
7. Menggunakan seprai putih pada pelbet, tempat tidur bayi, atau inkubator, dan letakkan tirai putih disekitar tempat area tempat unit diletakkan untuk memantulkan sinar sebanyak mungkin kembali ke bayi.

2.4.6 Memberikan *Phototherapy*

1. Meletakkan bayi di bawah *phototherapy*

   a. Jika berat badan bayi 2 kg atau lebih, posisi bayi telanjang pada pelbet atau tempat tidur serta melakukan penjagaan pada bayi kecil dalam inkubator.

   b. Mengamati adannya bilier atau obstruksi usus

      R/ *phototherapy* dikontraindikasikan pada kondisi ini karena fotoisomer *bilirubin* yang diproduksi dalam kulit dan jaringan subkutan dengan pemajanan pada terapi sinar tidak dapat diekskresikan.

   c. Mengukur kuantitas fotoenergi bola lampu *fluorensen* (sinar putih atau biru) dengan menggunakan fotometer.

      R/ intensitas sinar menembus permukaan kulit dari specktrum biru menentukan seberapa dekat bayi ditempatkan terhadap sinar. Sinar biru khusus dipertimbangkan lebih efektif dari pada sinar putih dalam meningkatkan pemecahan *bilirubin*.

   d. Meletakkan bayi di bawah sinar sesuai dengan yang di indikasikan.

   e. Menutup mata bayi dengan potongan kain, pastikan bahwa potongan kain tersebut tidak menutupi hidung bayi. Inspeksi mata setiap 2 jam untuk pemberian makan.

   f. Melakukan pemantauan posisi.

R/ mencegah kemungkinan kerusakan retina dan konjungtiva dari sinar intensitas tinggi. Pemasangan yang tidak tepat dapat menyebabkan iritasi, abrasi kornea dan konjungtivitis, dan penurunan pernapasan oleh obstruksi pasase nasal.

g. Menutup testis dan penis bayi pria

R/ mencegah kemungkinan kerusakan penis dari panas

2. Merubah posisi bayi setiap 2 jam

R/ memungkinkan pemajanan seimbang dari permukaan kulit terhadap sinar fluoresen, mencegah pemajanan berlebihan dari bagian tubuh individu dan membatasi area tertekan.

3. Memastikan bayi diberi makan :

a. Mendorong ibu menyusui bayi sesuai kebutuhan tetapi minimal setiap 2 jam :

1) Selama pemberian makan, bayi dipindahkan dari unit *phototherapy* dan kain penutup mata dilepas.

2) Memberikan suplemen atau mengganti ASI dengan jenis makanan atau cairan lain tidak diperlukan (mis: pengganti ASI, air gula,dsb).

b. Jika bayi mendapkan cairan IV atau perasaan ASI, tingkatkan *volume* cairan dan/atau susu sebanyak 10% *volume* harian total perhari selama bayi di bawah sinar *phototherapy*.

c. Jika bayi mendapkan cairan IV atau diberi makan melalui slang lambung, jangan memindahkan bayi dari sinar *phototherapy*.

4. Mengamati bahwa feses bayi warna dan frekuensi defekasi dapat menjadi encer dan urin saat bayi mendapatkan *phototherapy*. Hal ini tidak membutuhkan penangan khusus.

   R/ defekasi encer, sering dan kehijauan serta urin kehijauan menandakan keefektifan *phototherapy* dengan pemecahan dan ekskresi *bilirubin*.

5. Dengan hati-hati cuci area perianal setelah setiap defekasi , inspeksi kulit terhadap kemungkinan iritasi dan kerusakan.

   R/ membantu mecegah iritasi dan ekskoriasi dari defekasi yang sering atau encer.

6. Melanjutkan terapi dan uji yang diprogramkan lainnya :

   a. Memindahkan bayi dari unit *phototherapy* hanya selama prosedur yang tidak dapat dilakukan saat dibawah sinar *phototherapy*.

   b. Jika bayi mendapkan oksigen, mematikan sinar sebentar saat mengamati bayi untuk mengetahui adanya sianosis sentral (lidah dan bibir biru).

7. Memantau kulit bayi dan suhu inti setiap 2 jam atau lebih sering sampai stabil (mis, suhu aksila 97,8 F, suhu rectal 98,9 F).

R/ fluktuasi pada suhu tubuh dapat terjadi sebagai respons terhadap pemajanan sinar, radiasi dan konveksi.

8. Memantau masukan dan keluaran cairan, timbang berat badan bayi dua kali sehari. Perhatikan tanda-tanda dehidrasi (mis, penurunan keluaran urin, fontanel tertekan, kulit hangat atau kering dengan turgor buruk dan mata cekung). Tingkatkan masukan cairan per oral sedikitnya 25%.

   R/ peningkatan kehilangan air melalui *feses* dan evaporasi dapat menyebabkan dehidrasi.

9. Mengukur kadar *bilirubin* serum :

   R/ penurunan kadar *bilirubin* menandakan keefektifan *phototherapy*, peningkatan yang kontinu menandakan hemolisis yang kontinu dan dapat menandakan kebutuhan terhadap transfusi tukar.

   a. Menghentikan *phototherapy* jika kadar *bilirubin* serum di bawah kadar saat *phototherapy* di mulai atau 15mg/dl (260umol), mana saja yang lebih rendah.

   b. Jika *bilirubin* serum mendekati kadar yang membutuhkan tranfusi tukar atau pemindahan dan segera merujuk bayi kerumah sakit tersier atau pusat spesialisasi untuk tranfusi tukar, jika memungkinkan. Melakukan tranfusi sampel darah ibu dan bayi.

10. Jika serum *bilirubin* tidak dapat diukur, maka *phototherapy* dihentikan setelah tiga hari. *Bilirubin* pada kulit dengan cepat menghilang dibawah *phototherapy*. Warna kulit tidak dapat digunakan sebagai panduan kadar *bilirubin* serum.
11. Setelah *phototherapy* dihentikan :
    a. Mengamati bayi selama 24 jam dan melakukan pengukuran ulang *bilirubin* serum, jika memungkinkan atau perkiraan ikterus dengan menggunakan metode klinis.
    b. Jika ikterus kembali ke atau di atas kadar di mulainya *phototherapy*, maka dilakukan penyinaran ulang dengan banyak waktu yang sama seperti awal pemberian. Langkah ini diulangi setiap kali *phototherapy* dihentikan sampai pengukuran atau perkiraan *bilirubin* tetap di bawah kadar yang membutuhkan *phototherapy*.
12. Jika *phototherapy* tidak lagi dibutuhkan, bayi makan dengan baik dan tidak terjadi masalah lain yang membutuhkan hospitalisasi, bayi diperbolehkan pulang. Proses selanjutnya memberikan pengetahuan kepada ibu cara mengkaji ikterus, dan menganjurkan ibu kembali jika bayi menjadi lebih ikterus

2.4.7 Efek Samping *Phototherapy* (BL-50)

1. *Tanning* (perubahan warna kulit) : induksi sintesis melanin dan atau disperse oleh cahaya.

2. *Syndrome* bayi *Bronze* : penurunan ekskresi hepatic dari foto produk *bilirubin*.
3. Diare : *bilirubin* menginduksi seksresi usus.
4. Intoleransi laktosa : trauma mukosa dari epitel villi.
5. Hemolisis : trauma fotosensitif pada eritrosist sirkulasi.
6. Kulit terbakar : paparan berlebihan karena emisi gelombang pendek lampu fluoresen.
7. Dehidrasi : peningkatan kehilangan air yang tak disadari karena energi foton yang diabsorbsi.
8. Ruam kulit : trauma fotosensitif pada sel mast kulit dengan pelepasan histamine.

2.4.8 Bagian- bagian Alat *Phototherapy* (BL-50)

1. Kabel penghubung alat dengan sumber listrik.
2. Pengatur jarak lampu dengan bayi.
3. Tombol *power on/off* untuk menghidupkan atau mematikan lampu *phototherapy*.
4. *Hourmeter* (petunjuk berapa jam *phototherapy* yang sudah dipakai).