

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bayi Baru Lahir

2.1.1. Klasifikasi Berdasarkan Berat Badan

Semua bayi yang lahir dengan berat badan sama atau kurang dari 2.500 gram disebut bayi berat badan lahir rendah (BBLR). BBLR dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bayi berat badan lahir amat sangat rendah, yaitu bayi yang lahir dengan berat badan kurang dari 1.000 gram.
- b. Bayi berat badan lahir sangat rendah adalah bayi yang lahir dengan berat badan kurang dari 1.500 gram.
- c. Bayi berat badan lahir cukup rendah adalah bayi lahir dengan berat badan 1.501 - 2.500 gram.

2.1.2. Klasifikasi Berdasarkan Umur Kehamilan

- a. Bayi prematur adalah bayi yang lahir dengan umur kehamilan kurang dari 37 minggu.
- b. Bayi cukup bulan (term) adalah bayi yang lahir dengan umur kehamilan 37-42 minggu.
- c. Bayi lebih bulan adalah bayi yang lahir dengan umur kehamilan lebih dari 42 minggu.

2.2. Konsep Bilirubin

2.2.1. Pengertian

Bilirubin merupakan zat hasil pemecahan hemoglobin (protein sel darah merah yang memungkinkan darah mengangkut oksigen). Hemoglobin terdapat dalam eritrosit (sel darah merah) yang dalam waktu tertentu selalu mengalami destruksi (pemecahan). Proses pemecahan tersebut menghasilkan hemoglobin menjadi zat heme dan globin. Dalam proses berikutnya, zat-zat ini akan berubah menjadi bilirubin bebas atau indirek.

Pada neonatus, satu gram hemoglobin dapat menghasilkan 35 mg bilirubin indirek (free bilirubin), yaitu zat yang larut dalam lemak dan sulit larut dalam air,

sehingga bentuk inilah yang dapat masuk ke jaringan otak dan menyebabkan kernikterus. Dan di dalam plasma bilirubin bebas tersebut ada yang terikat atau bersenyawa dengan albumin dan dibawa ke hepar. Di dalam hepar, berkat adanya enzim glucorinil transferase, terjadi proses konjugasi bilirubin yang menghasilkan bilirubin direk, yaitu bilirubin yang larut dalam air (Surasmi, dkk, 2022).

2.2.2. Struktur Kimia Bilirubin

Struktur suatu senyawa menentukan sifat dari senyawa tersebut. Bilirubin memiliki struktur yang menarik dengan banyak kemungkinan susunan ruang (stereoisomerisme). Efek bilirubin terhadap sel beragam dikarenakan bentuk stereoisometrik bilirubin. Selama beberapa tahun terdapat salah pengertian tentang sifat-sifat kimia dasar bilirubin, terutama karena kekurangtahuan kita tentang stereoisomerisasi bilirubin. Bilirubin adalah senyawa tetrapyrrole dengan penggantian khusus pada sisi rantai dari empat cincin pyrrole. Cincin pyrrole yang terluar Bersatu dengan cincin yang di dalam melalui jembatan metena (berisi sepasang ikatan ganda), tetapi dua cincin yang di pusat dihubungkan oleh jembatan metena (tanpa ikatan ganda).

Oleh karena itu, molekul bilirubin saling bebas berputar (memilin) hanya dengan atom karbon di pusat dengan dua cincin pyrrole yang terfiksasi secara relatif di sambungan ruang satu sama lain pada tiap sisi. Rangkaian rantai pyrrole dengan bilirubin bergantung pada sisi oksidasi satu persatu jembatan karbon dalam heme, suatu turunan protoporfirin IX. Normalnya jembatan metena teroksidasi dalam heme pada posisi α , dan isomer dihasilkan adalah bilirubin IX - α , Bilirubin IX - α adalah isomer utama dalam tubuh. Oksidasi heme pada posisi akan menghasilkan bilirubin IX - β .

Bilirubin IX - α benar - benar berbeda dari isomer bilirubin yang lain yang mana isomer ini kurang dapat larut dalam air. Penelitian kristalografik sinar - X telah dipergunakan untuk menjelaskan fenomena tersebut. Bilirubin IX - β dapat memutar bebas mengelilingi pusat jembatan metena (pada C5 dan C15) lebih sering pada konfigurasi cis atau Z. Dengan pemaparan asam atau pH netral, terjadi ikatan hidrogen intramolekul antara grup hidrofilik dari molekul, sehingga berhasil

menutupi sisi rantai polar asam propionat. Meskipun demikian, pada pH alkali hidrogen putus dan dua sisi rantai asam propionat menyebabkan anion divalen bilirubin yang larut dalam air dengan empat pyrrole nitrogen dan dua gugus karboksil tersedia untuk berikatan dengan air. Karena itu, bilirubin IX - β (Z,Z) hanya larut dalam air pada pH alkali. Bila satu atau keduanya dari jembatan metena yang menghubungkan cincin pyrrole pada C5 dan C15 dari bilirubin IX - β bukan konfigurasi cis (Z) tetapi trans (E), maka molekul tersebut larut dalam air. Isomer ini terbentuk selama fototerapi dan akan dibahas di bawah ini.

Tiga bentuk bilirubin yang biasanya ditemukan di dalam sirkulasi adalah tidak terkonjugasi, monokonjugasi, dan dikonjugasi (terutama dengan glukoronida). Berdasar reaksinya dengan reagen diazo, juga dibagi menjadi reaksi direk atau reaksi indirek. Pembagian bilirubin menjadi dua komponen, direk dan indirek, berguna untuk tujuan diagnostik. Teknik terbaru dengan kromatografi cairan tingkat tinggi (high performance liquid chromatography) telah menghasilkan pembagian tipe bilirubin lain, dikenal sebagai bilirubin atau biliprotein. Bilirubin ini bereaksi langsung dengan reagen diazo dan berikatan secara kovalen dengan albumin (Klaus & Fanaroff, 2019).

2.2.3. Metabolisme dan Ekskresi Bilirubin

Bilirubin tak terkonjugasi (reaksi indirek dalam reaksi van den Bergh) dapat dilarutkan dengan mudah dalam lipid dan kurang larut dalam air pada pH fisiologis. Bilirubin tak terkonjugasi ditransportasikan dalam ikatan plasma dengan albumin. Bilirubin masuk ke dalam hepatosit dengan cara berdisosiasi dari pembawa albumin dalam sinusoid hati dan berdifusi melalui membran sel. Proses difusi ini dipermudah oleh reseptor pembawa protein (ligandin) yang mengangkut bilirubin dalam sitoplasma dari hepatosit. Di dalam hepatosit, bilirubin dikonjugasi terutama dengan asam glukoronat dalam reaksi yang dikatalisasi oleh enzim mikrosomal bilirubin - uridine diphosphate (UDP) glukoronil transferase. Asam glukoronat separuhnya disediakan oleh asam uridine diphosphoglucuronic (UDPGA) dalam reaksi yang berasal dari oksidasi uridine diphosphoglucose (UDPG) oleh UDPG dehidrogenase.

Bilirubin terkonjugasi (reaksi direk) larut dalam air dan tidak dapat berdifusi melalui membran sel. Hepatosit menggunakan mekanisme transport membran untuk mengeluarkan pigmen terkonjugasi ke cabang empedu. Bilirubin yang tidak terkonjugasi banyak ditemukan dalam mekonium dan feses. Glukoronidase yang dilepaskan dari mukosa usus halus janin dan neonatus menghidrolisis bilirubin diglukoronida menjadi bilirubin yang larut dalam lemak dan asam glukoronik. Sebagian dari bilirubin tak terkonjugasi yang ada di usus halus bagian atas direabsorpsi ke dalam sirkulasi janin dan neonatus. Jadi dalam uterus, bilirubin dapat dikonjugasi dan dikeluarkan oleh hati janin, dihidrolisis dalam usus janin, direabsorpsi ke dalam sirkulasi janin, dan akhirnya diekskresi melalui sirkulasi plasenta. Setelah lahir, bilirubin direabsorpsi dari intestinum membantu tugas bilirubin yang seharusnya dimetabolisme oleh hati neonatus (Klaus & Fanaroff, 2019).

2.3. Ikterus Neonatorum

2.3.1. Definisi

Ikterus adalah warna kuning yang dapat terlihat pada sklera, selaput lendir, kulit atau organ lain akibat penumpukan bilirubin. Ikterus fisiologis adalah ikterus yang terjadi karena metabolisme normal bilirubin pada bayi baru lahir usia minggu pertama. Peningkatan kadar bilirubin terjadi pada hari ke - 2 dan ke-3 dan mencapai puncaknya pada hari ke-5 sampai ke-7, kemudian menurun kembali ada hari ke-10 sampai ke-14. Pada neonatus cukup bulan, kadar bilirubin tidak melebihi 12 mg/dl dan pada neonatus kurang bulan, tidak lebih dari 10 mg/dl (Surasmi, dkk, 2021).

Ikterus adalah perubahan warna menjadi kuning pada kulit, membran mukosa, dan sklera yang disebabkan oleh peningkatan kadar bilirubin di dalam darah. Ikterus sinonim dengan jaundice, keadaan ini menandakan adanya peningkatan produksi bilirubin atau eliminasi bilirubin dari tubuh yang tidak efektif (Schwartz & William 2016).

Ikterus neonatorum adalah keadaan ikterus yang terjadi pada bayi baru lahir. Ikterus juga disebut hiperbilirubinemia. Yang dimaksud ikterus pada bayi baru lahir

adalah meningkatnya kadar bilirubin di dalam jaringan ekstrasvaskuler sehingga kulit, konjungtiva, mukosa, dan alat tubuh lainnya berwarna kuning (Ngastiyah, 2017).

Hiperbilirubinemia adalah istilah yang dipakai untuk ikterus neonatorum setelah ada hasil laboratorium yang menunjukkan peningkatan kadar serum bilirubin (Etika, dkk, 2022).

Ikterus fisiologis adalah ikterus yang timbul pada hari ke-2 dan ke-3 yang tidak mempunyai dasar patologis (< 48 jam). Kadarnya tidak melewati kadar yang membahayakan atau mempunyai potensi menjadi “kern ikterus” dan tidak menyebabkan suatu morbiditas pada bayi. Ikterus patologis adalah ikterus yang mempunyai dasar patologis atau kadar bilirubinnya mencapai suatu nilai yang disebut hiperbilirubinemia (Staf Pengajar Ilmu Kesehatan Anak FKUI, 2015).

Tabel 2.1 Rekomendasi American Academy of Pediatric (AAP) tentang Transfusi Tukar dan Terapi Sinar pada Bayi Cukup Bulan Dengan Hiperbilirubin

TOTAL SERUM BILIRUBIN mg/dl (mmol/L)				
Umur (jam)	Pertimbangkan Terapi Sinar (Monitor Kondisi)	Terapi Sinar	Transfusi Tukar (Terapi Sinar Gagal)	Transfusi Tukar dan Terapi Sinar
< 24				
24–48	≥ 12 (170)	≥ 15 (260)	≥ 20 (340)	≥ 25 (430)
48–72	≥ 15 (260)	≥ 18 (310)	≥ 25 (430)	≥ 30 (510)
> 72	≥ 17 (290)	≥ 20 (340)	≥ 25 (430)	≥ 30 (510)

2.3.2. Etiologi

a. Ikterus fisiologis.

Peningkatan kadar bilirubin yang diakibatkan karena :

- Peningkatan volume sel darah merah.
- Imaturitas konjugasi bilirubin di hati pada saat lahir.
- Peningkatan sirkulasi bilirubin enterohepatik.
- Usia sel darah merah yang pendek.
- Penurunan uptake bilirubin dari plasma oleh hati.

- b. Penurunan Konjugasi Bilirubin
 - a) Prematuritas.
 - b) ASI.
 - c) Defek keturunan yang jarang.
- c. Peningkatan reabsorpsi bilirubin dari saluran cerna.
 - a) ASI.
 - b) Asfiksia.
 - c) Keterlambatan pemberian makanan.
 - d) Obstruksi
- d. Gangguan ekskresi bilirubin.
 - a) Sepsis.
 - b) Infeksi intra uterin.
 - c) Hepatitis.
 - d) Sindrom kolestasis.
 - e) Ateresia bilier.
 - f) Sistik fibrosis
- e. Pemberian ASI

Hubungan antara pemberian ASI dan peningkatan kadar bilirubin telah terbukti selama ini, namun penyebabnya belum dapat diketahui secara pasti. Tanda-tanda Breastmilk jaundice:

- a) Nampak pada usia lebih dari 7 hari, bisa berlangsung sampai 2 minggu bahkan lebih dari 1 bulan.
- b) Hormon pregnandiol di dalam ASI sebagai kompetitor dari pengikatan bilirubin. dapat langsung mempengaruhi konjugasi bilirubin.
- c) Peningkatan aktifitas lipoprotein lipase di dalam ASI menyebabkan peningkatan kadar asam lemak bebas yang dapat menghambat glukoronidasi.
- d) Faktor yang tidak diketahui di dalam ASI dapat meningkatkan sirkulasi bilirubin enterohepatik.

(Firmansyah, 2022)

- f. Peningkatan penghancuran sel darah merah

- a) Inkompatibilitas golongan darah dan rhesus.
- b) Defek sel darah merah (GGPD, Sferositosis)
- c) Inkompatibilitas golongan darah yang jarang.
- d) Polisitemia.
- e) Darah yang terkumpul (luka, hematoma).
- f) Infeksi
- g) Penurunan konjugasi bilirubin
- h) Peningkatan reabsorpsi bilirubin dari saluran cerna.
- i) Gangguan ekskresi bilirubin.
- j) Pemberian ASI

2.3.3. Gambaran Klinik

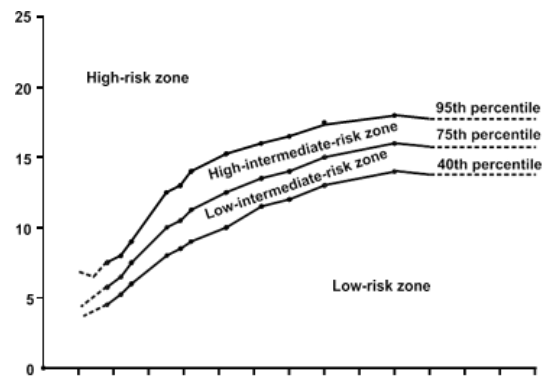
a. Ikterus fisiologis

Warna kuning akan timbul pada hari ke-2 atau ke-3 dan tampak jelas pada hari ke 5-6, dan menghilang pada hari ke-10. Bayi tampak biasa, minum baik, berat badan naik biasa, kadar bilirubin serum pada bayi cukup bulan tidak lebih dari 12 mg/dl dan pada BBLR 10 mg/dl, dan akan hilang pada hari ke-14 (Ngastiyah, 2017).

b. Ikterus patologis

Ikterus timbul pada 24 jam pertama kehidupan, serum bilirubin total lebih dari 12 mg/dl, peningkatan kadar bilirubin 5 mg% atau lebih dalam 24 jam, konsentrasi bilirubin serum lebih dari 10 mg/dl pada bayi kurang bulan dan lebih dari 12,5 mg/dl pada bayi cukup bulan. Ikterus disertai proses hemolisis, bilirubin direk lebih dari 1 mg/dl, ikterus menetap setelah bayi umur 10 hari (bayi cukup bulan) dan lebih dari 14 hari pada BBLR (Ngastiyah, 2017).

Hiperbilirubinemia fisiologis yang memerlukan terapi sinar, tetap tergolong non patologis sehingga disebut “Excessive Physiological Jaundice”. Digolongkan sebagai hiperbilirubinemia patologis (Non Physiological Jaundice) apabila kadar serum bilirubin terhadap usia neonatus > 95 0/00 menurut Normogram Bhutani.



Tabel 2.2 Hours of Age-Specific Serum Total Bilirubin (STB)

Age (Hour)	40 th %tile (mg/dL)	75 th %tile (mg/dL)	95 th %tile (mg/dL)
144	13,2	15,3	17,3
145	13,2	15,3	17,3
146	13,2	15,3	17,3
147	13,2	15,3	17,4
148	13,2	15,3	17,4
149	13,3	15,3	17,5
150	13,3	15,3	17,5
151	13,3	15,3	17,5
152	13,3	15,3	17,6
153	13,3	15,3	17,6
154	13,3	15,3	17,6
155	13,3	15,4	17,7
156	13,3	15,4	17,7

Age (Hour)	40 th %tile (mg/dL)	75 th %tile (mg/dL)	95 th %tile (mg/dL)
157	13,3	15,4	17,7
158	13,3	15,4	17,8
159	13,4	15,4	17,8
160	13,4	15,4	17,9
161	13,4	15,4	17,9
162	13,4	15,4	18,9
163	13,4	15,4	18,0
164	13,4	15,4	18,0
165	13,4	15,4	18,0
166	13,4	15,4	18,1
167	13,4	15,4	18,1
168	13,4	15,4	18,2

(Renie & Robertson, 2022)

2.3.4. Pemeriksaan Fisik pada Ikterus

Secara klinis ikterus pada neonatus dapat dilihat segera setelah lahir atau beberapa hari kemudian. Pengamatan ikterus sebaiknya dilakukan pada siang hari dengan lampu sinar yang cukup. Penilaian ikterus akan menjadi sulit bila penderita sedang mendapat terapi sinar dan pada neonatus berkulit gelap. Paling baik pengamatan dilakukan dalam sinar matahari dengan menekan kulit secara ringan menggunakan jari tangan untuk memastikan warna kulit dan jaringan subcutan. Namun pada bayi yang sudah mendapat terapi sinar, pemeriksaan ikterus harus dipastikan dengan pemeriksaan laboratorium (Etika, dkk, 2022).

Tabel 2.3 Hubungan Kadar Bilirubin Dengan Ikterus

Derajat Ikterus	Daerah Ikterus	Kadar Bilirubin (mg/dl)	
		Bayi Aterm	Bayi Prematur
1.	Kepala sampai leher	5,4	–
2.	Kepala, badan, sampai umbilikus	8,9	9,4
3.	Kepala, badan, paha sampai lutut	11,8	11,4
4.	Kepala, badan, ekstremitas sampai dengan pergelangan tangan dan kaki	15,8	13,3

2.3.5. Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan serum bilirubin harus dilakukan pada neonatus yang mengalami ikterus. Terutama pada bayi yang tampak sakit atau bayi□bayi yang tergolong risiko tinggi terserang hiperbilirubinemia berat misalnya, pada ikterus yang timbul 24 jam pertama, usia kehamilan < 38 minggu, bayi dengan penyakit hemolitik, dan lain-lain. Pemeriksaan tambahan yang perlu dilakukan untuk evaluasi penyebab ikterus antara lain :

- Golongan darah (ibu dan anak).
- Combs test.
- Darah lengkap dan hapusan darah.
- Hitung retikulosit.
- G6PD.
- Serum bilirubin direk, indirek, total.

2.3.6. Komplikasi

Komplikasi dari ikterus dapat terjadi kernikterus, yaitu kerusakan otak akibat perlengketan bilirubin indirek pada otak terutama pada korpus striatum, talamus, nukleus subthalamus hipokampus, nukleus merah di dasar ventrikel IV. Adapun gambaran klinis pada permulaan tidak jelas, yang tampak mata berputar□putar, letargi (lemas), kejang, tidak mau menghisap, tonus otot meningkat, opistotonus. Bila bayi hidup pada umur lebih lanjut dapat terjadi spasme otot, stetososis yang disertai ketegangan otot, dapat tuli, gangguan bicara, dan retardasi mental (Ngastiyah, 2017).

2.4. Konsep Terapi Sinar

Terapi sinar digunakan untuk menurunkan kadar bilirubin serum pada neonatus dengan hiperbilirubinemia jinak hingga moderat. Sumber cahaya untuk terapi sinar dapat diperoleh dari sinar matahari, cahaya lampu neon, cahaya lampu halogen. Alat dan terapi sinar ada yang menggunakan sumber cahaya tunggal yang menyinari sebagian tubuh dan sumber cahaya ganda yang dapat menyinari dua bagian tubuh sekaligus. Efek terapi sinar tidak bergantung pada beberapa arah penyinaran, tetapi jumlah energi yang dapat menyebabkan eliminasi bilirubin maksimum ialah yang mempunyai gelombang sinar 350 - 470 nanometer (nm). Selain itu jarak antara sumber cahaya dan bagian tubuh yang disinari mempengaruhi energi cahaya optimal yang diperlukan neonatus (Surasmi, dkk, 2013).

2.4.1. Cara Kerja Terapi Sinar

Mc Donagh, et. al. (1991) melaporkan bahwa baik secara invitro maupun invivo, terapi sinar menyebabkan terjadinya isomerisasi bilirubin indirek yang mudah larut di dalam lemak dan lebih mudah diekskresi oleh hati ke dalam saluran empedu. Meningkatnya fotobilirubin di dalam empedu menyebabkan bertambahnya pengeluaran cairan empedu ke dalam usus sehingga peristaltik usus meningkat dan bilirubin akan lebih cepat meninggalkan usus.

Cahaya menurunkan konsentrasi bilirubin serum melalui dua mekanisme dasar yaitu fotoisomerisasi dan oksidasi fotosensitif. Fotoisomerisasi mempertinggi ekskresi bilirubin dengan cara berikut ini. Bilirubin 1x-alfa Z, Z hampir tidak larut dalam air pada pH fisiologis. Kristalogi sinar X telah memperlihatkan bahwa konfigurasi Z, Z pada C4 - C5 dan C15 - C16 ikatan ganda mempermudah pengikatan hidrogen intra molekuler, yang menghalangi masuknya molekul air ke sisi polar bilirubin. Selama terapi sinar, energi cahaya dari panjang gelombang yang sesuai dapat mengubah konfigurasi Z menjadi konfigurasi E atau trans salah satu atau keduanya, membentuk struktur isomer E, Z atau Z, E atau E, E. Bilirubin 1x alfa Z, E merupakan foto isomer dominan. Selain itu, siklisasi intramolekuler bilirubin dapat terjadi dari paparan cahaya untuk membentuk isomer lain yang disebut Lumirubin. Jadi fotoisomer bilirubin (bilirubin \rightleftharpoons E) dan lumirubin adalah

larut dalam air dan dapat diekskresi melalui empedu dan urine tanpa konjugasi sebelumnya oleh hati. Karena bilirubin adalah fotosensitizer, meskipun lemah, bilirubin juga dapat menangkap energi cahaya dan menjadi berenergi dalam bentuk triplet. Fotooksidasi bilirubin menyebabkan bilirubin terhidrolisis menjadi monopirol, dipirol, dan tripirol, yang larut dalam air dan kemudian diekskresi ke dalam empedu atau urine. Jadi terapi sinar menurunkan konsentrasi bilirubin dengan mempertinggi dalam kelarutan air melalui proses fotoisomerisasi atau fotooksidasi (Klaus & Fanaroff, 2018).

Teori fotoisomerisasi bilirubin ini ditunjang oleh penelitian lain seperti Costarino, et. al. (1983), sehingga teori ini merupakan teori yang paling banyak dianut akhir-akhir ini. Dengan terapi sinar, energi sinar akan merubah senyawa bilirubin yang berbentuk 4Z 15Z \square bilirubin menjadi senyawa 4Z 15E \square bilirubin yang merupakan bentuk isomernya dan mudah larut dalam plasma dan lebih mudah diekskresi oleh hepar ke dalam saluran empedu. Peningkatan bilirubin isomer dalam empedu menyebabkan bertambahnya pengeluaran cairan empedu ke dalam usus, sehingga peristaltik usus meningkat dan bilirubin akan lebih cepat meninggalkan usus halus (Etika, dkk, 2022).

2.4.2. Alat Untuk Terapi Sinar

Perangkat yang digunakan untuk terapi sinar antara lain :

- a. Sebuah kotak yang diperuntukkan 8-10 lampu neon @ 20 watt yang disusun secara paralel.
- b. Pleksiglas 0,5 inci yang melapisi bagian bawah kotak tersebut yang berfungsi memblokir sinar ultraviolet.
- c. Filter biru yang berfungsi membesarkan energi cahaya yang sampai pada bayi.
- d. Alat pengaman listrik.
- e. Kaki tumpuan dan regulator untuk naik turunnya lampu.

2.4.3. Jenis Sinar atau Lampu yang Digunakan Dalam Terapi Sinar

- a. *Halogen Spotlight* (Lampu Sorot)

Sinar ini tampak putih dan memberikan pancaran 20-25 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$. Lampu ini paling efektif jika dipancarkan langsung pada tubuh bayi pada jarak 52 cm.

b. *2 Special Blue + 2 White Fluorescent Lights*

Kombinasi lampu ini memberikan pancaran 12 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$. Lampu jenis ini perlu diganti setelah pemakaian pada batas waktu tertentu, meskipun tampaknya lampu masih bisa digunakan namun pancaran sinarnya sudah berkurang sampai $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$.

c. *4 White Fluorescent Lights*

Sinar lampu ini harus diposisikan di atas tubuh bayi dan memberikan pancaran 12 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$. Lampu jenis ini juga perlu diganti setelah pemakaian pada batas waktu tertentu.

d. *Biliblanket*

Merupakan sumber sinar halogen dalam bentuk selimut (matras) fiberoptic. Ada 3 setting pancaran sinar yaitu : rendah = 7 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$; medium = 12 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$; tinggi = 15 $\text{uW/cm}^2/\text{nm}$. Biliblanket dipakai langsung sebagai alas pada tubuh bayi, dapat digunakan sebagai terapi sinar tunggal maupun “double” fototerapi. Biliblanket tidak boleh digunakan pada bayi dengan usia kehamilan kurang dari 28 minggu atau bayi dengan kerusakan integritas kulit.

2.4.4. Perawatan Bayi dengan Terapi Sinar

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan terapi sinar adalah

- Lampu yang dipakai sebaiknya tidak digunakan lebih dari 100 jam, untuk menghindarkan turunnya energi yang dihasilkan oleh lampu yang digunakan (bila memakai Blue Lights, umur lampu tergantung pada jenisnya bisa sampai 1.000 jam)
- Pakaian bayi dibuka agar bagian tubuh dapat seluas mungkin terkena sinar.
- Kedua mata ditutup dengan penutup yang dapat memantulkan cahaya untuk mencegah kerusakan retina. Penutup mata dapat dilepas saat pemberian minum dan kunjungan orang tua.

- d. Daerah kemaluan ditutup dengan penutup yang dapat memantulkan cahaya untuk melindungi daerah kemaluan dari cahaya fototerapi, namun sampai saat ini masih menjadi kontroversi.
 - e. Posisi lampu diatur dengan jarak 45 cm di atas permukaan tubuh bayi untuk mendapat energi cahaya yang optimal.
 - f. Posisi bayi diubah tiap 8 jam, agar tubuh mendapat penyinaran seluas mungkin.
 - g. Suhu tubuh diukur 4-6 jam sekali atau sewaktu-waktu jika perlu.
 - h. Pemasukan cairan dan minuman, pengeluaran urine, feces, dan muntah diukur, dicatat dan dilakukan pemantauan tanda dehidrasi.
 - i. Perhatikan status hidrasi bayi, bila perlu tingkatkan konsumsi cairan.
 - j. Catat lama pemberian terapi sinar.
- (Surasmi, dkk, 2021).

Apabila dalam evaluasi kadar bilirubin serum berada dalam batas normal, terapi sinar dihentikan. Jika kadar bilirubin masih tetap atau tidak banyak berubah, perlu dipikirkan beberapa kemungkinan antara lain lampu tidak efektif atau bayi menderita dehidrasi, hipoksia, dan lain-lain

2.4.5. Komplikasi Terapi Sinar

Pemberian terapi sinar dapat menimbulkan efek samping, namun efek samping tersebut bersifat sementara, yang dapat dicegah atau ditanggulangi dengan memperhatikan tata cara penggunaan terapi sinar dan diikuti dengan pemantauan bayi secara berkelanjutan.

Komplikasi pemberian terapi sinar antara lain :

- a. Peningkatan insensible water loss sehingga terjadi dehidrasi. Energi cahaya terapi sinar dapat meningkatkan suhu lingkungan dan menyebabkan peningkatan penguapan melalui kulit.
- b. Peningkatan frekuensi defekasi, hal ini disebabkan karena meningkatnya bilirubin indirek pada usus akan meningkatkan pembentukan enzim laktase yang dapat meningkatkan peristaltik usus.

- c. Timbul kelainan kulit “*flea bite rash*” di daerah muka, badan dan ekstremitas, kelainan ini hilang dengan segera jika terapi sinar dihentikan.
- d. Peningkatan suhu tubuh bayi, karena suhu lingkungan meningkat atau gangguan pengaturan suhu tubuh bayi.
- e. Kadang ditemukan kelainan, seperti gangguan minum, letargi, dan iritabilitas.
- f. Keadaan ini bersifat sementara.
- g. Gangguan pada mata dan pertumbuhan ditemukan pada binatang percobaan.
- h. *Bronze Baby Syndrome* bila bilirubin direk tinggi. (Surasmi, dkk, 2018)

2.5. Transfusi Tukar pada Neonatus dengan Hiperbilirubinemia

2.5.1. Pengertian Transfusi Tukar

Transfusi tukar adalah tindakan menukar darah neonatus dengan darah yang berasal dari donor, dengan tujuan mengganti darah untuk memperbaiki keadaan bayi, dan mempertahankan bilirubin serum pada tingkat yang tidak menimbulkan keracunan (Indarso, 2021).

2.5.2. Indikasi Transfusi Tukar

- a. Hiperbilirubinemia.
- b. Penyakit hemolisis pada neonatus.
- c. Koagulasi intravaskuler secara menyeluruh (DIC).
- d. Hiperkalemi yang tidak berhasil dengan pengobatan (Ca Gluconas, Natrium Bicarbonas, Insulin).
- e. Hipermagnesia disertai gangguan napas yang berat.
- f. Gangguan metabolik yang berakibat asidosis berat
- g. Sepsis

2.5.3. Tujuan Transfusi Tukar

- a. Menurunkan kadar bilirubin indirek.
- b. Mengganti erytrosit yang dapat dihemolisis.
- c. Membuang antibodi yang menyebabkan hemolisis.
- d. Mengoreksi anemia.

2.5.4. Ada tiga jenis transfusi tukar :

Macam transfusi tukar:

- a. *Double volume* artinya dibutuhkan dua kali volume darah diharapkan dapat mengganti kurang lebih 90% dari sirkulasi darah bayi, 88% mengganti Hb bayi.
- b. *Iso volume* artinya hanya dibutuhkan sebanyak volume darah bayi, dapat mengganti 65% Hb bayi.
- c. *Partial exchange* artinya memberikan cairan koloid atau kristaloid pada kasus polisitemia, atau darah pada anemia.

2.5.5. Prosedur Transfusi Tukar

- a. Bayi ditidurkan rata di atas meja dengan fiksasi longgar.
- b. Pasang monitor jantung, alarm jantung diatur di luar batas 100 □ 180 kali/menit.
- c. Masukkan keteter ke dalam vena umbilikalis.
- d. Melalui kateter, darah bayi diisap sebanyak 20 cc lalu dikeluarkan. Kemudian darah pengganti sebanyak 20 cc dimasukkan ke dalam tubuh bayi. Setelah menunggu 20 detik, lalu darah bayi diambil lagi sebanyak 20 cc dan dikeluarkan. Kemudian dimasukkan darah pengganti dengan jumlah yang sama, demikian siklus penggantian tersebut diulangi sampai selesai.
- e. Kecepatan mengisap dan memasukkan darah ke dalam tubuh bayi diperkirakan 1,8 kg/cc BB/menit. Jumlah darah yang ditransfusi tukar berkisar 140-180 cc/kg BB bergantung pada tinggi rendahnya kadar bilirubin sebelum transfusi tukar.
- f. Saat transfusi tukar, darah donor dihangatkan sesuai suhu temperatur ruang. Pemanasan darah dapat merusak eritrosit yang akan menghemoalisis dan menghasilkan bilirubin. Pemanasan tidak boleh dilakukan secara langsung dan tidak boleh menggunakan *microwave*. Darah dihangatkan dengan koil penghangat yang dirancang untuk tujuan tersebut.

Hal yang harus diperhatikan selama transfusi tukar :

- a. Neonatus harus dipasang alat monitor kardio □ respirasi.
- b. Tekanan darah neonatus harus terus dipantau.
- c. Neonatus dipuaskan bila perlu dipasang selang nasogastrik.
- d. Neonatus dipasang infus.
- e. Suhu tubuh dipantau dan dijaga dalam batas normal.

f. Disediakan peralatan resusitasi

Selama prosedur transfusi tukar berlangsung, perawat bertanggung jawab memantau dan mencatat tanda penting tiap 15 menit. Pemeriksaan kadar kalsium dan glukosa darah dilakukan selama transfusi tukar. Segera setelah transfusi tukar selesai, dilakukan pemeriksaan hemoglobin, hematokrit, elektrolit, dan bilirubin, kemudian diulang tiap 4-8 jam atau sesuai anjuran dokter. Selama dan sesudah transfusi tukar dapat terjadi komplikasi emboli udara dan trombosis, aritmia, hipovolemia, asidosis dan alkaliosis post transfusi tukar, trombositopenia, perdarahan dan kelebihan heparin, bakterimia, hepatitis virus B.

Mengingat banyaknya masalah yang dapat timbul, perawat harus memantau kondisi neonatus dengan cermat dan mencatat setiap temuan. Selain pemeriksaan fisik, data laboratorium diperlukan untuk menilai bahwa proses hemolitik sudah menurun, anemia mulai membaik dan kadar bilirubin dapat dijaga di bawah kadar yang dapat membahayakan neonatus (Surasmi, dkk, 2021).

2.5.6. Komplikasi Transfusi Tukar

- a. Selama proses persalinan
 - a) Emboli.
 - b) Gangguan keseimbangan cairan.
 - c) Aritmia.
 - d) Asidosis.
 - e) Sesak napas.
 - f) Anemia atau polisitemia.
 - g) Fluktuasi tekanan darah serebral.
- b. Sesudah proses
 - a) Infeksi
 - b) Hipokalsemia.
 - c) Hipoglikemia.
 - d) Hipernatremia.
 - e) Trombositopenia.
 - f) Gangguan pembekuan darah.

- g) Necrotizing Entero Colitis.
- h) Infeksi melalui darah donor.

2.6. Pemberian Phenobarbital

Phenobarbital memperbesar konjugasi dan ekskresi bilirubin. Pemberiannya akan membatasi perkembangan ikterus fisiologis pada bayi baru lahir bila diberikan pada ibu dengan dosis 90 mg/24 jam sebelum persalinan atau saat bayi lahir dengan dosis 10 mg/kg/24 jam. Meskipun demikian, phenobarbital tidak secara rutin dianjurkan untuk mengobati ikterus pada neonatus, (1) Karena pengaruhnya pada metabolisme bilirubin biasanya tidak terlihat sebelum mencapai beberapa hari pemberian, (2) Karena efektifitas obat ini lebih kecil daripada terapi sinar dalam menurunkan kadar bilirubin, (3) Karena dapat mempunyai pengaruh sedatif dan tidak menguntungkan dan (4) Tidak menambah respon terhadap terapi sinar (Nelson, 2019).