

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Bilirubin

a. Pengertian Bilirubin

Bilirubin adalah suatu produk penguraian sel darah merah. Setelah sel darah merah menghabiskan rentang umurnya 120 hari, membran sel tersebut menjadi sangat rapuh dan pecah. Hemoglobin dilepaskan dan diubah menjadi bilirubin bebas oleh sel – sel fagositik. Bilirubin bebas berikatan dengan albumin plasma dan mengalir dalam darah menuju hati. Bilirubin merupakan produk pemecahan sel darah merah. Pemecahan pertama dari sistem RES (*Retikuloendotelial system*) yang diawali dengan pelepasan besi dan rantai peptida globulin (Mentari *et al.*, 2022).

Bilirubin membentuk pigmen kuning yang berasal dari perombakan heme dari hemoglobin dalam proses pemecahan eritrosit oleh sel retikuloendotel. Bilirubin juga berasal dari perombakan zat-zat lain, bagian ini adalah 20%. Sel retikuloendotel membuat bilirubin tidak larut dalam air, bilirubin yang disekresikan dalam darah harus diikatkan albumin untuk diangkut menuju hati (Saputra, 2020).

b. Jenis – Jenis Bilirubin

Hati dapat memproduksi bilirubin yang berbeda-beda yang memiliki fungsi dan sifat yang berbeda. Berikut merupakan jenis-jenis bilirubin dan sifatnya:

- 1) Bilirubin terkonjugasi merupakan bilirubin yang terdapat di hati dan tidak berikatan dengan albumin sehingga terkonjugasi dengan asam glukoronat membentuk bilirubin glukorosida. Normalnya, bilirubin terkonjugasi tidak ditemukan dalam plasma darah. Peningkatan kadar bilirubin terkonjugasi menunjukkan adanya gangguan pada hati atau saluran empedu (Kemenkes, 2019).
- 2) Bilirubin tak terkonjugasi adalah bilirubin yang berikatan dengan albumin. Bilirubin tak terkonjugasi tidak larut dalam air dan tidak ditemukan di urine. Peningkatan kadar bilirubin tak terkonjugasi sering ditandai dengan peningkatan destruksi eritrosit (hemolisis) atau transfusi (Prasetyo, 2019)
- 3) Bilirubin total adalah hasil penjumlahan dari kadar bilirubin terkonjugasi dan tak terkonjugasi dengan satuan mg/dL (Dosna, 2020).

c. Pembentukan Bilirubin

Bilirubin merupakan sisa metabolisme besi yang berada didalam tubuh 70% berasal dari eritrosit sisanya dari molekul molekul lain yang mengandung zat besi. Ketika eritrosit berusia tua

makan akan dipecah didalam limpa. Pemecahan dari eritrosit tersebut akan mengeluarkan pengisi utamanya yaitu bilirubin total. Bilirubin total ini akan dipecah lagi menjadi heme dan globin oleh bantuan enzim heme oksigenase. Heme memiliki 3 struktur utama yaitu Co, fedan, dan protoporphorin. Gas Co akan dibuang kemudian Fe akan didaur ulang kembali dan protoporphorin atau yang biasa disebut biliverdin akan diubah menjadi bilirubin tak terkonjugasi oleh enzim biliverdin reduktase. Keseluruhan proses ini terjadi di limpa (*Pre hepatic*).

Bilirubin tak terkonjugasi harus dibawa menuju hepar tetapi karena sifatnya yang hidropobik maka perlu berikatan dengan albumin agar dapat diangkut menuju hepar melewati pembuluh darah. Setelah sampai di sel-sel di hepar melalui pembuluh porta, bilirubin tak terkonjugasi harus melepaskan albumin agar bisa masuk sendirian kedalam hepar. Bilirubin tak terkonjugasi harus di ubah agar bersifat larut dalam air dan bisa di ekresikan ke usus. Sel hepatosit akan berkeja dengan cara menambahkan asam glukoranat dibantu dengan bantuan enzim glukoronil transferase sehingga berubah menjadi bilirubin terkonjugasi yang larut air (*Hepatic*). Bilirubin terkonjugasi sudah bisa diangkut ke dalam usus besar. Didalam usus besar terdapat bakteri-bakteri yang mengeluarkan enzim β glukoridase akan merubah bilirubin terkonjugasi menjadi urobilinogen kemudian dioksidasi oleh flora usus menjadi stercobilin (*Pasca hepatic*). Sisa

bilirubin terkonjugasi akan direabsorpsi kembali ke vena porta menuju hepar kemudian ke usus lagi, siklus ini dinamakan siklus urobilinogen enterohepatik. Sebagian kecil bilirubin dikeluarkan melalui urin (Sadikin M, 2017).

d. Nilai Rujukan Kadar Bilirubin Total

Nilai rujukan kadar bilirubin total ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rujukan Kadar Bilirubin Total

Kategori	Kadar Bilirubin Total (mg/dL)
Bayi 0 – 1 hari	1,4 – 8,7
Bayi 1 – 2 hari	3,4 – 11,5
Bayi 3 – 5 hari	1,5 – 12,0
>5 hari – 60 tahun	0,3 – 1,2
60 – 90 tahun	0,2 – 1,1

Sumber : (Nugraha, G., & Badrawi, I, 2018)

e. Pemeriksaan Bilirubin Total

Pemeriksaan kadar bilirubin total bertujuan untuk memantau kadar bilirubin yang dikaitkan dengan ikterik dan memastikan adanya gangguan fungsi hati. Pemeriksaan bilirubin total menggunakan metode *Jendrassik - Grof* dengan bahan pemeriksaan berupa serum (DiaSys, 2021).

Prinsip pemeriksaan bilirubin total adalah menggabungkannya dengan *diazotasi asam sulfanilat* setelah penambahan kafein, *natrium benzoat* dan *natrium asetat*. Azobilirubin yang berwarna biru terbentuk dalam larutan Fehling II yang bersifat basa. Senyawa biru ini dapat juga ditentukan secara selektif dengan timbulnya warna kuning menggunakan fotometri pada panjang gelombang 578

nm. Bilirubin direk diukur sebagai warna merah azo pada panjang gelombang 546 nm menggunakan metode *Schellong dan Wande* tanpa penambahan alkali. Bilirubin indirek dihitung dari kadar bilirubin total dikurangi kadar bilirubin direk (DiaSys, 2021).

2. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Kadar Bilirubin Total

Kestabilan spesimen yang akan diperiksa pada pemeriksaan bilirubin dipengaruhi oleh faktor dalam dan faktor luar, yaitu:

a. Faktor Luar

1) Cahaya

Stabilitas bilirubin dalam serum tidak stabil dan mudah terjadi kerusakan terutama oleh cahaya, baik cahaya lampu ataupun cahaya matahari. Serum atau plasma heparin boleh digunakan, hindari sampel yang hemolisis dan cahaya matahari langsung. cahaya matahari langsung dapat menyebabkan penurunan kadar bilirubin serum sampai 50% dalam satu jam, dan pengukuran bilirubin total hendaknya dikerjakan dalam waktu dua hingga tiga jam setelah pengumpulan darah. Bila dilakukan penyimpanan serum hendaknya disimpan di tempat yang gelap, dan tabung atau botol yang berisi serum di bungkus dengan kertas hitam atau aluminium foil untuk menjaga stabilitas serum dan disimpan pada suhu yang rendah atau lemari pendingin (Fadhilah, 2019).

2) Suhu Penyimpanan

Suhu merupakan faktor luar yang selalu berhubungan langsung terhadap sampel, baik saat penyimpanan maupun saat pemeriksaan. Pemeriksaan kadar bilirubin total sebaiknya diperiksa segera, tapi dalam keadaan tertentu pemeriksaan kadar bilirubin total bisa dilakukan penyimpanan. Dengan penyimpanan yang benar stabilitas serum masih stabil dalam waktu satu hari bila disimpan pada suhu 20°C-25°C, 7 hari pada suhu 2°C-8°C, dan tiga bulan pada penyimpanan -20°C (Prawirohardjo, 2016).

3) Waktu Penyimpanan

Waktu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kadar bilirubin total dalam serum, bila serum terlalu lama dibiarkan maka mempengaruhi kualitas kadar bilirubin dalam serum (Simon, 2018). Berdasarkan reagen *Diasys* waktu penyimpanan serum masih stabil selama 2 hari pada suhu 15 - 25°C, selama 7 hari pada suhu 2 - 8°C, selama 6 bulan pada suhu -15 sampai -20°C.

4) Tabung Penyimpanan

Tabung merupakan wadah atau tempat penampungan sampel, agar mudah untuk melakukan pemeriksaan, di rumah sakit biasanya menggunakan tabung vakum dengan tutup warna kuning untuk menampung bahan sampel serum. Tabung vacuum

tutup kuning digunakan untuk darah bekuan dan serum dengan cara *sentrifuge*. Tabung vacuum terbuat dari bahan plastik atau kaca yang mudah ditembus oleh cahaya, sehingga mudah mempengaruhi konsentrasi di dalam serum (Sugiarti, 2019).

b. Faktor Dalam

1) Hemolisis

Hemolisis akibat inkompaktibilitas ABO atau isoimunisasi Rhesus, defisiensi G6PB, *sferositis hereditas* dan pengaruh obat, infeksi, septicemik, sepsis, meningitis, infeksi saluran kemih, infeksi intrauterine, Polisitemia, Ekstravasasi sel darah merah, sefalhematom, kontusio, trauma lahir, ibu diabetes, asidosis, hipoksia, sumbatan traktus digestif yang mengakibatkan peningkatan sirkulasi enterohepatik (Yasmin, 2023).

2) Ikterik

Peningkatan kadar dari bilirubin dapat terjadi akibat ikterik obstruktif karena batu atau neoplasma empedu, hepatitis, sirosis hati, mononucleosis infeksius, metastasis hati, penyakit wilson. Selain terjadi akibat penyakit dapat pula terjadi akibat penggunaan obat misalnya yaitu : antibiotik, sulfanamide, obat anti tuberkulosis (Yasmin, 2023).

3. Bahan Pemeriksaan

Jenis spesimen yang digunakan untuk pemeriksaan bilirubin total yaitu serum dan plasma.

a. Serum

Serum adalah bagian cairan tubuh yang bercampur dengan darah. Susunannya hampir sama dengan plasma, tetapi tidak mengandung fibrinogen yang merupakan faktor pembekuan darah. Terdiri dari 3 jenis berdasarkan komponen yang terkandung yaitu serum albumin, globulin dan fibrinogen. Cara untuk memperoleh serum adalah dengan didiamkan selama minimal 15 menit agar mengendap sehingga fibrinogen tidak terdapat dalam cairan (Natsir, 2023).

b. Plasma

Perbedaan yang jelas antara serum dan plasma yaitu plasma mencegah proses penggumpalan darah sedangkan serum membiarkan terjadinya proses penggumpalan darah. Plasma mengandung senyawa fibrinogen yaitu suatu protein darah yang berubah menjadi jaring dari serat-serat fibrin pada peristiwa penggumpalan, di mana senyawa tersebut sudah tidak ada lagi dalam serum. Di dalam plasma fibrinogen tidak dapat berubah menjadi fibrin karena adanya antikoagulan yang ditambahkan (Sadikin, 2017).

4. Intensitas Penyorotan

Intensitas penyorotan atau iluminasi atau kuat penyorotan adalah flux cahaya yang jatuh pada suatu bidang atau permukaan, sehingga satuan intensitas penyorotan adalah lumen / m² atau Lux (Lx) dengan lambang E. Sehingga dapat dikatakan bahwa 1 Lux = 1 lumen/m². Semakin tinggi intensitas sinar dan semakin dekat jaraknya maka semakin cepat penurunan kadar bilirubin (Putri & Sudarti, 2022).

Penelitian Saputra (2020) menunjukkan bahwa kadar bilirubin total pada sampel serum yang terpapar intensitas cahaya ≤ 500 lux selama 1 jam pada suhu 27-28°C memiliki nilai rata-rata sebesar 0,25 mg/dL. Kadar bilirubin total pada sampel serum yang terpapar intensitas cahaya > 500 lux selama 1 jam pada suhu 27-28°C memiliki nilai rata-rata sebesar 0,16 mg/dL. Perbandingan kadar bilirubin total pada sampel serum yang terpapar intensitas cahaya ≤ 500 lux selama 1 jam pada suhu 27-28°C sebesar 0,25 mg/dL dan kadar bilirubin total pada sampel serum yang terpapar intensitas cahaya > 500 lux selama 1 jam pada suhu 27-28°C sebesar 0,16 mg/dL dengan selisih nilai penurunan rata - rata sebesar 0,09 mg/dL atau 18%.

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2018) menunjukkan bahwa terdapat batas minimal pencahayaan untuk berbagai jenis ruang kerja, termasuk laboratorium. Dalam konteks laboratorium kesehatan, pencahayaan yang memadai sangat penting untuk memastikan ketelitian dalam proses pengamatan sampel, terutama

saat menggunakan mikroskop atau melakukan uji kimiawi. Klasifikasi intensitas cahaya dan standar yang digunakan menurut Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2018) dijelaskan dalam Tabel 2 :

Tabel 2. Standar Intensitas Cahaya

Kategori Intensitas	Standar Lux	Jenis Ruangan
Rendah	100 - 200 lux	Area Istirahat
Sedang	250 - 500 lux	Kantor Umum
Tinggi	≥ 500 lux	Laboratorium Umum
Sangat Tinggi	≥ 1.000 lux	Ruang Operasi

Sumber: (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2018)

5. Lux meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas penyorotan di suatu tempat. Untuk mengetahui besarnya intensitas penyorotan maka diperlukan sebuah sensor yang cukup peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas penyorotannya akan semakin berkurang. Alat ini memperlihatkan hasil pengukuran menggunakan format digital yang terdiri dari sebuah sensor dan rangka. Sensor tersebut diletakkan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya. Gambar lux meter ditunjukkan pada Gambar 1.



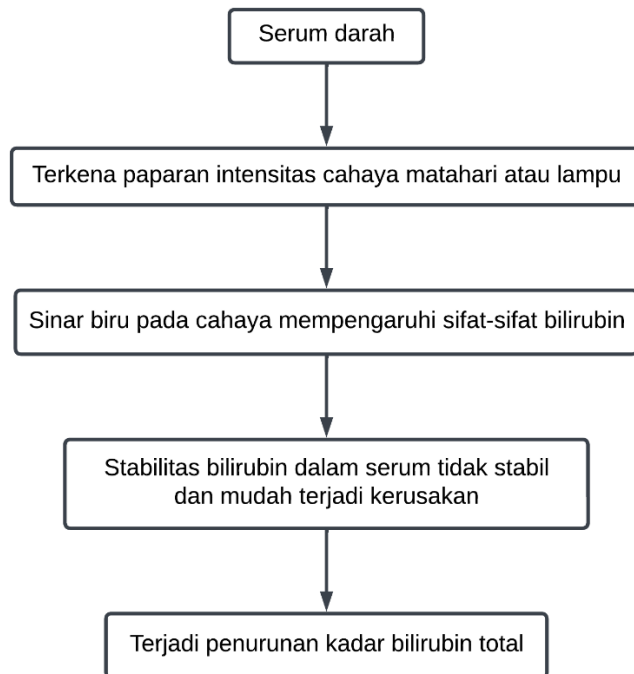
Gambar 1 Lux Meter

Sumber: (Putri & Sudarti, 2022)

Lux meter bekerja dengan prinsip fotometri, yaitu mengukur intensitas cahaya berdasarkan respons sensor terhadap cahaya yang diterimanya. Sensor cahaya, seperti *Light Dependent Resistor* (LDR) atau fotodioda, akan mengubah intensitas cahaya yang diterima menjadi sinyal listrik. Sinyal ini kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk ditampilkan sebagai nilai lux pada layar. Sensor yang digunakan pada alat ini adalah *photo diode*. Sensor ini termasuk ke dalam jenis sensor cahaya atau *optic*. Sensor cahaya atau *optic* adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai suatu daerah tertentu. Kemudian hasil dari pengukuran yang dilakukan akan ditampilkan pada layar panel (Santiari, D. A. S., & Putra, M., 2018).

B. Kerangka Teori

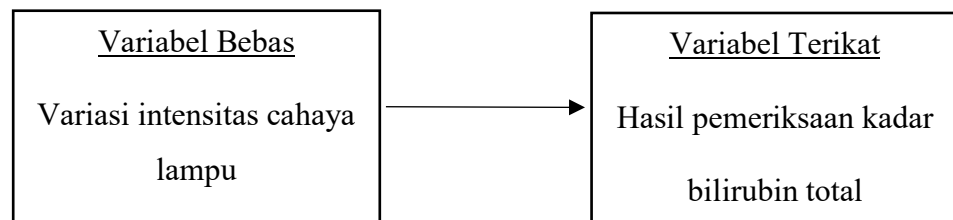
Kerangka teori pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Ada pengaruh variasi intensitas cahaya lampu terhadap penurunan kadar bilirubin total pada sampel serum.