

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Klinik

Laboratorium klinik merupakan fasilitas kesehatan yang menyediakan layanan pemeriksaan spesimen klinik yang sangat penting dalam mendukung diagnosis penyakit dan melakukan skrining kondisi kesehatan tubuh. Pemeriksaan laboratorium klinik dilakukan secara rutin untuk memberikan informasi yang diperlukan oleh dokter dalam menentukan diagnosis dan rencana pengobatan. Untuk memastikan hasil pemeriksaan yang akurat dan konsisten, pengendalian mutu internal sangat diperlukan. Pengendalian mutu ini memastikan bahwa setiap tahapan pemeriksaan, mulai dari pra-analitik, analitik, hingga pasca-analitik, dilakukan dengan mengikuti standar yang ketat dan prosedur yang telah ditetapkan. Dengan pengendalian mutu yang baik, hasil pemeriksaan yang dihasilkan dapat dipercaya dan memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi kesehatan pasien (Permenkes, 2010).

Pra analitik merupakan bagian awal dari pemeriksaan yang meliputi pengambilan sampel yang menjadi bagian terpenting dalam pemeriksaan sebelum memasuki tahap analitik. Pada tahap analitik, kualitas hasil pemeriksaan dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama

peralatan dan prosedur yang digunakan. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh adalah ketepatan dalam pemipetan reagen dan sampel. Ketepatan ini tidak hanya mencakup volume reagen dan sampel yang digunakan, tetapi juga kebersihan alat yang digunakan untuk pipet serta kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses pemipetan. Kesalahan dalam pemipetan dapat menyebabkan hasil pemeriksaan yang tidak valid dan memengaruhi akurasi diagnosis. Oleh karena itu, pengendalian mutu yang ketat selama tahap analitik sangat penting untuk memastikan hasil yang valid dan andal. Pengendalian mutu yang baik juga dapat meningkatkan kepercayaan terhadap laboratorium, baik dari pihak dokter maupun pasien, dalam menerima hasil pemeriksaan yang dilakukan. Dengan demikian, pengendalian mutu tidak hanya menjamin keandalan hasil pemeriksaan kimia klinik tetapi juga menjadi dasar untuk meningkatkan kualitas layanan laboratorium secara keseluruhan (Kepmenkes, 2010).

2. Pemeriksaan Kimia Klinik

Pemeriksaan kimia klinik menggunakan berbagai metode analisis dan instrumen untuk menilai kadar penanda kimia dalam tubuh. Zat kimia ini, yang umumnya berupa substansi biologis atau analit, dievaluasi berdasarkan kondisi pasien, baik dalam keadaan sehat maupun sakit. Selain itu, pemeriksaan juga mencakup analisis jenis dan konsentrasi racun dalam darah serta kadar obat terapeutik (Liana dkk, 2022).

Pemeriksaan kimia klinik berfungsi untuk menganalisis kondisi patologi dan fisiologi tubuh secara kualitatif maupun kuantitatif. Selain berperan dalam diagnosis, tatalaksana, serta pemantauan dan kontrol, pemeriksaan ini juga berkontribusi dalam pencegahan penyakit. Kimia klinik bertanggung jawab atas penerapan konsep kimia, biologi molekuler, dan seluler, serta berbagai metode untuk meningkatkan pemahaman dan evaluasi kondisi kesehatan individu secara menyeluruh (Liana dkk, 2022).

Pemeriksaan kimia klinik rutin meliputi analisis kadar profil lipid, glukosa darah, bilirubin, amilase, lipase, serta berbagai parameter untuk menilai fungsi organ, seperti fungsi ginjal (*blood urea nitrogen*/BUN, asam urat, kreatinin), fungsi hati (*aspartat transaminase*/AST, *alanin transaminase*/ALT), dan elektrolit (natrium, kalium, fosfor, magnesium, kalsium). Selain itu, pemeriksaan juga mencakup alkaline fosfatase, *gamma-glutamyl transferase* (GGT), kreatinin kinase, Hemoglobin A1c (HbA1c), serta protein total dan albumin (Liana dkk, 2022).

3. Albumin

a. Definisi Albumin

Albumin serum adalah protein dengan berat molekul sekitar 65.000 Da, terdiri dari 584 asam amino, dan merupakan protein plasma paling dominan dalam sirkulasi tubuh manusia. Nilai normal kadar albumin serum berkisar antara 3,5-5,0 g/dL, dengan total

kandungan dalam tubuh mencapai 300-500 g. Albumin diproduksi secara eksklusif di sel-sel hati dengan laju sintesis sekitar 15 g per hari pada individu sehat, meskipun laju ini dapat berubah tergantung pada kondisi fisiologis. Protein ini memiliki waktu paruh sekitar 21 hari, dengan tingkat degradasi sekitar 4% per hari, dan dimetabolisme terutama di endotel vaskular. Kadar albumin serum dipengaruhi oleh laju sintesis, sekresi oleh sel hati, distribusi dalam cairan tubuh, dan tingkat degradasinya (Murray, 2009). Albumin berkontribusi sekitar 75-80% terhadap tekanan osmotik plasma, yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan cairan dalam pembuluh darah. Penurunan kadar albumin serum dapat menyebabkan pergeseran cairan dari pembuluh darah ke jaringan, yang dapat memicu terjadinya edema (Murray, 2009).

b. Fungsi Albumin

Albumin dalam tubuh berfungsi untuk meningkatkan tekanan osmotik, yang berperan penting dalam mempertahankan keseimbangan cairan di dalam pembuluh darah. (Kee, 2013). Berikut adalah beberapa fungsi albumin dalam tubuh:

1) Sarana Pengangkut

Albumin membawa unsur-unsur yang kurang larut dalam air melewati plasma darah dan cairan sel. Unsur-unsur seperti asam lemak bebas, kalsium zat besi dan beberapa unsur obat. Albumin juga bermanfaat dalam pembentukan jaringan tubuh yang baru.

Secara umum albumin membantu proses metabolisme di dalam tubuh manusia (Sumarno, 2012).

2) Memelihara Tekanan Osmotik dalam Darah

Albumin menjaga keberadaan air dalam plasma darah sehingga bisa mempertahankan volume darah. Bila jumlah albumin turun maka akan terjadi penimbunan cairan dalam jaringan (edema) misal terjadi pembengkakan di kedua kaki. Atau bisa terjadi penimbunan cairan dalam rongga tubuh (Sumarno, 2012).

3) Penghancur Radikal Bebas

Albumin menjadi sumber utama kelompok sulfidril yang berperan dalam menghilangkan radikal bebas, termasuk jenis nitrogen dan oksigen (Soemantri, 2009).

4) Efek Antikoagulan

Mekanisme efek antikoagulan dan antitrombotik dari albumin masih belum sepenuhnya dipahami. Diduga, hal ini terjadi karena ikatan albumin dengan radikal nitric oxide yang memperpanjang efek anti-agregasi trombosit (Soemantri, 2009).

c. Metabolisme Albumin

Pada orang dewasa yang sehat, hati menyintesis hingga 14 g albumin per hari dari asam amino hasil katabolisme protein. Proses ini mencakup sekitar 5% dari total albumin dalam tubuh, yaitu sekitar $3,5 \pm 5$ g albumin per kilogram berat badan. Sekitar 60% total

albumin tubuh didistribusikan ke ruang interstitial, sementara 40% berada dalam pembuluh darah (ruang vaskular). Pertukaran albumin di dinding kapiler antara kedua kompartemen diperkirakan mencapai 120 g. Hipoalbuminemia dapat terjadi pada setiap tahapan metabolisme albumin. Penyebabnya antara lain penurunan pasokan asam amino (seperti pada malabsorpsi usus), gangguan sintesis albumin (contohnya pada gagal hati), peningkatan kehilangan albumin (seperti pada sindrom nefrotik), peningkatan katabolisme jaringan (misalnya pada sepsis), atau masalah distribusi albumin (seperti edema). Waktu paruh albumin sekitar 20 hari, namun kadar albumin dapat berubah dengan cepat. Pertukaran albumin dari ruang vaskular ke ruang interstitial (*transcapillary escape rate*) dapat menyebabkan jumlah albumin yang berpindah mencapai sepuluh kali lipat dari jumlah albumin yang disintesis (Arcas, 2011).

d. Faktor Penurunan Kadar Albumin

1) Usia

Pada usia lanjut, fungsi hati cenderung menurun, mengurangi kemampuannya dalam mentoleransi obat dan makanan seperti yang berlemak, tinggi kolesterol, berpengawet, mengandung penyedap, serta zat pewarna. Menurut Aspiani (2014), kelompok usia lanjut (55-64 tahun) dikenal sebagai masa presenium, di mana perubahan fungsi tubuh mulai terjadi, termasuk penurunan aktivitas enzim seperti albumin, yang

banyak terdapat dalam sel-sel hati. Hal ini dapat memengaruhi kemampuan hati dalam menjalankan fungsinya secara optimal (Indrawati, 2019).

2) Fungsi Hati

Hati adalah organ ekskresi yang bertugas mendetoksifikasi berbagai zat toksik. Oleh karena itu, kerusakan pada hati sering menjadi indikator bahwa suatu zat bersifat toksik. Paparan obat-obatan dan bahan kimia secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan perubahan pada sel-sel hati, khususnya hepatosit, seperti degenerasi lemak dan nekrosis. Kondisi ini dapat mengurangi kemampuan regenerasi sel, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan permanen hingga kematian sel. Kerusakan tersebut juga berdampak pada menurunnya produksi albumin, yang berperan penting dalam menjaga fungsi tubuh (Anggraeny dkk, 2014).

3) Gaya Hidup

Gaya hidup memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar albumin dalam tubuh. Sebagai contoh, konsumsi alkohol dan penyalahgunaan obat-obatan terlarang secara berlebihan pada usia muda dapat membawa dampak serius pada fungsi hati di kemudian hari (Nurrofikoh dkk, 2023). Konsumsi alkohol berlebih berpotensi menyebabkan stres oksidatif, yang dapat memicu berbagai kondisi patologis pada hati, seperti

peradangan, fibrosis, dan kerusakan seluler lainnya. Jika kebiasaan ini berlangsung dalam jangka panjang, kerusakan hati yang terjadi dapat menurunkan kemampuan hati dalam memproduksi albumin, sehingga berpengaruh pada keseimbangan metabolisme dan kesehatan tubuh secara keseluruhan (Ighodaro dan Omole, 2012). Penyalahgunaan obat-obatan terlarang sering kali disebabkan oleh ketergantungan fisik (*addiction*) terhadap obat sebagai cara untuk mengatasi masalah atau stres. Namun, banyak yang tidak menyadari bahwa zat-zat berbahaya dalam obat-obatan tersebut dapat menyebabkan kerusakan serius pada fungsi hati (Nurrofikoh dkk, 2023).

e. Pemeriksaan Albumin

1) Spesimen

Bahan yang digunakan untuk pemeriksaan albumin adalah serum atau plasma yang diambil dari darah vena. Serum atau plasma tersebut harus dipisahkan dari sel darah. Jika sampel tidak dapat segera diperiksa, sebaiknya disimpan di lemari es untuk mencegah perubahan kadar albumin. Sampel yang akan diperiksa sebaiknya tidak lipemik, tidak hemolisis, dan tidak ikterik, karena kondisi tersebut dapat memengaruhi hasil pemeriksaan (Rhoce, 2006).

Serum adalah plasma yang tidak mengandung fibrinogen, sel, dan faktor koagulasi lainnya. Fibrinogen menyumbang sekitar 4% dari total protein dalam plasma dan berperan penting dalam proses pembekuan darah. Serum berupa cairan berwarna kuning muda yang diperoleh dengan mensentrifugasi darah yang dibiarkan membeku tanpa menggunakan antikoagulan (Sadikin, 2013). Plasma diperoleh dari darah yang ditempatkan dalam tabung berisi antikoagulan yang mengandung sitrat. Kemudian disentrifugasi pada kecepatan dan waktu tertentu untuk memisahkan plasma dari komponen lainnya. Plasma masih mengandung fibrinogen karena antikoagulan yang ditambahkan mencegah terjadinya pembekuan darah (Guder, 2009).

Serum dan plasma memiliki perbedaan utama dalam koagulasi. Plasma mengandung fibrinogen yang dicegah berubah menjadi fibrin oleh antikoagulan seperti EDTA, heparin, atau natrium sitrat, sedangkan serum tidak mengandung fibrinogen karena darah telah menggumpal secara alami tanpa antikoagulan. Pada pembuatan serum, sel darah menggumpal bersama fibrin, sementara pada plasma, antikoagulan mencegah pembekuan, menghasilkan pengendapan sel darah di bagian bawah tabung. Serum lebih stabil untuk analisis biokimia seperti elektrolit dan enzim, tetapi memerlukan waktu lebih lama untuk diproses. Plasma lebih cepat dibuat dan cocok untuk analisis

koagulasi, meskipun kurang stabil karena adanya antikoagulan (Sadikin, 2014).

2) Metode Pemeriksaan

a) Metode Biuret

Albumin terlebih dahulu dipisahkan menggunakan *sodium sulfite* 25% dan *eter*, kemudian disentrifugasi. Endapan atas dibuang, dan endapan bawah ditambahkan dengan pereaksi biuret. Pengukuran dilakukan dengan mengamati serapan cahaya pada kompleks yang berwarna ungu (Soebrata, 2007).

b) Metode Elektroforesis

Prinsip pemeriksaan metode elektroforesis protein melibatkan penempatan serum dalam media penyangga yang kemudian dialiri listrik, sehingga fraksi protein akan terpisah berdasarkan ukuran dan berat molekul masing-masing protein. Metode ini dapat digunakan untuk memisahkan protein plasma menjadi albumin, α_1 , α_2 , β , γ -globulin, serta fibrinogen, dan juga dapat mendeteksi protein abnormal, khususnya para protein (Soebrata, 2007).

c) BCG (*Brom Cresol Green*)

Prinsip pemeriksaan metode BCG melibatkan penambahan pereaksi albumin ke dalam serum, yang akan menyebabkan perubahan warna menjadi hijau. Kemudian,

intensitas warna hijau tersebut diukur menggunakan spektrofotometer, yang menunjukkan kadar albumin dalam serum (Soebrata, 2007). BCG adalah zat warna yang termasuk dalam keluarga *triphenylmethane* (dye *triarylmethane*), yang digunakan sebagai indikator pH dan juga sebagai pewarna pelacak dalam elektroforesis gel agarose untuk DNA (Ilmiah dkk, 2014).

3) Nilai Normal Kadar Albumin

Nilai rentang untuk usia dewasa adalah 3,5 – 5,2 g/dL atau 35-52 g/L atau setelah dikalikan faktor konfersi 507 – 756 $\mu\text{mol/L}$ (Diasys, 2019). Nilai rentang kadar albumin berdasarkan faktor usia dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Normal Kadar Albumin

Usia	Kadar Albumin
Dewasa	3,5 – 5,0 g/dl
Anak	4,0 – 5,8 g/dl
Bayi	4,4 – 5,4 g/dl
Bayi baru lahir	2,9 – 5,4 g/dl

Sumber: Kee, 2007

4) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kesalahan Pemeriksaan

a) Pemipetan

Pemeriksaan laboratorium memerlukan ketelitian tinggi, namun terkadang kesalahan dapat terjadi dalam penanganan sampel atau sampel yang tertukar. Kesalahan dalam proses pemipetan atau kesalahan dalam pemrograman

alat juga dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan (Gandasoebrata, 2010).

b) Hemolisis Sampel

Hemolisis adalah proses penghancuran sel darah merah atau pecahnya membran eritrosit, yang menyebabkan hemoglobin bebas masuk ke dalam plasma atau serum. Darah yang terlisiskan dapat terlihat secara visual dengan adanya warna merah pada plasma atau serum. Hemolisis umumnya terjadi pada serum, yang dapat mengganggu hasil pemeriksaan laboratorium, seperti menghasilkan nilai albumin serum yang tinggi atau rendah secara palsu (Yasin, 2015).

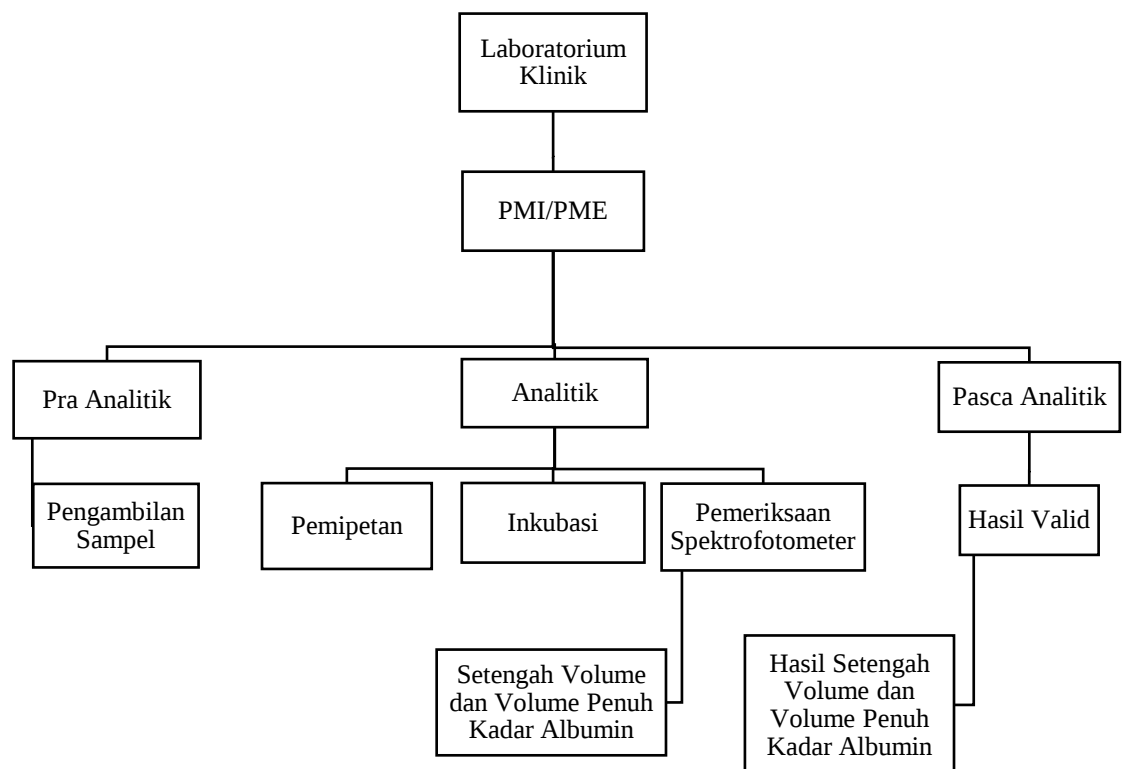
c) Penundaan Waktu Inkubasi

Penundaan sampel yang tidak mengikuti prosedur pemeriksaan yang tepat dapat memengaruhi hasil kadar albumin serum (Gandasoebrata, 2010). Penundaan dalam pemeriksaan albumin serum juga dapat meningkatkan risiko terjadinya kontaminasi mikroorganisme pada sampel (Irawan, 2007). Waktu inkubasi pemeriksaan albumin serum yang tidak sesuai prosedur dapat memengaruhi hasil, karena hal tersebut dapat menyebabkan perubahan pada zat-zat terlarut di dalamnya, termasuk protein (Hardjoeno, 2007).

d) Volume Sampel

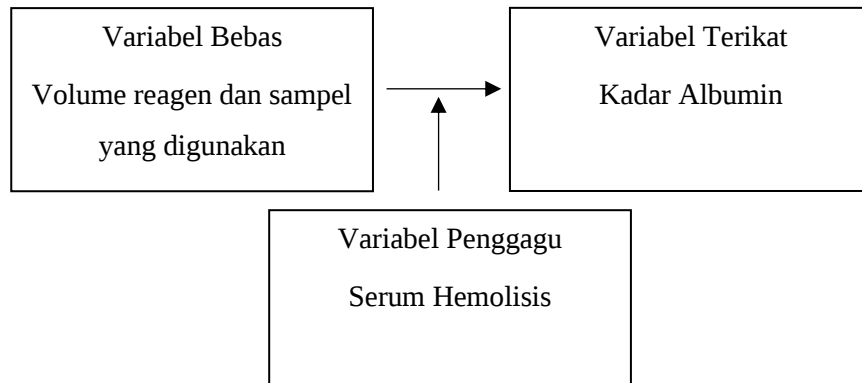
Perbandingan antara volume serum dan reagen memiliki dampak terhadap akurasi hasil pemeriksaan klinik. Penggunaan volume yang tidak tepat dapat menghasilkan ketidakakuratan, yang dapat mempengaruhi diagnosis dan perawatan pasien. Oleh karena itu, sangat penting untuk mematuhi standar operasional prosedur laboratorium yang telah ditetapkan (Santoso, 2015).

B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 2. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Tidak terdapat perbedaan kadar albumin yang diukur setengah volume reagen dan sampel dibandingkan dengan pemeriksaan yang menggunakan volume penuh.