

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Klinik

a. Definisi Laboratorium Klinik

Laboratorium Klinik adalah laboratorium kesehatan yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik untuk mendapatkan informasi tentang kesehatan perorangan terutama untuk menunjang upaya diagnosis penyakit, penyembuhan penyakit, dan pemulihan kesehatan (Permenkes, 2013). Mutu hasil pemeriksaan laboratorium klinik yang valid sangat penting karena hasil ini digunakan untuk menegakkan diagnosa seorang pasien. Dampak analisis laboratorium dalam perawatan pasien diketahui berkontribusi pada lebih dari 70% keputusan medis. Oleh karena itu, kegiatan pemeriksaan di laboratorium klinik harus memperhatikan aspek-aspek teknis seperti ketepatan (*accuracy*) dan ketelitian (*precision*) yang tinggi, serta didokumentasikan dengan baik sehingga dapat dipertahankan secara ilmiah (Safari dan Syafaat, 2024).

b. Tahapan Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan di laboratorium klinik terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap pra analitik, analitik dan pasca analitik.

1) Tahap pra analitik

Tahap pra-analitik mencakup seluruh rangkaian proses sebelum sampel dianalisis, mulai dari permintaan pemeriksaan oleh dokter, persiapan pasien, pengambilan spesimen, hingga pengiriman sampel ke laboratorium. Tahapan ini bertujuan untuk menjamin kualitas sampel yang akan diperiksa, karena mutu sampel sangat berpengaruh terhadap ketepatan hasil pemeriksaan. Tahapan ini merupakan penyumbang kesalahan terbesar, yaitu sekitar 62%, yang umumnya disebabkan oleh faktor seperti hemolisis akibat teknik pengambilan darah yang kurang tepat (Nurmandari dkk., 2019).

2) Tahap analitik

Tahap analitik mencakup proses penting, antara lain pemeriksaan spesimen, kalibrasi dan pemeliharaan instrumen, evaluasi kualitas reagen, proses pipetasi reagen, serta pengujian ketepatan dan ketelitian metode. Seluruh kegiatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil pemeriksaan yang diperoleh valid dan dapat dipercaya. Jika hasilnya akurat, dokter dapat memanfaatkannya sebagai dasar dalam penetapan diagnosis yang tepat bagi pasien. Meskipun tingkat kesalahan pada tahap analitik relatif kecil, yaitu sekitar 10–15% dibandingkan tahap pra-analitik, perhatian pada fase ini tetap sangat penting (Siregar dkk., 2018).

3) Tahap pasca analitik

Tahap pasca-analitik mencakup kegiatan laboratorium setelah pemeriksaan selesai hingga sebelum hasil diberikan, seperti penulisan, interpretasi, dan pelaporan hasil. Tahap ini bertujuan memastikan informasi yang disampaikan akurat dan dapat dipercaya. Walaupun kontribusi kesalahan pada fase ini lebih rendah, yakni sekitar 15–20%, kesalahan tetap dapat berdampak serius, misalnya kesalahan diagnosis akibat kekeliruan penulisan atau risiko klinis karena interpretasi dan pelaporan yang tidak tepat (Siregar dkk., 2018).

2. Pemeriksaan Kimia Klinik

Pemeriksaan kimia klinik didasari oleh penggunaan berbagai metode analisis dan instrumentasi yang bertujuan untuk menilai kadar penanda kimia tertentu dalam tubuh. Zat kimia (yang umumnya berupa substansi biologi, analit) tersebut diteliti dan dinilai berdasarkan situasi pasien, baik dalam keadaan normal maupun sakit. Selain itu, evaluasi juga dilaksanakan terhadap jenis dan konsentrasi racun dalam darah, serta kadar terapeutik obat (Reed, 2020). Pemeriksaan kimia klinik yang rutin dilakukan adalah analisis kadar glukosa dan Hemoglobin A1c (HbA1c), pemeriksaan fungsi ginjal, maupun fungsi hati (Fertilita dkk., 2022).

Pemeriksaan fungsi ginjal dapat berupa pemeriksaan kadar asam urat, kreatinin, urea, dan albumin. Pemeriksaan fungsi hati dapat berupa pemeriksaan kadar aspartat aminotransferase (AST) dan alanin

aminotransferase (ALT) (Cheneke dkk., 2020). Pemeriksaan ini dapat mendeteksi kelainan pada organ terkait, walaupun tidak selalu menunjukkan kerusakan atau cedera organ secara langsung.

Pemeriksaan kimia klinik berfungsi dalam proses analisis, baik secara kualitatif maupun kuantitatif dari kondisi patologi maupun fisiologi dalam tubuh. Pemeriksaan ini tidak hanya menjadi bagian dari proses diagnosis, tatalaksana, maupun kontrol dan pemantauan, namun juga pada pencegahan penyakit. Kimia klinik bertanggung jawab dalam aplikasi konsep kimia, biologi molekuler, seluler serta metode untuk meningkatkan pemahaman serta evaluasi dari kondisi kesehatan individu secara umum (Fertilita dkk., 2022).

3. Gagal Ginjal Kronik

a. Definisi Gagal Ginjal Kronik

Gagal ginjal kronik merupakan gangguan fungsi renal progresif dan irreversibel dimana kemampuan tubuh gagal mempertahankan metabolisme dan keseimbangan cairan dan elektrolit menyebabkan uremia atau retensi urea dan sampah nitrogen lain dalam darah. Gagal ginjal kronik perkembangannya progresif dan lambat biasanya berlangsung beberapa tahun (Haryono, 2013). Gagal ginjal kronis merupakan kondisi kerusakan ginjal yang berlangsung lebih dari tiga bulan, ditandai oleh penurunan laju filtrasi glomerulus di bawah 60 mL/menit/1,73m² atau adanya kelainan pada sedimen urine. Kondisi

ini juga dapat dipicu oleh batu ginjal pada penderita kelainan bawaan seperti hiperoksaluria dan sistinuria (Muhammad, 2019).

b. Dampak terhadap Metabolisme Protein

Pasien dengan gagal ginjal kronis stadium lanjut sering mengalami malnutrisi yang kemudian berpengaruh langsung terhadap metabolisme protein. Ketika laju sintesis menurun karena malnutrisi, terjadi penurunan kadar albumin pada sirkulasi, menyebabkan berpindahnya albumin ekstrasvaskular ke aliran darah, serta menurunnya laju degradasi albumin. Malnutrisi merupakan kondisi yang umum terjadi pada pasien GJK stadium lanjut (stadium 4 dan 5). Malnutrisi pada pasien-pasien ini disebabkan karena tidak cukupnya intake makanan yang disebabkan karena restriksi protein sebagai langkah intervensi untuk menghambat progresivitas pada pasien GJK. Selain itu, semakin turunnya GFR, fungsi ekskresi ginjal terganggu dan menyebabkan terjadinya uremia sehingga menumpuknya metabolit toksik yang mengganggu kerja liver. Liver tidak mampu mengimbangi hilangnya albumin, sehingga kadar albumin pada sirkulasi menurun dan edema seringkali terjadi (Ash dkk., 2014).

c. Pemeriksaan Klinis

1) Pemeriksaan Fungsi Ginjal

Laju filtrasi glomerulus (eGFR) merupakan salah satu pemeriksaan fungsi ginjal untuk menilai fungsi ekskresi ginjal,

dengan cara menghitung banyaknya filtrat yang dapat dihasilkan oleh glomerulus. Derajat penurunan nilai eGFR menandakan beratnya kerusakan ginjal (WHO, 2011).

Tes ureum kreatinin juga digunakan untuk mengetahui fungsi ginjal pada pasien yang diduga mengalami gangguan pada organ ginjal. Ureum dan kreatinin merupakan senyawa kimia yang menandakan fungsi ginjal normal. Apabila diketahui ureum kreatinin pada air seni menurun, akan mengakibatkan penurunan laju filtrasi glomerulus yang berakibat kadar ureum kreatinin di dalam darah akan meningkat (Nuroini dan Wijayanto, 2022).

Pemeriksaan albumin serum pada pasien gagal ginjal kronis penting untuk menilai status gizi dan risiko klinis. Kadar serum albumin rendah merupakan prediktor penting dari mordibitas dan mortalitas. Selain itu, pemeriksaan albumin digunakan untuk menentukan apakah terapi albumin perlu diberikan dan juga untuk mengetahui ada atau tidaknya *Drug Related Problems* (DRPs) sehingga dapat meningkatkan efektivitas terapi (Mukti dkk., 2024).

2) Pemeriksaan Elektrolit

Pada pasien dengan penyakit ginjal kronis (GGK), gangguan elektrolit merupakan komplikasi yang sangat umum akibat penurunan fungsi ekskresi ginjal. Hiperkalemia sering ditemukan pada GGK akibat penggunaan obat-obatan, gangguan ekskresi

kalium, dan komorbiditas seperti gagal jantung atau diabetes (Sarnowski dkk., 2022). Hiperkalemia meningkat seiring dengan progresivitas GGK dan terkait dengan risiko mortalitas yang lebih tinggi, sementara hiponatremia juga umum terjadi dan terkait dengan kelebihan cairan pada pasien GGK (Kurniawan dkk., 2021).

Disfungsi ginjal juga menyebabkan ketidakseimbangan kalsium dan fosfat, yang merupakan bagian dari sindrom mineral tulang (CKD-MBD), karena ginjal yang rusak gagal mengeluarkan fosfat dan mengaktifkan vitamin D, yang selanjutnya memicu hiperfosfatemia dan hipokalsemia. Untuk menegakkan diagnosisnya, pemeriksaan elektrolit seperti natrium (Na^+), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) secara berkala sangat penting. Pola perubahan elektrolit natrium, kalium, kalsium, dan fosfat seiring waktu dapat memberikan gambaran dinamis dari perkembangan gangguan elektrolit pada pasien GGK dan membantu dalam pemantauan klinis (Lin dkk., 2025).

4. Albumin

a. Definisi

Albumin adalah bagian utama dari protein plasma yang berfungsi mempertahankan tekanan onkotik didalam darah, membawa beberapa bahan seperti bilirubin, asam lemak, kalsium dan obat dalam darah. Albumin merupakan protein yang paling banyak ditemukan dalam

plasma (55 - 65% dari total protein), sumber nutrisi, dan bagian dari suatu sistem bufer kompleks. Albumin digunakan untuk evaluasi status nutrisi, albumin hilang pada penyakit akut, penyakit hati, penyakit ginjal dengan proteinuria, perdarahan, luka bakar, eksudat dan perdarahan saluran cerna dan penyakit kronis lainnya (Kementerian Kesehatan RI, 2010).

b. Fungsi Albumin

Fungsi albumin menurut Hutapea dkk. (2023) diantaranya:

- 1) Membantu menjaga cairan agar tidak keluar dari pembuluh darah ke jaringan lain dengan menjaga tekanan osmotik plasma hingga 70–80%.
- 2) Sebagai penjaga keseimbangan asam-basa dalam tubuh karena memiliki banyak muatan listrik negatif.
- 3) Sebagai antioksidan dengan menghambat pembentukan radikal bebas.
- 4) Mengangkut berbagai obat, termasuk obat jantung dan obat antiinflamasi, ke seluruh bagian tubuh dan membantu metabolisme.

c. Kadar Albumin

Nilai rentang kadar albumin dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. 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, 2008

d. Faktor Penentu Kadar Albumin

Kadar albumin dalam darah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1) Makanan

Zat gizi dalam makanan, terutama protein dan zat besi, berperan dalam proses pembentukan albumin. Asupan protein serta nutrisi esensial lainnya perlu terpenuhi agar sel hati mampu memproduksi albumin dalam jumlah yang besar.

2) Fungsi hati dan ginjal

Sel hati menghasilkan albumin untuk memenuhi kebutuhan tubuh, sehingga gangguan fungsi hati dapat menghambat proses sintesisnya. Ginjal memiliki fungsi filtrasi, reabsorpsi, dan ekskresi. Bila salah satu di antaranya terganggu, keseimbangan albumin dalam tubuh juga dapat ikut terpengaruh (Sacher dan McPherson, 2012).

3) Penyakit

Produksi albumin dapat menurun pada berbagai kondisi penyakit, terutama gangguan hati. Pada pasien dengan penyakit hati, rasio albumin terhadap globulin sering kali menurun.

Penurunan sintesis albumin juga dapat terjadi cukup awal pada kasus malnutrisi protein, seperti pada kwashiorkor (Murray dkk., 2012).

e. Tinjauan Klinis

1) Hipoalbuminemia

Hipoalbuminemia adalah gangguan sintesis sel di organ hati yang disebabkan oleh penurunan kadar albumin di bawah nilai normal. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan hipoalbuminemia, antara lain:

- a) Penurunan sintesis protein dalam tubuh
- b) Peningkatan katabolisme
- c) Kerusakan jaringan seperti luka bakar atau pendarahan
- d) Rendahnya konsumsi makanan kaya protein
- e) Kondisi gizi buruk, penyakit sistemik dan penyakit hipermetabolik akibat infeksi (Supriyanta, 2012).

2) Hiperalbuminemia

Peningkatan kadar albumin dalam serum disebut hiperalbuminemia. Hiperalbuminemia merupakan suatu keadaan yang jarang ditemukan. Hiperalbuminemia sering dijumpai pada seseorang yang mengalami dehidrasi akut dan syok. Selain itu, hiperalbuminemia juga dapat disebabkan karena penerapan diet tinggi protein dan penggunaan tourniquet dalam waktu yang lama ketika proses pengambilan darah (Susetyowati dkk., 2017).

5. Pemeriksaan Albumin

a. Pemeriksaan Albumin Metode *Bromocresol Green* (BCG)

1) Definisi *Bromocresol Green*

Bromocresol green merupakan indikator pH yang mengalami perubahan warna sesuai dengan tingkat keasaman suatu larutan. Senyawa ini mengalami proses ionisasi membentuk bentuk monoanion yang berwarna kuning, kemudian pada pH yang lebih tinggi mengalami deprotonasi lebih lanjut menjadi bentuk dianion berwarna biru. Secara visual, *bromocresol green* tampak berwarna kuning pada kondisi asam ($\text{pH} < 4,7$) dan berubah menjadi biru pada kondisi basa ($\text{pH} > 5,4$) (Fiveable, 2024).

Dalam praktik klinis, *bromocresol green* umumnya digunakan sebagai salah satu teknik diagnostik. *Bromocresol green* paling sering digunakan untuk mengukur kadar albumin serum pada sampel darah, terutama pada kondisi gangguan fungsi ginjal dan penyakit hati.

2) Prinsip kerja

Prinsip kerja dari metode BCG ialah dengan adanya *bromocresol green* pada pH sedikit asam (larutan sitrat), albumin serum menghasilkan perubahan warna indikator dari kuning kehijauan menjadi hijau kebiruan (Maulana dkk., 2017).

3) Mekanisme Ikatan

Pada kondisi pH asam, albumin memiliki muatan bersih positif. Pewarna anionik seperti *Bromocresol Green* (BCG) yang bermuatan negatif kemudian akan berikatan dengan albumin melalui interaksi elektrostatik pada residu asam amino bermuatan positif. Proses pengikatan ini juga diperkuat oleh interaksi hidrofobik antara molekul pewarna dan struktur albumin. Setelah berikatan dengan albumin, kompleks pewarna-albumin mengalami perubahan konformasi, yang menyebabkan perubahan konfigurasi elektronik pewarna tersebut (Steve, 2025).

Kondisi ini menyebabkan pergeseran spektrum absorbansi, yang tampak sebagai perubahan warna dari kuning kehijauan menjadi hijau kebiruan. Perubahan tersebut umumnya menyebabkan peningkatan nilai absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Nilai absorbansi yang meningkat ini sebanding dengan konsentrasi albumin dalam sampel (Steve, 2025).

b. Faktor yang Memengaruhi Pemeriksaan

1) 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).

2) Jenis serum

Serum hemolisis dapat memengaruhi hasil pemeriksaan albumin karena pelepasan hemoglobin dari sel darah merah yang pecah dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu dan berpotensi mengganggu proses pembacaan absorbansi. Serum lipemik juga dapat menjadi faktor pengganggu, terutama bila kadar lipid sangat tinggi sehingga menyebabkan kekeruhan sampel. Kondisi ini dapat menimbulkan hamburan cahaya dan membuat nilai absorbansi terbaca lebih tinggi dari seharusnya, sehingga hasil albumin tampak meningkat, dan efek ini lebih jelas pada metode BCG. Selain itu, serum ikterik atau peningkatan kadar bilirubin yang tinggi dapat menimbulkan interferensi spektral karena warnanya yang kuning, yang dapat memengaruhi pembacaan absorbansi dan berdampak pada hasil akhir pemeriksaan albumin (Steve, 2025).

3) Penundaan Waktu Inkubasi

Penundaan waktu inkubasi sampel di luar prosedur yang ditetapkan berpotensi mengubah hasil pemeriksaan albumin karena reaksi pewarna-albumin terus berlangsung, sehingga absorbansi dan kadar yang terbaca menjadi berbeda (Dewi, 2021).

6. Spektrofotometer

a. Definisi Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu obyek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet. Sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi (Siregar dkk., 2018).

b. Prinsip Spektrofotometer

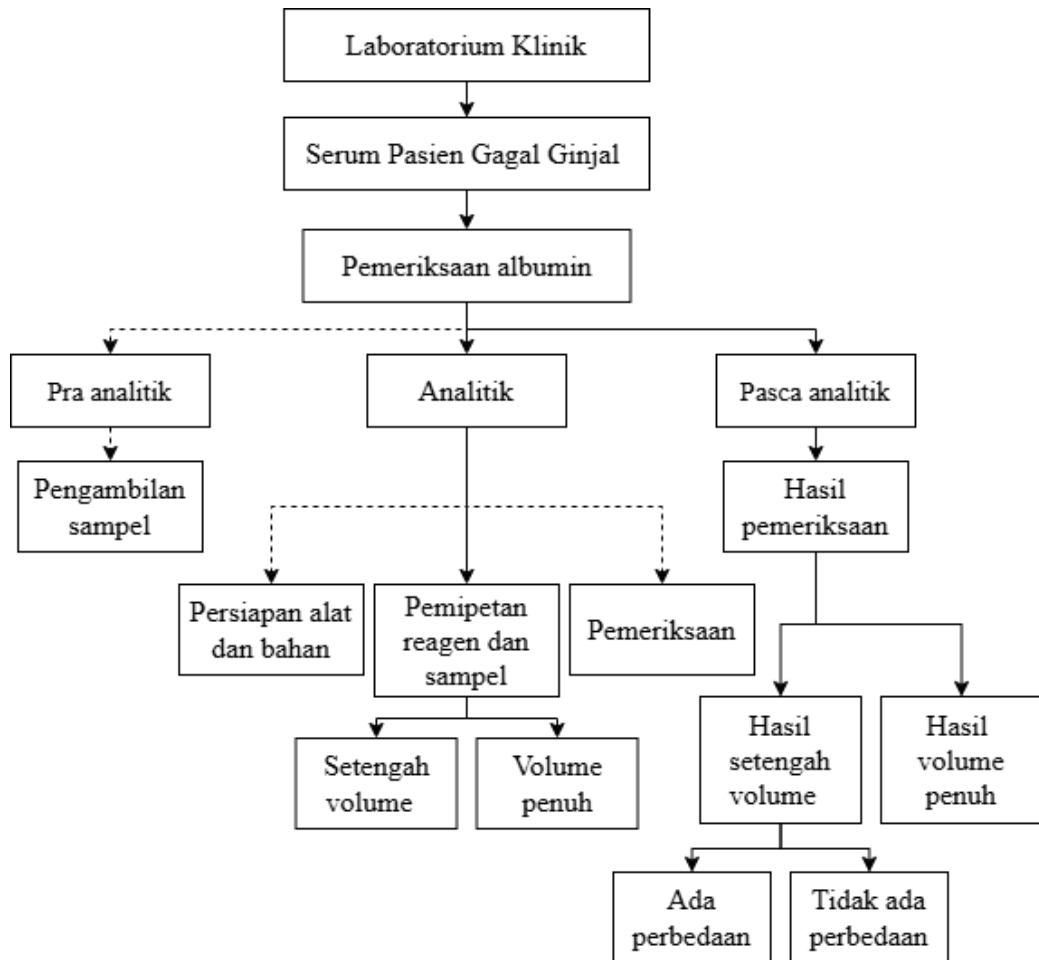
Berdasarkan hukum Lambert-Beer yaitu bila cahaya monokromatik (I_0) maupun campuran jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan (I_r) dan sebagian diserap (I_a) dalam medium tersebut serta sisanya akan diteruskan (I_t). Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan akan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel. Hukum Beer menyatakan absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan atau medium (Siregar dkk., 2018).

c. Volume Aspirasi Spektrofotometer

Pada pemeriksaan albumin dalam penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah Mindray BA-88A *Semi-Auto Chemistry Analyzer*. Mindray BA-88A merupakan *semi-auto chemistry analyzer* yang menggunakan sistem kuvet dan *flowcell* dengan panjang lintasan optik 10 mm dan volume pengukuran 32 μL . Alat ini memiliki kisaran volume aspirasi yang dapat diprogram antara 200 μL hingga 9000 μL sehingga memerlukan volume campuran reagen dan sampel yang cukup untuk mengisi sel optik secara optimal (Mindray, 2016). Apabila volume yang tersedia kurang dari batas aspirasi, terdapat kemungkinan udara ikut teraspirasi yang dapat menyebabkan gangguan pada pembacaan absorbansi.

B. Kerangka Teori

Kerangka teori pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan :

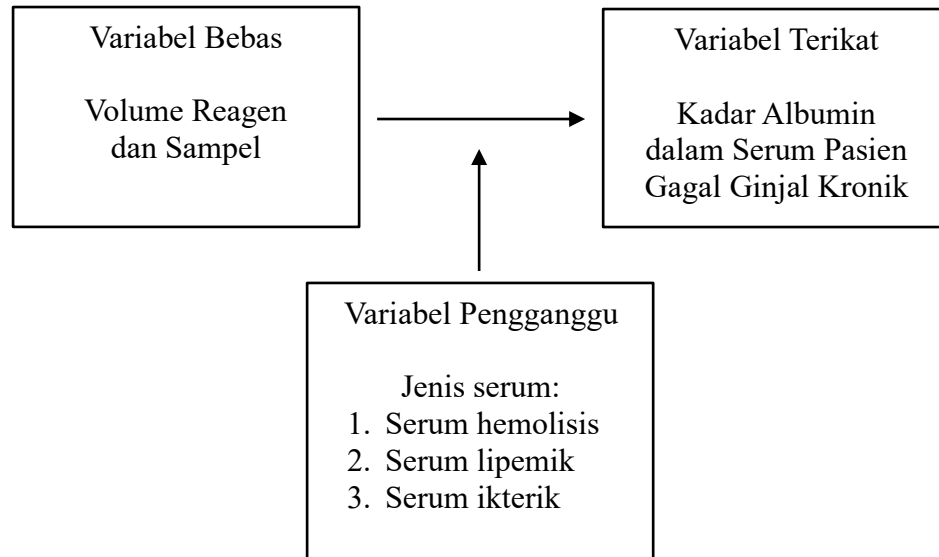
Diteliti : _____

Tidak diteliti : - - - - -

Gambar 1. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Pemeriksaan kadar albumin pada serum pasien gagal ginjal kronik menggunakan setengah volume reagen dan sampel memberikan hasil yang sama dengan menggunakan volume penuh.