

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Darah Utuh (*Whole Blood*)

a. Pengertian Darah

Darah adalah salah satu komponen tubuh yang sangat penting yang berbentuk cair. Volume darah dalam tubuh kurang lebih satu per tiga belas dari berat badan atau sekitar 5 liter. Sekitar 55% dari total volume darah adalah cairan, sedangkan 45% sisanya terdiri dari sel darah. Darah membawa berbagai zat yang masuk maupun keluar dari tubuh (Irianto., 2012).

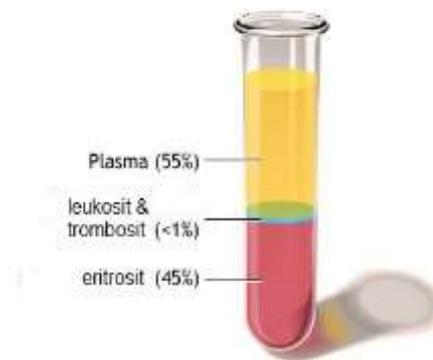
Darah adalah jaringan ikat berbentuk cair yang berfungsi sebagai alat pengangkut utama di dalam tubuh. Darah memiliki warna merah tua hingga merah muda yang mana warna tersebut ditentukan oleh kadar oksigen dan kadar karbondioksida yang ada didalamnya (D'Hiru, 2013).

b. Plasma Darah

Plasma darah adalah bagian cair dari darah yang tidak mengandung sel-sel darah tetapi masih mengandung faktor-faktor pembekuan darah (Nugraha, 2015). Warna kuning yang terdapat pada plasma darah merupakan pigmen warna yang diperoleh dari proses perombakan eritrosit yang sudah tua, yakni bilirubin, serta adanya

pigmen karotenoid, hemoglobin, dan protein iron transferrin (Raghuwashi & Pehlajani, 2016).

Plasma darah diperoleh dengan cara memisahkan sel-sel darah dari darah (*whole blood*) dengan cara sentrifugasi. Plasma yang terbentuk memiliki komposisi faktor pembekuan yang berbeda sesuai dengan jenis antikoagulan yang ditambahkan (Nugraha, 2015). Plasma darah ditunjukkan seperti gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Plasma Darah
Sumber: Nugraha, 2015

c. Serum

Serum adalah cairan yang tersisa setelah darah menggumpal atau membeku. Serum merupakan komponen cairan darah yang berwarna kuning tanpa antikoagulan sehingga tidak mengandung fibrinogen dan faktor pembekuan darah. Fibrinogen adalah protein tidak aktif dan melakukan fungsinya dengan mengubahnya menjadi fibrin (bentuk aktif fibrinogen). Volume serum dalam darah lebih sedikit daripada plasma.

Serum mengandung 90% air, protein (albumin dan globulin), elektrolit, antibody, antigen dan hormone (D'Hiru, 2013). Serum terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1) Serum Hemolisis

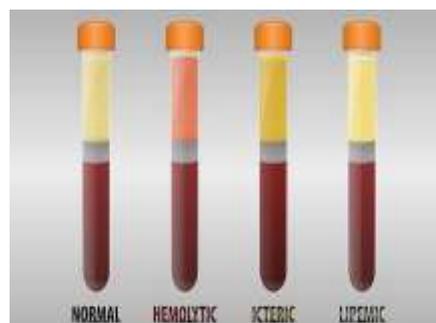
Serum hemolisis adalah serum yang berwarna kemerahan yang disebabkan karena lepasnya hemoglobin dari eritrosit yang rusak (Ghaedi, dkk, 2016).

2) Serum Lipemik

Serum lipemik adalah serum yang keruh, putih atau seperti susu karena hiperlipidemia, penyebab paling umum dari dari kekeruhan adalah peningkatan konsentrasi trigliserida. Serum lipemik juga sering diikuti peningkatan kadar kolesterol (Maulana, 2017).

3) Serum Ikterik

Serum ikterik adalah serum yang berwarna kuning kecoklatan yang disebabkan karena akibat adanya peningkatan konsentrasi bilirubin (Ghaedi, dkk. 2016). Jenis-jenis serum seperti pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Jenis-jenis Serum Abnormal

Sumber : Stefani,2016.

d. Hemolisis

Hemolisis merupakan gangguan yang terjadi pada membrane eritrosit sehingga terjadi pelepasan hemoglobin. Hemolisis terlihat sebagai warna kemerahan pada serum atau plasma (Riswanto, 2013). Hemolisis dapat terjadi secara *in vitro* dan *in vivo*. Hemolisis secara *in vivo* dapat disebabkan oleh adanya infeksi zat beracun, reaksi transfusi dan anemia hemolitik (Elrouf, M.B., dkk. 2013). Sedangkan hemolisis secara *in vitro* dapat disebabkan oleh jarum yang berukuran kecil, kesulitan dalam pengambilan darah. Homogenisasi yang tidak tepat, paparan suhu yang terlalu panas atau dingin, resentrifugasi dari tabung dengan gel separator.

Tingkatan hemolisis juga ditentukan berdasarkan visual yaitu berdasarkan kepekatan warna yang timbul. Hemolisis juga dapat ditentukan berdasarkan kadar hemoglobin yang terkandung dalam serum (Adiga dan Yogish. 2016). Derajat hemolisis dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Table 1. Derajat Hemolisis berdasarkan Kadar Hemoglobin

Hemoglobin	Derajat hemolisis
< 20 mg/dl	Tidak hemolisis
20-100 mg/dl	Hemolisis ringan
100-300 mg/dl	Hemolisis sedang
>300 mg/dl	Hemolisis berat

Sumber : (Adiga dan Yogish. 2016)

2. Transportasi Spesimen

a. Sarana Transportasi

Transportasi spesimen darah memiliki peran penting yang tidak terpisahkan dalam menjaga kualitas spesimen sebelum dilakukan pemeriksaan. Pengumpulan spesimen darah sering kali dilakukan diluar laboratorium sehingga membutuhkan transportasi yang terkontrol. Kegiatan tersebut perlu diatur dengan baik agar bahan pemeriksaan tidak dipengaruhi lingkungan, seperti suhu, guncangan, faktor fisik, dan biologis lainnya yang dapat mempengaruhi akurasi pemeriksaan. Transportasi bahan pemeriksaan dapat berdampak pada penundaan pemeriksaan yang juga berpotensi mempengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan (Nybo dkk., 2019).

Transportasi sampel adalah salah satu faktor utama yang menyebabkan keterlambatan dalam proses hasil laboratorium berkualitas tinggi sampai ke pasien. Kualitas sampel dapat dipengaruhi oleh paparan suhu yang ekstrem dan tekanan fisik selama pengangkutan. Kesalahan yang disebabkan oleh suhu yang tidak terkontrol dapat dicegah dengan penggunaan wadah transportasi yang ramah lingkungan. Namun, hal tersebut dapat menimbulkan getaran berlebihan yang mempengaruhi fisik sampel. Misal penggunaan tabung pneumatic dapat digunakan secara luas untuk mengangkut sampel medis ke laboratorium karena secara substansial dapat mengurangi waktu dan

merupakan alternatif yang murah untuk membuat satelit laboratorium (Felder, 2011).

b. Standar Transportasi

Pengiriman spesimen sebaiknya disiapkan dalam bentuk yang stabil (darah, serum, atau plasma) dan perlu memperhatikan persyaratan pengiriman spesimen, seperti:

- 1) Waktu pengiriman tidak melampaui masa stabilitas analit yang diperiksa
- 2) Tidak terkena sinar matahari langsung, pembungkus harus memenuhi kemasan yang direkomendasikan
- 3) Suhu pengiriman harus memenuhi syarat berdasarkan analit yang diukur.

Spesimen yang dikirim dicek identitas terlebih dahulu, disertai label spesimen dan formulir pengiriman. Data yang terdapat pada label spesimen mengandung nomor spesimen, nama pasien, umur atau tanggal lahir pasien, jenis kelamin, alamat dan tanggal pengambilan spesimen. Pada data formulir pengiriman berupa identitas pasien, jam pengambilan spesimen, jenis spesimen, asal spesimen, diagnose, permintaan pemeriksaan, tanggal pengiriman, asal institusi pengirim, dan dokter pengirim (Kemenkes, 2012).

3. Sistem Transportasi

a. Transportasi Manual (Petugas Antar)

Transportasi manual yang dilakukan di beberapa rumah sakit ada yang diantarkan langsung oleh perawatnya atau diambil ke bangsal oleh analis. Transportasi manual dengan troli atau langsung dibawa oleh tangan keduanya sangat baik dan dapat dipercaya karena tidak ada instrument teknis yang terlibat dalam pengangkutan sehingga tidak mempengaruhi kualitas sampel. Selain itu tidak akan terjadi error sistem dan kejadian sampel hilang jika sampel langsung diantar oleh petugas. Namun jika metode ini digunakan pada keadaan sampel darurat akan tidak efektif karena membuang waktu yang seharusnya dapat digunakan untuk mengerjakan tugas-tugas yang lainnya. Hambatan lainnya metode ini cenderung bersifat mengumpulkann sampel di bangsal dan mengirimkannya setelah semua pasien selesai diambil sampelnya sehingga terjadi penundaan (Nybo dkk., 2019).

Sampel yang dikumpulkan kemudian dikirimkan ke laboratorium tidak mempertahankan prinsip "*first-in-first out*" atau *FIFO process*, karena laboratorium tidak tahu urutannya pada saat sampel dikumpulkan. Pengangkutan sampel dan informasi permintaan pengujian yang terpisah dan memberi jeda waktu yang lumayan lama juga menyebabkan penundaan analisa lebih lanjut, akibatnya harus dilakukan pengulangan sampling dan merupakan penyebab upaya penelusuran yang melelahkan dan tidak efektif baik bangsal maupun laboratorium (Nybo dkk., 2019).

b. *Pneumatic Tube System* (PTS)

1) Pengertian

Sistem transportasi tabung udara atau yang disebut dengan *Pneumatic Tube System* (PTS) ini mulai dikenal pada akhir abad 19 dan awal abad ke 20. *Pneumatic Tube System* (PTS) adalah metode transportasi menggunakan jaringan pipa yang dapat membawa barang berukuran kecil yang digerakkan menggunakan tabung yang didorong melalui pipa dengan udara bertekanan atau dengan sistem vakum parsial melewati satu titik ke titik lainnya. Susunan *system pneumatic* adalah sebagai berikut:

- a) Elemen Supply
- b) Elemen masukan (sensors)
- c) Elemen pengolahan (processors)
- d) Elemen kerja (actuators) (Alamsyah, dkk., 2018 dalam Rahcmawati, B, dkk., 2018).

Pneumatic Tube System adalah sistem transportasi untuk mengirim/pengantar sampel darah pada suatu fasilitas layanan kesehatan. *Pneumatic Tube System* merupakan sistem yang cepat dan handal, sehingga pengiriman akan menjadi cepat, tepat, handal, efisien dan efektif. *Pneumatic tube system* telah terbukti mengurangi waktu tunggu hasil atau turn around time untuk pemeriksaan laboratorium terhadap departemen IGD sebanyak 25%. Penggunaan PTS bisa dilakukan setelah ada evaluasi untuk mengatasi mekanisme

pengiriman spesimen yang lebih cepat dan efisien ke laboratorium yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil analisis sehingga dapat dipertanggungjawabkan. Pada beberapa penelitian bahwa penggunaan PTS aman dilakukan dalam pelayanan pada aera yang jauh seperti bangsal dengan laboratorium (Shibani dkk., 2016).

2) Sistem Kerja Pneumatic Tube System

Sistem kerja dari *pneumatic tube* dapat berupa *point to point* atau sistem *multipoint*. Sistem *point to point* merupakan pengiriman dua arah melalui tabung yang terhubung secara tunggal ke salah satu stasiun. Kompresor mengambil udara dan disimpan pada *reservoir air* (tabung udara) hingga mencapai tekanan kira-kira sekitar 5,9 – 8,8 atm. Tekanan dibawah 5,9 atm akan menurunkan daya mekanik dari *cylinder* kerja *pneumatic* dan tekanan diatas 8,8 atm akan berbahaya pada sistem perpipaan atau kompresor. Selanjutnya udara bertekanan itu disalurkan ke sirkuit dari *pneumatic* dengan pertama kali harus melewati *air dryer* (pengering udara) untuk menghilangkan kandungan air pada udara. Kemudian menuju *shut up valve* (katup udara), regulator, *solenoid valve* dan menuju ke *cylinder* kerja. Gerakan *air cylinder* ini tergantung dari *solenoid*. Bila *solenoid valve* menyalurkan udara bertekanan menuju ke inlet dari *air cylinder* maka piston akan bergerak maju sedangkan bila *solenoid valve* menyalurkan udara bertekanan menuju ke outlet dari *air cylinder* maka piston akan bergerak mundur. Jadi dari *solenoid valve*

inilah penggunaan aplikasi *pneumatic* bisa juga di kombinasikan dengan elektrik, seperti PLC ataupun rangkaian kontrol listrik lainnya.

Sistem *multipoint* merupakan sistem yang menghubungkan semua titik, dimana besar dan beratnya lalu lintas dapat dibagi menjadi tiap-tiap zona, sehingga memungkinkan pengiriman lokal dari operator di setiap zona serta pengiriman ke zona lain jika dibutuhkan (Alamsyah.dkk.2018 dalam Rachmawati,B.dkk.2018).

3) Komponen

Komponen yang digunakan dalam *Pneumatic Tube System* (PTS) untuk pengiriman sampel meliputi (Alamsyah.dkk.2018 dalam Rachmawati,B.dkk.2018).

a) Stasiun

Stasiun merupakan pertemuan antar pengguna, dimana tabung dapat diterima atau diberikan muatan, gabungan antara keypad dan tampilan visual yang digunakan untuk menuliskan tempat tujuan dan menerima pesan.

b) Basket (Keranjang)

Basket pada setiap stasiun harus disediakan keranjang atau lemari penerima tabung dengan ukuran dan kapasitas yang cukup untuk menampung jumlah tabung yang ditujukan ke stasiun tersebut. Keranjang harus terfiksasi ke dinding atau lantai di bawah stasiun dan diposisikan untuk memungkinkan menerima sejumlah tabung

yang disepakati untuk tiba di stasiun dan disimpan dalam keranjang tanpa menghalangi pintu keluar tabung stasiun. Tempat penerimaan tabung ada 3 jenis, yaitu :

- (1) *Receiving basket* atau keranjang yang ditempatkan di bawah stasiun yang berfungsi sebagai tempat penerimaan barang yang dialasi dengan kantong pasir supaya tabung tidak terpental keluar dari keranjang.
- (2) *Receiving* pipa yaitu pipa yang disambung dengan 2 batang *stainless steel* atau rel yang dipasang dengan sudut kemiringan supaya tabung datang dengan lembut dan tidak keluar dari jalur (rel).
- (3) Khusus di laboratorium menggunakan meja sebagai stasiun yang berfungsi untuk menerima pengiriman barang dari atas meja dan ada rel penerimaan tabung.

c) Pipa

Pipa berfungsi sebagai saluran tabung atau jalan tabung supaya barang yang akan dikirim tepat dan cepat pada stasiun yang diinginkan, menggunakan udara sebagai pendorong dan penghisap. Jika bagian tertentu dari sistem perlu dilindungi, sebaiknya menggunakan pipa baja.

d) *Diverter*

Driverter memfasilitasi tabung untuk dapat berubah arah dalam sistem di antara stasiun pengirim dan penerima di bawah kendali

unit kendali pusat. Simpangan dapat dua atau tiga jalan tergantung pada desain yang dibutuhkan oleh sistem.

e) *Slide Gate*

Slide Gate berfungsi sebagai control udara pada saat tabung dating. Agar tabung dating dengan lembut dengan stasiun ujung terbuka.

f) Tabung

Tabung digunakan sebagai kendaraan untuk mengangkut barang ke tempat tujuan dengan cepat dan tepat sekaligus dengan pendaratan yang lembut. Tabung dapat dirancang dengan salah satu ujung dapat dibuka atau, mampu dibuka di kedua ujungnya untuk memudahkan bongkar muat barang-barang seperti kantong darah yang mengisi tabung. Penutup wadah harus dirancang sedemikian rupa supaya aman sebelum memasukkan tabung ke dalam sistem (penutup yang buruk dapat lepas begitu saja dari wadah saat di dalam sistem). Tabung harus transparan, untuk memungkinkan isinya dilihat oleh petugas sebelum membuka alatnya.

g) Blower

Blower merupakan penggerak sirkulasi udara yang utama, yang membuat pergerakan udara untuk memindahkan tabung. Dalam sistem biasanya terdapat satu *blower* untuk tiap zona. Dalam zona yang besar, jumlah blower dapat ditambah untuk mencegah

terjadinya sumbatan dipipa yang panjang. Gerakan blower disokong oleh sumber listrik 3 fase. Blower gaya 3 fase yang menggunakan sistem 3 katup, berfungsi sebagai vakum dan tekanan dan mampu beralih antara hisap dan tekan dalam hitungan detik. Hal ini menciptakan perjalanan pembawa dua arah dalam sistem tabung tunggal. Setelah menyelesaikan setiap siklus, blower secara otomatis menutup sambil menunggu sinyal berikutnya untuk memulai operasi. Kapasitas blower harus ditetapkan oleh perancang sistem dan harus cukup untuk mengangkut tabung melalui zona lokal dengan kecepatan yang sudah ditentukan dan jika diperlukan menyebrang ke zona lain yang terhubung dalam jaringan.

h) Silencer (Pipa Penghubung)

Silencer (pipa penghubung) berfungsi sebagai penghubung antara blower dengan pipa utama dari pipa blower dengan pipa cerobong.

i) Cerobong

Cerobong berfungsi sebagai pembuang dan pengambil udara bersih yang ada diruang kontrol.

j) Digital Control Unit

Digital control unit berfungsi sebagai control antara stasiun diverter, blower relay.

k) Panel Switching Power Pack

Panel Switching Power Pack berfungsi sebagai *power motor servo* untuk *motor diverter* yang ditempatkan diruang control.

l) Panel Induk

Panel induk sebagai sumber listrik pada *Pneumatic Tube System* (PTS) antara lain untuk CPU, *motor blower, diverter* dan stasiun.

m) Komputer

Komputer digunakan untuk melihat zona, set up, gambar *Pneumatic Tube System* (PTS), stasiun berjalan dalam pengirimannya, grafik serta untuk mendeteksi adanya eror dalam system.

c. Kelebihan dan Kekurangan *Pneumatic Tube System* dan Transportasi Manual (Petugas Antar)

Kelebihan dan Kekurangan *Pneumatic Tube System* dan Transportasi Manual (Petugas Antar) dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Table 2 Kelebihan dan Kekurangan *Pneumatic Tube System* dan Transportasi Manual (Petugas Antar)

	<i>Pneumatic Tube System</i>	Transport manual (Petugas Antar)
Turn around time	Lebih cepat	Lebih lama
Tekanan	Tidak stabil dapat mengakibatkan hemolisis	Tidak menimbulkan tekanan
Guncangan	Timbul guncangan	Guncangan dapat diminimalisir
Error system	Bisa terjadi	Tidak
Penerimaan sampel	<i>First in first out</i>	Menunggu sampel terkumpul

Sumber: (Kurniawan dkk., 2018; Nybo dkk., 2019).

4. Kreatinin

a. Pengertian Kreatinin

Kreatinin merupakan asam amino yang diproduksi oleh hati, pankreas dan ginjal. Kreatinin juga bisa diperoleh dari luar tubuh yaitu dari sumber makanan seperti daging. Kreatinin merupakan produk pengurai kreatin. Kreatin yang disintesis di hati akan berubah menjadi kreatinin yang terdapat dalam hampir semua otot rangka yang berikatan dengan kreatin fosfat (*Creatin Phosphate*, CP), suatu senyawa penyimpan energi. Dalam sintesis ATP (*adenosine triphosphate*) dari ADP (*adenosine diphosphate*), kreatin fosfat diubah menjadi kreatin dengan katalisasi enzim kreatin kinase (*creatin kinase*, CK). Seiring dengan pemakaian energi sejumlah kecil diubah secara ireversibel menjadi kreatinin, yang selanjutnya difiltrasi oleh glomerulus dan diekskresikan dalam urin (Prayuda, 2016).

The National Kidney Disease Education Program merekomendasikan penggunaan serum kreatinin untuk mengukur kemampuan filtrasi glomerulus, digunakan untuk memantau perjalanan penyakit ginjal. Diagnosis gagal ginjal dapat ditegakkan saat nilai kreatinin serum meningkat diatas nilai rujukan normal. Pada keadaan gagal ginjal dan uremia, ekskresi kreatinin oleh glomerulus dan tubus ginjal akan menurun (Verdiansah, 2016).

Pemeriksaan kreatinin dalam darah merupakan salah satu parameter penting mengetahui fungsi ginjal. Pemeriksaan ini juga

sangat membantu kebijakan melakukan terapi pada penderita gangguan fungsi ginjal. Tinggi rendahnya kadar kreatinin dalam darah digunakan sebagai indikator penting dalam menentukan apakah seseorang dengan gangguan fungsi ginjal memerlukan tindakan hemodialisis (Alfonso,2016).

b. Pembentukan dan Metabolisme Kreatinin

Kreatinin terbuat dari zat yang disebut kreatin, yang dibentuk ketika makanan berubah menjadi energi melalui proses yang disebut metabolisme. Sekitar 2% dari kreatin tubuh diubah menjadi Kreatinin setiap hari. Kreatinin diangkut melalui aliran darah ke ginjal. Ginjal menyaring sebagian besar kreatinin dan membuangnya dalam urin. Bila ginjal terganggu, kreatinin akan meningkat. Tingkat kreatinin yang tidak normal kemungkinan terjadi kerusakan atau kegagalan ginjal (Yulianti, 2018).

c. Pemeriksaan Kadar Kreatinin

Kadar kreatinin berada dalam keadaan relative konstan, sehingga menjadikan sebagai penanda filtrasi ginjal yang baik. Kadar kreatinin yang dipergunakan dalam persamaan perhitungan memberikan pengukuran fungsi ginjal yang baik, karena pengukuran *creatinine clearance* memberikan informasi mengenai GFR. Kreatinin merupakan zat yang ideal untuk mengukur fungsi ginjal karena merupakan produk hasil metabolisme tubuh yang diproduksi secara konstan, difiltrasi oleh ginjal, tidak direabsorpsi, dan diserahkan oleh tubulus proksimal.

Kreatinin serum laki-laki lebih tinggi daripada perempuan karena massa otot yang lebih besar pada laki-laki (Verdiansah, 2016).

Pemeriksaan kadar kreatinin dengan metode *Jaffe* yaitu mereaksikan kreatinin dalam serum dengan asam pikrat dalam suasana basa sehingga menghasilkan kompleks pikrat-kreatinin yang berwarna orange kemerahan. Warna merah yang terbentuk berbandng langsung dengan kadar kreatinin (Mengko & Richard, 2013).

Kerusakan ginjal akan menyebabkan peningkatan kreatinin dalam darah. Namun, peningkatan kreatinin dalam darah belum tentu menunjukkan adanya kerusakan ginjal karena kreatinin tinggi (Mengko & Richard, 2013). Nilai normal kadar kreatinin dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Nilai Normal Kadar Kreatinin

Serum	(mg/dl)	(μ mol/l)
Laki-laki	0.8 – 1.3	53 – 97
Wanita	0.6 – 1.1	44 - 80

Sumber: Diasys, 2012.

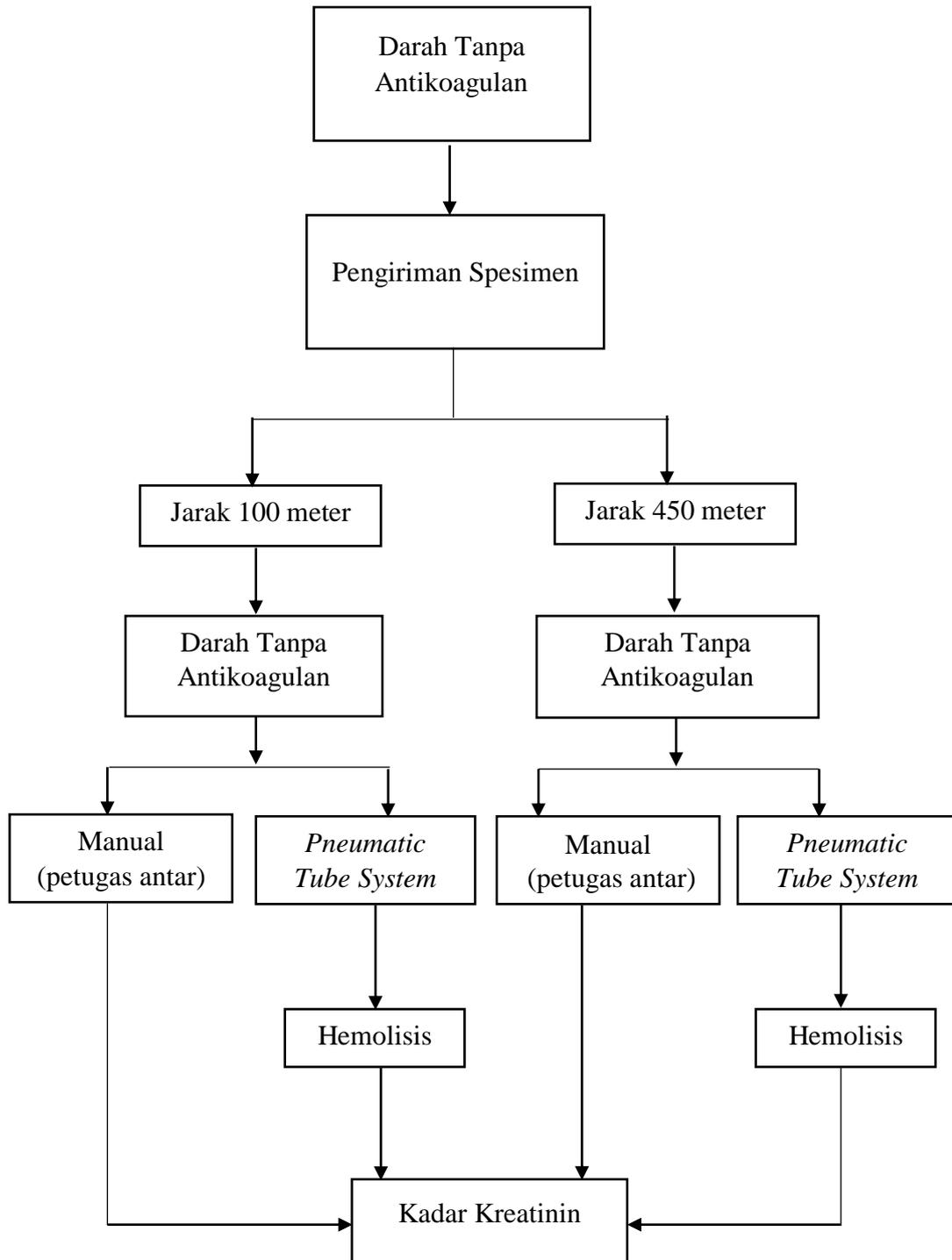
d. Faktor yang Mempengaruhi Kadar Kreatinin

Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kreatinin antara lain:

- 1) Konsumsi obat tertentu sehingga dapat meningkatkan kadar kreatinin. Pasien yang meminum antibiotic sefalosporin dapat menyebabkan kadar kreatinin menjadi tinggi palsu. Sedangkan, obat dopamine juga memberikan hasil kadar kreatinin tinggi palsu.

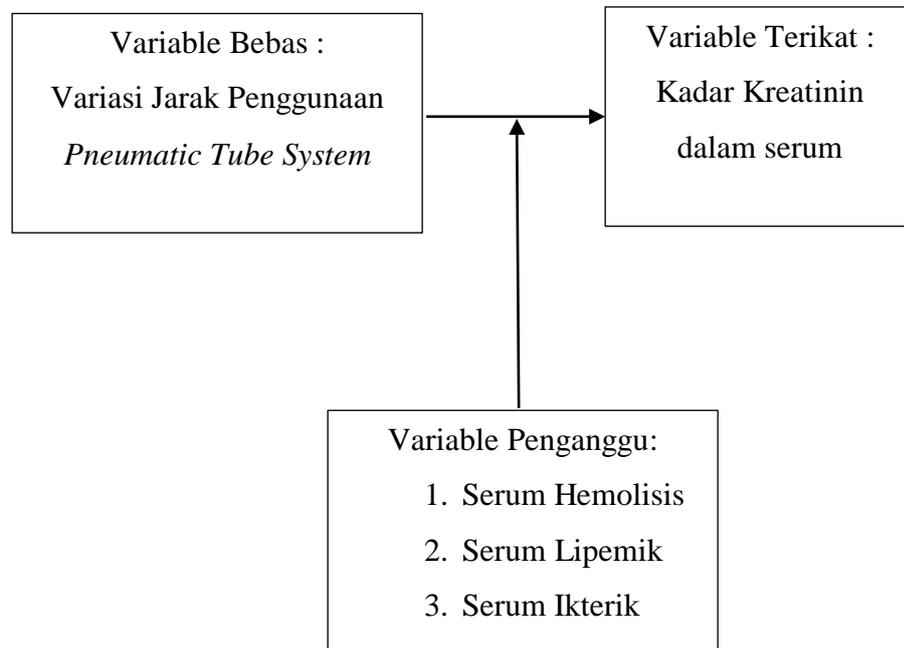
- 2) Syok berkepanjangan
- 3) Penurunan GFR (Glomerulo Filtration Rate) juga menjadi penyebab peningkatan kreatinin plasma yang bersumber dari *post renal-pre renal* :
 - a) Gangguan fungsi ginjal
 - b) Hilangnya fungsi nefron.
 - c) Peningkatan tekanan pada sisi tabung nefron (Verdiansyah, 2016).

B. Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 4. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Ada perbedaan panjang jarak *Pneumatic Tube System* (PTS) terhadap hasil pemeriksaan kadar kreatinin.