

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. *Pneumatic Tube System*

a. Sejarah *Pneumatic Tube System*

Sejarah sistem tabung pneumatik dapat ditelusuri kembali ke tahun 1660, dimana ahli berkebangsaan Jerman bernama Otto Von Guericke telah memulai invensi sistem ini. Pada tahun 1836, William Murdoch menemukan sistem pneumatik pertama yang digunakan untuk mengirimkan surat di London. Pada tahun 1850-an sistem operasi pertama dibangun oleh insinyur Josiah Latimer Clark dan mulai beroperasi di London Telegraph Office pada tahun 1853. *Pneumatic tube system* (PTS) menjadi transportasi cepat dalam pengiriman surat, telegram, dan bahkan paket dimasukkan ke dalam wadah silinder dan dikirim melalui tabung.

Tanda berwarna pada PTS berfungsi sebagai identifikasi untuk berbagai pengiriman. Sistem pneumatik ini mulai dikenal pada akhir abad ke 19 dan awal abad ke 20 untuk mengirim paket-paket, dibidang bisnis, maupun administrasi yang mempunyai ukuran kecil dan yang bersifat mendesak, dari suatu area ke area lain dengan jarak kirim pendek seperti dalam satu gedung atau kompleks perkantoran

Pneumatic Tube System di Rumah Sakit sangat bermanfaat dan telah dikembangkan menjadi teknologi yang lebih maju. Di Amerika Serikat, ada lebih dari 1000 sistem tabung pneumatik yang terpasang di rumah sakit. Sementara di Indonesia, sistem tabung pneumatik ini juga sudah mulai dikenal dan digunakan di rumah sakit terutama kota besar seperti Jakarta, Yogyakarta, Balikpapan dan Surabaya (RS Panti Rapih, 2013).

b. Pengertian *Pneumatic Tube System*

Istilah "pneumatik" berasal dari bahasa Yunani yang berarti "udara" atau "angin". Pneumatik adalah sistem yang menggunakan energi yang tersimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan tenaga. Saat ini, sistem tersebut telah banyak diimplementasikan secara otomatis. Sistem ini dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, seperti bidang industri, bank, dan rumah sakit, yang mana penggunaannya lebih dominan ditemukan (60%) pada rumah sakit.

Spesifiknya di rumah sakit, PTS menawarkan banyak manfaat yang meliputi penghematan waktu transportasi sampel dan obat, serta lebih akurat sehingga kesalahan pengiriman spesimen dapat dicegah. Setiap pengiriman spesimen menggunakan PTS harus dicatat untuk mencegah kehilangan spesimen. (Munaya dkk., 2021).

Rumah Sakit Akademik Universitas Gadjadara memiliki PTS yang mulai dipasang sejak pandemi Covid-19 yaitu pada tahun 2020,

dimana saat itu RSA UGM menjadi rumah sakit rujukan covid-19. Pemasangan PTS ini sangat memudahkan pengantaran sampel pasien dari ruang isolasi ke laboratorium, dengan adanya PTS, petugas di ruang isolasi tidak perlu mengantarkan sampel secara langsung ke laboratorium (area non covid) dan tidak lepas pasang APD yang dapat meningkatkan penyebaran covid-19. Rumah Sakit Akademik UGM memiliki 12 stasiun pemberhentian pneumatik, dengan kecepatan sebesar 3 – 5 m/s dengan brand Sumetzberger, dimana brand ini sudah digunakan semenjak tahun 1964 dan sudah terjamin dalam penggunaannya.

c. Mekanisme Kerja *Pneumatic Tube System*

Mekanisme kerja sistem PTS mirip dengan sistem hidrolis perbedaannya adalah gaya dan tenaga penggerakannya saja. PTS memanfaatkan tekanan udara sebagai gaya penggerakannya, sedangkan sistem hidrolis menggunakan oli. Pada pneumatik, udara yang dikompresi berfungsi untuk menggerakkan silinder kerja yang nantinya akan mengubah tenaga/tekanan udara menjadi tenaga mekanik melalui gerakan maju-mundur (Munaya dkk., 2021).

Mekanisme kerja PTS yaitu ketika udara disedot oleh kompresor dan disimpan pada reservoir air (tabung udara) hingga mencapai tekanan kira-kira sekitar 6 – 9 bar, untuk beberapa sistem yang dalam skala kecil, sehingga tidak memerlukan tekanan yang begitu besar. Karena bila tekanan hanya dibawah 6 bar akan menurunkan daya

mekanik dari cylinder kerja pneumatik dan sedangkan bila bertekanan diatas 9 bar akan berbahaya pada sistem perpipaan atau kompresor.

Udara bertekanan itu disalurkan ke sirkuit dari PTS melewati *air dryer* (pengering udara) untuk menghilangkan kandungan air pada udara, dilanjutkan menuju katup udara (*shut up valve*), 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 sehingga udara bertekanan tersebut akan mampu mendorong Tube berjalan sepanjang Line Piping yang telah di rancang (Nugraha, 2017).

d. Komponen *Pneumatic Tube System*

Komponen dari *Pneumatic Tube System* terdiri dari Station, Tube, Carriers, Blower, Kompresor dan Diverter. Kompresor berfungsi untuk memampatkan udara sampai pada tekanan yang diinginkan, sedangkan blower adalah kipas yang mengangkut tabung melalui tekanan vakum. Komponen lainnya adalah alat yang mengontrol tekanan dan terdiri dari filter, pengatur tekanan, pelumas, dan silinder. Silinder, yang bisa dari tipe kerja tunggal atau kerja ganda, berfungsi untuk mengedarkan udara bertekanan yang mengarahkan pergerakan tabung dalam mencapai tujuannya. Selain tabung digunakan untuk membawa spesimen. Pipa PVC dengan

diameter 4 dan 6 inci dipasang di langit-langit sebagai jaringan tabung pneumatik. Stasiun pengiriman adalah tempat untuk menerima dan mengirim tabung pneumatik. Terakhir, sebuah komputer juga terdapat di pusat kontrol tabung pneumatic (Munaya dkk., 2021).

e. Kelebihan dan kekurangan *Pneumatic Tube System*

Kelebihan yang diperoleh dari penggunaan sistem PTS adalah lebih efektif dan efisien terutama untuk menghantarkan sample laboratorium, obat-obatan yang berukuran kecil serta kertas-kertas dokumen dari satu area ke area lain (RS Panti Rapih, 2013). Sistem pengiriman sampel menggunakan PTS dapat mengurangi *turn around times* dan memiliki biaya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pembentukan laboratorium satelit (Kurniawan dkk., 2015). Penggunaan tabung pneumatik dapat mengurangi antrian di laboratorium terutama saat pandemic covid-19 karena tabung menghubungkan semua zona rumah sakit sehingga mengurangi petugas dalam pengantaran sampel (Munaya dkk., 2012).

Kekurangan yang harus diperhitungkan dalam penggunaan PTS yaitu dapat menyebabkan perubahan volume pada saat kompresi atau pemanasan, hal ini pada gilirannya akan mempengaruhi keakuratan pasokan udara ke sistem PTS. Selain itu, silinder luar dan dalam diameter luar silinder serta bagian dalam sistem masing-masing adalah 315 mm dan 240 mm. Dimensi tersebut hanya dapat memungkinkan pengiriman benda dengan diameter maksimum 500 mm dan berat 2-4

kg. Sistem ini juga membutuhkan langkah pemrosesan untuk memastikan bahwa udara tidak terkontaminasi dengan air atau debu, sehingga tabung menghasilkan suara yang cukup tidak menyenangkan atau bising (Munaya dkk., 2012).

f. Dampak *Pneumatic Tube System* Terhadap Hasil laboratorium

Pneumatic Tube system rumah sakit adalah salah satu sistem transportasi berbasis mikroprosesor otomatis yang menggabungkan kecepatan dengan keandalan untuk menangani beberapa kebutuhan logistic, sampel darah, sampel jaringan, resep dan obat-obatan, Semua dapat diangkut melalui PTS. Penggunaan PTS yang paling umum yaitu pengangkutan sampel darah (Tiwari dkk., 2012).

Berdasarkan beberapa kasus ditemukan kerusakan pada tabung sampel darah seperti sampel darah tumpah dan sampel hemolisis. Sampel yang hemolisis mengakibatkan pengambilan sampel darah ulang sehingga menyebabkan waktu penyelesaian pemeriksaan laboratorium tertunda (Akbas dkk., 2018). Beberapa parameter yang sudah melalui penelitian yang mengalami hemolisis serta menyebabkan hasil pemeriksaan tidak akurat yaitu dalam indeks sel darah merah seperti MCV dan RDW yang mengalami penurunan yang signifikan dan peningkatan pada pemeriksaan MCHC (Subbarayan dkk., 2018).

Parameter Hb, K + dan LD (*Lactate dehydrogenase*) juga mengalami peningkatan yang signifikan ketika dikirim melalui PTS

dengan jarak yang dekat maupun jarak jauh (Tiwari dkk., 2012). Menurut penelitian yang dilakukan Gokhan *et al* 2016 kadar Kalium dan LD (*Lactate dehydrogenase*) yang diangkut dengan PTS menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan sampel yang diangkut secara manual. Selain itu, tingkat AST (*Aspartate aminotransferase*) secara signifikan lebih tinggi pada sampel yang dikirim melalui PTS.

2. *Alanine Aminotransferase*

a. **Pengertian Enzim ALT**

Alanine Aminotransferase (ALT) atau *Serum Glutamat Piruvic Transaminase* (SGPT) merupakan suatu enzim transaminase yang dalam keadaan normal berada dalam jaringan tubuh terutama hati. Peningkatan dalam serum darah mengindikasikan bahwa adanya trauma atau kerusakan pada hati. Menurut Sutedjo, 2008 nilai rujukan untuk pemeriksaan ALT untuk laki-laki berkisar antara 0 sampai dengan 50 U/L dan untuk perempuan 0 sampai dengan 35 U/L (Sutedjo, 2008). Pemeriksaan Serum Glutamate Piruvat Transaminase (SGPT) lebih spesifik dilakukan karena lebih banyak diproduksi di hati daripada enzim Serum Glutamate Oksaloasetat Transaminase (SGOT). Penelitian menyebutkan bahwa tingkat kerusakan hati biasanya dapat dilihat dari adanya peningkatan rasio Serum Glutamate Piruvat Transaminase (SGPT) lebih dari dua kali angka normal (Dewi dkk., 2016).

Enzim ALT/SGPT terdapat pada sel hati, jantung, otot dan ginjal. Porsi terbesar ditemukan pada sel hati yang terletak di sitoplasma sel hati. Peningkatan ALT disebabkan perubahan permeabilitas atau kerusakan dinding sel hati sehingga digunakan sebagai penanda gangguan integritas sel hati (hepatoseluler). Peningkatan enzim ALT sampai 300 U/L tidak spesifik untuk kelainan hati saja, tetapi jika didapatkan peningkatan lebih dari 1000 U/L dapat dijumpai pada penyakit hati akibat virus, iskemik hati yang disebabkan hipotensi lama atau gagal jantung akut, dan kerusakan hati akibat obat atau zat toksin (Rosida, 2016).

b. Peningkatan kadar SGPT

Peningkatan kadar SGPT akan terjadi jika adanya pelepasan enzim secara intraseluler ke dalam darah yang disebabkan nekrosis sel-sel hati atau adanya kerusakan hati (Ronika, 2012).

1) Fisiologi

Enzim-enzim yang mengkatalisis pemindahan reversibel suatu gugus amino antara suatu asam amino dan suatu asam alfa-keto disebut aminotransferase, atau transaminase oleh tata nama lama yang masih populer. Dua 26 aminotransferase yang paling sering diukur adalah Alanin Aminotransferase (ALT) yang dahulu disebut glutamat-piruvat transaminase (GPT) dan aspartat aminotransferase (AST) yang dahulu disebut glutamat-oksaloasetat transaminase (GOT).

Aminotransferase tersebar luas di tubuh, tetapi terutama banyak terdapat dihati, karena peran penting organ ini dalam sintesis protein dan dalam menyalurkan asam-asam amino ke jalur-jalur biokimiawi lain. Hepatosit pada dasarnya adalah satu-satunya sel dengan konsentrasi ALT yang tinggi, sedangkan ginjal, jantung, dan otot rangka mengandung kadar sedang. ALT dalam jumlah lebih sedikit dijumpai di pankreas, paru, limpa, dan eritrosit. (Sacher dan Mcperson, 2012).

2) Gangguan Keseimbangan ALT

Kondisi yang dapat meningkatkan ALT menurut Indah, 2017 dibedakan menjadi tiga yaitu :

- a) Peningkatan 3-10 kali normal : infeksi mononuklear, hepatitis kronis aktif, sumbatan empedu ekstra hepatic, sindrom Reye dan infark miokard (AST>ALT) 27
- b) Peningkatan 1-3 kali normal : pankreatitis, perlemakan hati, sirosis Laennec dan sirosis biliaris
- c) Peningkatan ALT > 20 kali normal : hepatitis viral akut, nekrosis hati (toksisitas obat atau kimia)

c. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemeriksaan ALT

- 1) Tahap pra analitik adalah tahap persiapan awal, tahap ini sangat menentukan kualitas sampel yang nantinya akan mempengaruhi hasil pemeriksaan yang termasuk tahap pra analitik yaitu :
 - a) Pemahaman intruksi dan pengisian formulir.

- b) Persiapan pasien sebelum uji laboratorium yaitu puasa 8-10 jam hanya bisa minum air putih dan tidak beraktifitas berat, dapat meningkatkan kadar ALT.
 - c) Pengambilan sampel plasma dan serum harus dilakukan secara tepat, volume yang sesuai, gunakan alat dan bahan yang benar berkualitas baik.
 - d) Hemolisis pada sampel darah dapat mempengaruhi hasil laboratorium
 - e) Injeksi per IM dapat meningkatkan kadar ALT serum.
 - f) Komposisi antikoagulan yang tidak sesuai dan konsumsi alcohol
 - g) Obat tertentu seperti kortikosteroid, obat antihipertensi, albumin, obat anti virus dan suntikan interferon yang dapat meningkatkan kadar ALT serum.
- 2) Tahap Analitik adalah tahapan pengerjaan pengujian sampel sehingga diperoleh hasil pemeriksaan, yang termasuk faktor analitik yaitu : Kalibrasi alat laboratorium, pemeriksaan sampel, kualitas reagen, ketelitian dan ketepatan.
- 3) Pasca analitik adalah tahap akhir pemeriksaan yang dikeluarkan untuk meyakinkan bahwa hasil pemeriksaan yang dikeluarkan benar-benar valid, yang termasuk faktor pasca analitik yaitu : Pencatatan hasil pemeriksaan, interpretasi hasil dan pelaporan hasil pemeriksaan.

d. Prinsip Pemeriksaan Laboratorium

Prinsip pemeriksaan ALT metode kinetik berdasarkan IFCC (International Federation of Clinical Chemistry). Kelompok amino secara enzimatis ditransfer oleh ALT yang ada dalam sampel dari alanin ke atom karbon 2-oksoklutarat menghasilkan piruvat dan L-glutamat. Piruvat direduksi menjadi laktat oleh LDH yang ada dalam reagen dengan oksidasi simultan NADH ke NAD. Reaksi diamati dengan mengukur tingkat penurunan absorbansi karena oksidasi NADH pada panjang gelombang 340 nm. Piruvat yang berasal dari sampel direduksi oleh laktat dehidrogenasi secara cepat 29 dan tuntas selama periode inkubasi awal sehingga tidak mempengaruhi pemeriksaan. (Sacher dan McPherson, 2012).

3. Hemolisis

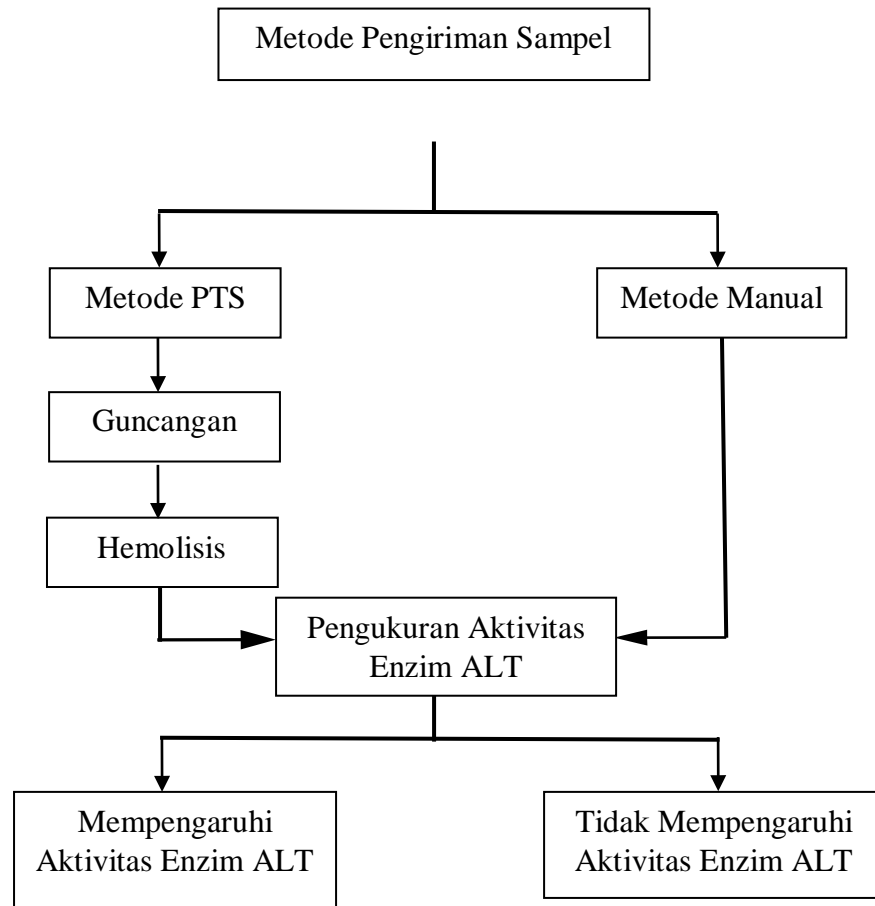
a. Pengertian Hemolisis

Menurut Lippi (dalam Khasanah, 2019) Hemolisis adalah kerusakan membran sel darah merah yang menyebabkan pelepasan hemoglobin dan komponen intraseluler lainnya ke dalam cairan di sekitarnya. Hemolisis terlihat sebagai warna kemerahan pada serum atau plasma. Hemolisis in vivo disebabkan karena pengaruh kondisi patologis, seperti infeksi, anemia hemolitik autoimun, obat-obatan, faktor keturunan (hemoglobinopati) dan reaksi transfuse (Elrouf dkk., 2013).

b. Pengaruh Hemolisis

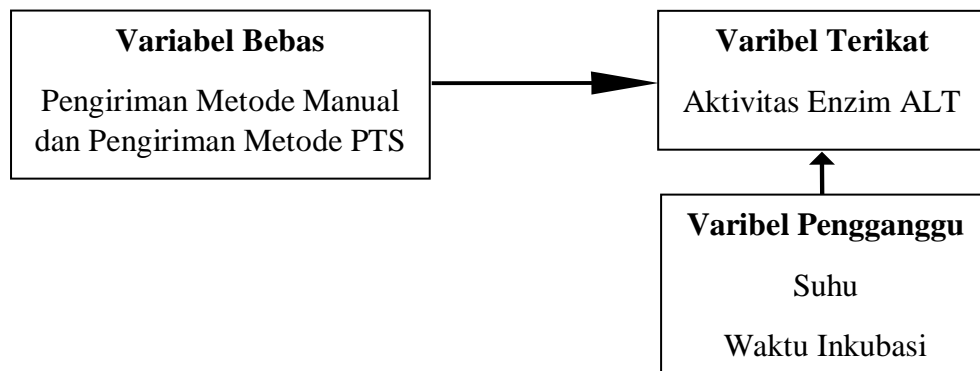
Pecahnya sel eritrosit menyebabkan hemoglobin bebas masuk ke dalam serum. Sehingga akan mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada serum yang akan menyebabkan gangguan kromorfik pada analisa fotometri. Gangguan kromorfik pada analisa fotometri, akan berpengaruh terhadap pemeriksaan kimia darah (Lippi, dkk., 2006). Hemolisis yang ringan memiliki efek yang kecil pada sebagian besar nilai pemeriksaan. Hemolisis yang berat menyebabkan dilusi yang berefek pada konstituen yang ditunjukkan dengan penurunan konsentrasi eritrosit (Budiyono dan Ria, 2011). Hemolisis menyebabkan peningkatan yang konsisten pada pemeriksaan *Alanine aminotransferase* (ALT), *Aspartat aminotransferase* (AST), kreatinin, *Creatine kinase* (CK), besi, laktat dehidrogenase (LDH), lipase, magnesium, fosfor, kalium dan urea. Sedangkan pada pemeriksaan albumin, *alkaline phosphatase* (ALP), klorida, *gglutamyltransferase* (GGT), glukosa dan natrium mengalami penurunan (Lippi, dkk., 2006).

B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

C. Hubungan Variabel



Gambar 2. Hubungan Variabel

D. Hipotesis

Ada pengaruh penggunaan *Pneumatic Tube System* (PTS) terhadap hasil pengukuran aktivitas enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)