

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. *Pneumatic Tube System*

a. *Pengertian Pneumatic Tube System*

Pneumatic Tube System adalah suatu metode pengiriman sampel melalui sebuah pipa dengan kecepatan tinggi dengan tekanan atau vakum, dari suatu tempat ke tempat yang lain tanpa kerusakan. Metode ini banyak digunakan di beberapa rumah sakit, metode pengiriman menggunakan *pneumatic tube system* dapat mengurangi turn around time, sehingga lebih efisien dan efektif dalam menghantarkan sampel laboratorium.

Rumah Sakit Akademik UGM memiliki *pneumatic tube system* dengan merk *Sumetzberger* terdapat 12 stasiun pemberhentian *pneumatic*, dengan kecepatan *pneumatic* sebesar 3 – 5 m/s. Pemasangan PTS di RSA UGM dimulai sejak pandemi Covid-19 yaitu tahun 2020, dimana RSA UGM menjadi rumah sakit rujukan covid. Sebagai rumah sakit rujukan covid pemasangan PTS sangat diperlukan untuk memudahkan pengantaran sampel pasien dari ruang isolasi ke laboratorium, dengan adanya PTS, perawat di ruang isolasi tidak perlu mengantarkan sampel secara langsung ke laboratorium (area non covid) dan tidak lepas pasang APD yang dapat meningkatkan penyebaran covid sehingga pengantaran sampel menjadi lebih cepat dan efisien. Namun metode ini juga memiliki kekurangan yaitu terjadinya guncangan sampel selama penghantaran menggunakan *pneumatic tube* sehingga dapat menyebabkan sampel hemolisis karena perubahan kecepatan dan tekanan yang berubah-ubah saat penghantaran sampel (Liong et al, 2015).

b. *Komponen Pneumatic Tube System*

Komponen *Pneumatic Tube System* terdiri dari *Station, Tube, Carriers*,

dan *Diverters. Station* adalah tempat pemberhentian tube, berfungsi untuk menerima tube dan mengirim tube ke *station* lain. *Tube* yaitu pipa panjang yang akan menyalurkan *carriers* dari satu tempat ke tempat yang lain. *Carriers* yaitu tabung berbentuk silinder transparan berukuran 60 mm- 300 mm, dimana sampel/barang diletakkan di tabung tersebut. *Diverters* yaitu katup pneumatic yang terdapat pada station berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan pergerakan carrier dengan tujuan yang diinginkan (ParsianMedical,2018)

c. Prinsip Kerja *Pneumatic Tube System*

Pertama udara disedot oleh kompresor dan disimpan direservoir air atau tabung udara sampai mencapai tekanan kira-kira sekitar 6-9 bar. Tekanan 6-9 bar bertujuan supaya tidak menurunkan daya mekanik dari silinder kerja *pneumatic* dan tekanan tidak melebihi 9 bar supaya tidak berbahaya pada system perpipaan atau compressor. Selanjutnya udara bertekanan akan disalurkan ke pipa jalur pneumatic, sebelum masuk ke pipa jalur pneumatic udara bertekanan tersebut harus melewati air dryer atau pengering udara untuk menghilangkan kandungan air dalam udara. Setelah itu menuju ke shut up valve atau katup udara, regulator, solenoid valve dan menuju ke silinder kerja. Gerakan air silinder tersebut berasal dari solenoid. Ketika solenoid valve menyalurkan udara bertekanan menuju ke outlet dari air silinder maka piston akan bergerak mundur (Yudianto,2017)

d. Kelebihan dan Kekurangan *Pneumatic Tube System*

Kelebihan *pneumatic tube system* diantaranya yaitu dapat menghemat waktu dan tenaga dalam menghantarkan sampel laboratorium, obat-obatan, dan kertas dokumen yang berukuran kecil dari suatu tempat ke tempat yang lain, dapat mengurangi turn around time pemeriksaan laboratorium, serta pengiriman sampel menggunakan PTS pada kondisi pandemi Covid-19

lebih aman karena dapat meminimalisir perpindahan virus covid-19 dari satu benda ke benda yang lain (Ayaripersada,2022)

Metode pengiriman dengan *pneumatic tube system* memang canggih namun metode ini juga memiliki kekurangan yaitu terjadi pengiriman salah alamat tidak sesuai dengan ruangan yang dituju, adanya peningkatan penggunaan PTS dalam satu waktu membuat proses pengiriman PTS menjadi lebih lama karena *carrier* harus menunggu antrian supaya tersedot dalam pipa pengiriman, dan barang yang dikirim dapat mengalami kerusakan seperti sampel darah tumpah, kerusakan sampel darah, dan tabung obat pecah (RS Panti Rapih,2013)

e. Evaluasi Penggunaan *Pneumatic Tube System* Sebagai Metode Pengiriman Sampel di RSA UGM

Pemasangan *pneumatic tube system* di sebuah rumah sakit, sebelumnya harus sesuai dengan peraturan, izin, standar dan evaluasi terlebih dahulu. Hal tersebut sangat penting untuk mengantisipasi kegagalan dalam kegiatan operasional di rumah sakit salah satunya dalam pelayanan laboratorium, seperti mencegah terjadinya kerusakan sampel laboratorium yang diakibatkan karena pengiriman melalui PTS. Berdasarkan penelitian Heath et al,2016 terkait potensi terjadinya kerusakan sampel (hemolisis) melalui PTS, penelitian tersebut menggunakan tiga tabung darah lithium heparin dari masing-masing 60 subjek penelitian. Tabung satu digunakan sebagai kontrol yaitu tabung darah diantarkan langsung ke laboratorium, tabung dua dikirim melalui PTS dengan pengemasan spesimen yang tidak benar, kemudian tabung tiga dikirim melalui PTS dengan pengemasan yang benar menggunakan *transport bag*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol hanya satu dari 60 sampel yang mengalami hemolisis, kemudian pada kelompok uji tabung dua, ditemukan 18 tabung

yang hemolisis sedangkan pada kelompok uji tiga ditemukan 16 tabung yang lisis. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan PTS meningkatkan kejadian hemolisis namun kejadian hemolisis menurun apabila sampel yang dikirim melalui PTS dikemas dengan baik sebelum dimasukkan *carrier* (Heath et al,2016). Sesuai dengan penelitian tersebut, PTS di RSA UGM sudah dilengkapi dengan *transport bag* di dalam *carrier* untuk mengemas sampel yang akan dikirim sehingga dapat mengurangi potensi kerusakan sampel yang disebabkan karena adanya guncangan, meskipun tidak signifikan.

Selain pengemasan sampel yang benar dalam pengiriman sampel melalui PTS, hemolisis dapat terjadi karena tingkat kecepatan yang digunakan PTS. Di dalam penelitian Heath et al,2016 menyarankan kecepatan PTS optimal untuk pengiriman sampel darah yaitu 8 kaki per detik, penelitian tersebut dibuktikan dengan dilakukannya uji coba dengan mengurangi kecepatan PTS pada sistem blower, hasilnya adalah hanya tiga sampel yang hemolisis dari 300 sampel uji. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengurangan kecepatan dapat menurunkan tingkat hemolisis. Sesuai dengan penelitian tersebut, PTS yang digunakan di RSA UGM memiliki sistem blower yang dapat diatur kecepatannya sehingga ketika pengiriman sampel darah akan terjadi perlambatan kecepatan, sehingga diharapkan dapat mengurangi tingkat hemolisis.

f. Dampak Penggunaan *Pneumatic Tube System* Terhadap Hasil Laboratorium

Metode pengiriman sampel melalui *pneumatic tube system* memberikan keuntungan dalam kegiatan operasional di rumah sakit sehingga pelayanan berjalan lebih efektif dan efisien, namun dibalik kecanggihannya metode tersebut terdapat dampak yang dapat mempengaruhi pelayanan di

laboratorium. *Pneumatic tube system* memiliki prinsip kerja dengan cara mengatur tekanan udara di dalam pipa pengiriman yang dapat menghasilkan gerakan mekanik. Gerakan mekanik yang dihasilkan menyebabkan adanya akselerasi kecepatan PTS yang dapat menimbulkan getaran pada *carriers* sehingga *carriers* yang berisi barang dapat mengalami kerusakan, salah satunya yaitu pada aplikasi penggunaan PTS dalam pengiriman sampel darah. Dalam 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 sedangkan parameter pemeriksaan laboratorium yang sangat dipengaruhi oleh hemolisis yaitu AST, LDH, dan Bilirubin Direk (Akbas, 2018).

2. Aspartat Aminotransferase (AST)

a. Pengertian AST

Aspartat aminotransferase (AST) adalah salah satu enzim aminotransferase yang dapat ditemukan di jantung, sel hati, otot, ginjal dan otak. Enzim AST terdapat di mitokondria dan sitoplasma. Enzim AST paling banyak ditemukan di sel jantung sehingga pemeriksaan enzim AST kurang spesifik dalam menentukan adanya kerusakan pada sel hati karena kondisi lain seperti gagal jantung dan kerusakan pada otot juga dapat menyebabkan peningkatan aktivitas enzim AST (Dadang et al., 2020)

Cara kerja aspartate aminotransferase (AST atau SGOT) yaitu dengan mengkatalisis transfer gugus amino dari aspartate ke-2-oxoglutarate kemudian membentuk oksaloasetat dan glutamate, kemudian oksaloasetat akan bereaksi dengan NADH, dengan bantuan enzim (MDH) kemudian

membentuk NAD^+ (Nurhayati et al,2021)

b. Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim AST

Terdapat 3 tahapan faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan aktivitas enzim AST, yaitu tahap pra-analitik, analitik, dan pasca analitik. Menurut (Praptomo,2018), kesalahan pada proses pra-analitik memberikan kontribusi sekitar 61% dari total kesalahan laboratorium, 25% dari kesalahan analitik, dan 14% dari kesalahan pasca analitik.

1) Tahap Pra Analitik

Tahap pra analitik adalah semua proses sebelum specimen dilakukan pemeriksaan. Adapun faktor pra-analitik yang mempengaruhi hasil pemeriksaan aktivitas enzim AST antaranya adalah sebelum melakukan pemeriksaan pasien tidak boleh melakukan aktivitas berat/olahraga berat, karena terjadi kerusakan sel otot yang menyebabkan enzim AST keluar ke ruang ekstraseluler yang akhirnya masuk ke dalam aliran darah ditandai dengan meningkatnya aktivitas enzim AST dan menyebabkan hasil tinggi palsu (Kim et al., 2020), kemudian pemasangan tourniquet tidak boleh terlalu lama karena dapat menyebabkan protein enzim meningkat (Praptomo,2018), serta sampel hemolisis dapat menyebabkan peningkatan aktivitas enzim AST karena enzim AST yang berada di dalam eritrosit pecah keluar (Wanti et al, 2020)

2) Tahap Analitik

Tahap analitik merupakan tahapan pengujian sampel sampai diperoleh hasil pemeriksaan, yang termasuk faktor analitik yaitu: pemeriksaan sampel, kalibrasi, kontrol, dan pemeliharaan alat laboratorium, uji kualitas reagen serta uji ketelitian dan ketepatan (Siregar et al,2018)

3) Tahap Pasca Analitik

Tahap pasca analitik merupakan tahap pelaporan hasil pengukuran dengan memvalidasi terlebih dahulu hasil pengukuran, tahap pasca analitik meliputi pencatatan hasil pengukuran, interpretasi hasil, validasi hasil, dan pelaporan hasil pengukuran (Khairunnisa,2019).

3. Hemolisis

a. Pengertian Hemolisis

Hemolisis adalah peristiwa pecahnya membran eritrosit dan keluarnya hemoglobin ke plasma, hemolisis dapat terjadi karena penggunaan tourniquet terlalu lama dan kuat kemudian penggunaan PTS yaitu adanya akselerasi kecepatan yang dapat menginduksi getaran, denaturasi protein, sehingga menyebabkan sampel hemolisis (Durachim et al,2018). Menurut Lippi (dalam Kurniati et al, 2019),tingkat hemolisis dapat dibedakan menjadi 3 yaitu hemolisis ringan, sedang, dan berat. Menurut Adiga (dalam Kurniati et al,2019), hemolisis dibagi menjadi beberapa derajat yaitu tidak hemolisis dengan kadar Hb dalam serum <20 mg/dl, hemolisis ringan dengan kadar Hb dalam serum 20-100 mg/dl, hemolisis sedang dengan kadar Hb dalam serum 100-300 mg/dl, hemolisis berat dengan kadar Hb >300 mg/dl.

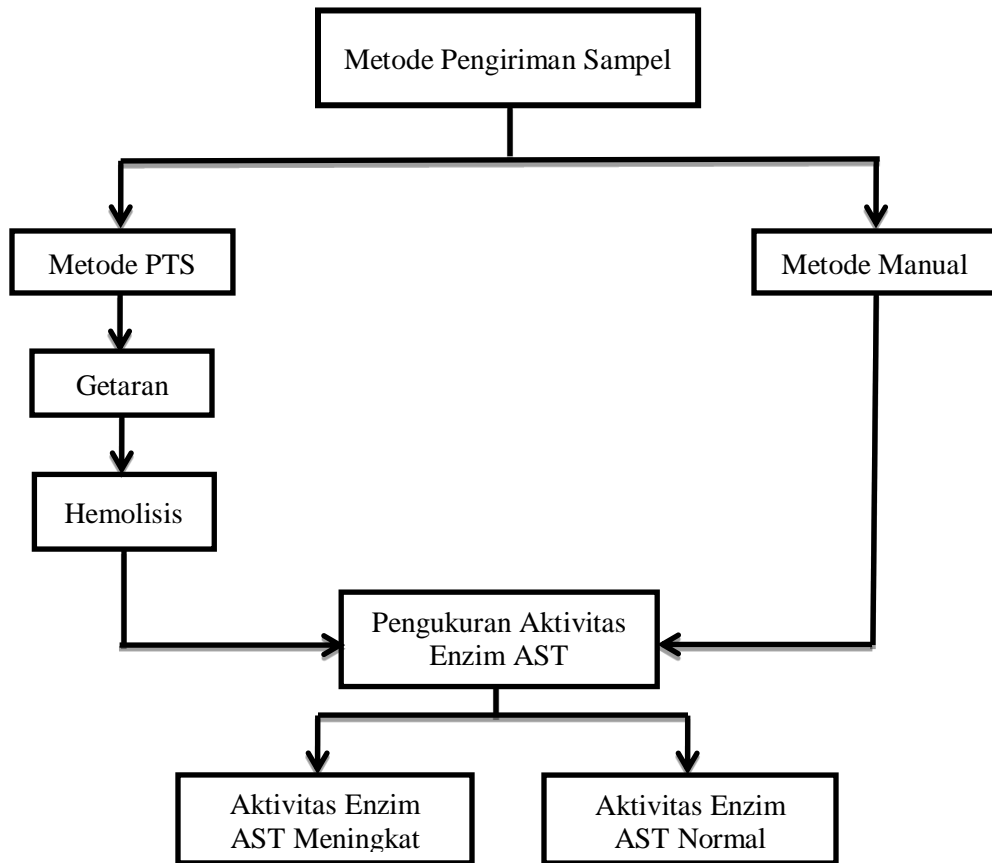
b. Pengaruh Hemolisis Terhadap Aktivitas Enzim AST

Enzim AST adalah enzim intraseluler yang ditemukan dalam jumlah yang rendah di dalam serum yang menggambarkan pelepasan kandungan isi sel selama pergantian sel yang normal. Apabila terjadi kerusakan pada sel otot, jantung dan hati mengakibatkan sel menjadi lisis yang menimbulkan pelepasan enzim intraseluler ke dalam darah sehingga aktivitas enzim AST akan meningkat. Enzim AST berada di dalam sel eritrosit apabila sampel hemolisis maka isi sel keluar sehingga

menyebabkan terjadinya peningkatan enzim AST yang keluar dari sel darah merah (Fernando,2020).

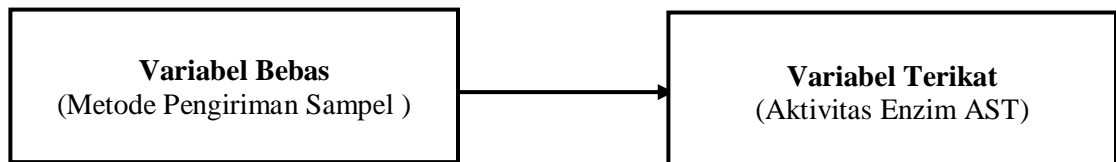
Enzim aspartate aminotransferase mengkatalis pemindahan gugus amin pada L-aspartat ke 2 oxoglutarat yang ada dalam reagen untuk membentuk glutamat dan oksaloasetat akan ditangkap oleh NADH dalam reagen untuk membentuk NAD^+ . Jumlah NADH yang teroksidasi akan terbaca sebagai banyaknya enzim AST sehingga pada serum yang hemolisis hasil pengukuran aktivitas enzim AST akan meningkat atau tinggi palsu karena akumulasi dari enzim AST dalam serum sesungguhnya dengan enzim AST yang keluar dari eritrosit akan digunakan dalam katalis reaksi (Kurniati et al,2019). Menurut Koseoglu dalam (Kurniati et al,2019), serum yang hemolisis akan mengganggu penyerapan cahaya pada pengukuran fotometri. Pada panjang gelombang 340 nm warna yang diserap adalah warna lembayung, sehingga warna merah pada serum akan mengakibatkan warna lembayung sulit diserap oleh alat karena warnanya lebih pekat sehingga dapat menyebabkan kesalahan pembacaan pada detektor sehingga absorbansi meningkat. Hal ini berpengaruh terhadap peningkatan hasil pengukuran aktivitas enzim AST.

B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

C. Hubungan Variabel



Gambar 2. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis Penelitian

Aktivitas enzim AST lebih tinggi pada sampel darah yang dikirim melalui *Pneumatic Tube System* dibandingkan dengan sampel darah yang diantarkan langsung oleh petugas