

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TB

TB adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis*. Gambaran karakteristik penyakit ini ditandai adanya masa laten diantara masuknya kuman pada awal infeksi hingga muncul penyakit. Sebagian besar basil TBC menyerang paru, tetapi dapat juga mengenai organ tubuh yang lain (Cecil, 2000).

Terdapat berbagai jenis pemeriksaan laboratorium klinik untuk menunjang diagnosis TB, termasuk pemeriksaan laju endap darah. Menurut Kemenkes 2011 pemeriksaan laju endap darah (LED) adalah ukuran kecepatan endap eritrosit, menggambarkan komposisi plasma serta perbandingan eritrosit dan plasma. Pemeriksaan LED diperlukan pada pasien TB untuk melihat tanda-tanda peradangan selama terjadinya infeksi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi LED adalah faktor eritrosit, faktor plasma, dan faktor teknik. Nilai normal pada laki-laki adalah 0-10 mm/jam dan pada perempuan adalah 0-20 mm/jam. Nilai LED yang meningkat biasa terjadi pada kondisi infeksi akut dan sistemik, seperti pada penyakit TB paru (Estridge, 2012). Pada infeksi TB terjadi peningkatan protein fase akut yang akan mempengaruhi laju endap darah menjadi lebih cepat (Kemenkes, 2014).

Menurut jenis kelamin, kasus BTA+ pada laki-laki lebih tinggi daripada perempuan yaitu hampir 1,5 kali dibandingkan kasus BTA+ pada perempuan.

Kasus BTA+ di propinsi seluruh Indonesia lebih banyak terjadi pada laki-laki dibandingkan perempuan (Depkes RI, 2013).

Laki-laki lebih banyak terjadi kontak dengan faktor resiko dan kurang peduli terhadap aspek pemeliharaan kesehatan individu, dituntut bekerja lebih keras untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari terutama yang berusia produktif, bahkan terkadang masih ada yang bekerja meskipun sudah tua. Perempuan pada umumnya cenderung terinfeksi TB setelah persalinan akibat proses persalinan yang kurang bersih atau terinfeksi HIV yang mengakibatkan kekebalan tubuh menurun. Angka kejadian TB pada laki-laki cukup tinggi pada semua usia, tetapi pada perempuan angka kejadian TB cenderung menurun setelah melampaui usia subur. Sebagian besar laki-laki mempunyai kebiasaan merokok sehingga memudahkan terjangkitnya TB. Kebiasaan merokok meningkatkan resiko untuk terinfeksi TB paru sebanyak 2,2 kali (Soejadi, 2007)

Kasus TB paru menurut kelompok umur paling banyak ditemukan pada umur 17-34 tahun yaitu sebesar 18,65 % diikuti umur 45-54 tahun sebesar 17,33% dan umur 35-44 tahun sebesar 17,18% (Kemenkes RI, 2016). Kasus TB paru anak dikelompokkan dalam kelompok umur 0-4 tahun dan 5-14 tahun, dengan jumlah kasus pada kelompok 0-4 tahun lebih banyak di bandingkan 5-14 tahun (Kemenkes, 2013). Proporsi kasus TB anak pada kasus baru sebesar 6,47%, menurun dibandingkan proporsi tahun 2015 yaitu 7,51%. Penularan TB paru anak menunjukkan cukup besar (Dinkes Jateng, 2016).

Balita dan anak-anak merupakan orang yang rawan tertular penyakit TB paru, balita yang mempunyai riwayat kontak serumah mempunyai riwayat TB paru,

resiko untuk terinfeksi TB paru meningkat 2,6 kali lebih besar dibandingkan dengan balita yang tidak ada kontak TB paru (Emita A, 2009). Balita yang ada kontak serumah dengan penderita TB paru akan menunjukkan uji tuberkulin positif dan gejala klinis TB paru yang muncul sebesar 13% (Musadad, 2006).

2.1.1 Kuman TB

Mycobacterium tuberculosis adalah kuman obligat aerob, berbentuk batang, tidak berspora. Walaupun tidak mudah diwarnai, jika telah diwarnai kuman ini tahan penghilangan warna (dekolorisasi) oleh asam atau alkohol, oleh karena itu dinamakan basil tahan asam (BTA). Kuman ini mendapat energi dari oksidasi berbagai senyawa karbon sederhana pada pertumbuhannya. *Mycobacterium tuberculosis* menyebabkan tuberkulosis dan merupakan patogen yang sangat bagi manusia. Terdapat lebih dari 50 spesies *Mycobacterium*, antara lain banyak yang merupakan saprofit (Brooks, 2001).

Faktor yang mempengaruhi kemungkinan seseorang menjadi penderita TBC adalah daya tahan tubuh yang rendah, diantaranya karena gizi buruk atau HIV/AIDS (Depkes RI, 2002).

2.1.2 TB Paru

Tuberkulosis paru (TB paru) merupakan penyakit infeksi kronik yang menyerang paru dan disebabkan oleh *Mycobacterium tubeculosis* (MTB). TB paru dapat menular melalui droplet yang dikeluarkan selama batuk, bersin, dan berbicara. TB paru menjadi salah satu masalah kesehatan di dunia dan Indonesia dikarenakan proses penularannya yang mudah dan cepat (Kemenkes RI, 2014).

2.1.3 Klasifikasi TB

TB terdiri dari TB paru dan ekstra paru.

1. TB Paru

TB paru merupakan tuberkulosis yang menyerang jaringan paru, klasifikasi TB paru dibagi menjadi:

a Berdasarkan hasil pemeriksaan dahak bakteri tahan asam (BTA) dibagi :

1. TB paru BTA (+)

Dari hasil pemeriksaan dahak didapatkan sekurang-kurangnya 2 dari 3 spesimen yang menunjukkan hasil BTA positif. Atau hasil pemeriksaan 1 dari 3 spesimen yang menunjukkan BTA positif terdapat kelainan tuberkulosis aktif dari gambaran radiologi. Atau hasil pemeriksaan 1 dari 3 spesimen menunjukkan BTA positif dan hasil kultur/biakan positif.

2. TB paru BTA (-)

Apabila hasil pemeriksaan dahak 3 kali menunjukkan BTA negatif, meskipun gambaran klinis dan kelainan radiologi menunjukkan tuberkulosis aktif atau hasil pemeriksaan dahak 3 kali menunjukkan BTA negatif dan biakan MTB positif.

Berdasarkan tipe penderita ditentukan dari riwayat pengobatan sebelumnya:

1. Kasus baru

Penderita yang belum pernah mendapat pengobatan anti TB (OAT) atau sudah pernah menelan OAT tetapi kurang dari satu bulan (30 dosis harian).

2. Kasus kambuh (relaps)

Penderita yang sebelumnya pernah mendapat pengobatan TB dan telah dinyatakan sembuh atau pengobatan sudah lengkap, tetapi kemudian kembali berobat lagi dengan hasil pemeriksaan dahak BTA positif tetapi atau biakan positif.

3. Kasus lalai berobat atau *drop out*

Penderita yang sudah berobat ≥ 1 bulan dan tidak mengambil obat selama 2 bulan sebelum masa pengobatannya selesai.

4. Kasus gagal

Penderita BTA positif yang masih tetap positif atau kembali menjadi positif pada akhir bulan kelima (satu bulan sebelum akhir pengobatan) atau akhir pengobatan.

5. Kasus kronik

Pasien dengan hasil pemeriksaan BTA masih positif selama pengobatan ulang dengan pengobatan kategori 2.

6. Kasus bekas TB

Pemeriksaan BTA dengan hasil negatif (biakan juga negatif bila ada), gambaran radiologi menunjukkan lesi TB yang tidak aktif dan jika ada riwayat pengobatan OAT adekuat lebih mendukung. Kasus dengan gambaran radiologi meragukan dan telah mendapat pengobatan OAT selama 2 bulan kemudian jika dilakukan foto thoraks ulang tidak ada perubahan gambaran radiologi.

2.1.4 Etiologi dan Patogenesis

Proses penularan penyakit TB Paru biasanya melalui inhalasi yang mengandung droplet nuklei dan ditularkan melalui batuk, bersin bahkan bicara.

Droplet nuklei ini dapat menetap di udara selama 1-2 jam tergantung pada kelembaban, ventilasi, dan sinar ultraviolet. Patogenesis TB paru sendiri dibagi dua, yaitu:

a. TB Primer

Bakteri MTB akan masuk melalui inhalasi, apabila orang yang sehat terhirup partikel infeksi, maka partikel infeksi ini akan masuk melalui hidung lalu menuju ke paru. Bakteri MTB akan difagosit oleh makrofag dan diangkat ke kelenjar limfe regional. Bakteri MTB dapat mencapai aliran darah dan terjadi *diseminata* yang luas, kebanyakan lesi ini dapat menyembuhkan sendiri namun juga dapat meninggalkan lesi yang dapat reaktivasi kembali (Sudoyo,2009).

Bakteri yang menetap di paru dan berkembang biak di dalam sitoplasma makrofag, kuman ini akan bersarang dan membentuk sarang pneumonia kecil atau disebut fokus *Ghon* atau sarang primer. Sarang primer bisa terbentuk di seluruh bagian paru, apabila mencapai pleura akan menyebabkan efusi pleura. Reaksi peradangan timbul di jaringan paru pada saat bakteri berkembang biak. Limfosit akan memasuki darah infeksi, dan mengeluarkan faktor kemotaktik, interleukin, dan limfokin. Monosit akan masuk ke daerah tersebut dan mengalami perubahan menjadi makrofag dan selanjutnya menjadi sel histiosit khusus kemudian tersusun menjadi granuloma (Isselbacher, 2012).

Sarang primer akan menimbulkan peradangan saluran getah bening menuju hilus (limfangitis lokal), dan juga diikuti pembesaran kelenjar getah bening hilus. Sarang primer limfangitis lokal ditambah dengan limfadenitis regional disebut

dengan kopleks primer (Ranke). Kompleks primer selanjutnya dapat sembuh tanpa meninggalakn apapun; sembuh dengan meninggalkan garis-garis fibrotik, klasifikasi atau lesi penumonia; atau dapat berkompilasi menyebar ke seluruh lapang paru, bronkogen, limfogen atau hematogen (Sudoyo, 2009).

b. TB Sekunder

Kuman yang dormant pada tuberkulosis primer akan muncul kembali bertahun-tahun kemudian sebagai tuberkulosis sekunder (TB sekunder). Reaktivasi tuberkulosis terjadi karena berbagai faktor seperti imunitas menurun pada malnutrisi, diabetes, HIV/AIDS, penyakit keganasan, alkohol, gagal ginjal (Sudoyo, 2009).

TB sekunder ini bermula pada sarang pneumonia kecil yang biasa berada di lokasi regio atas paru. Sarang kecil dapat menjadi tuberkel yaitu granuloma yang terdiri dari sel-sel histiosit dan sel datia langhans yang dikelilingi sel-sel limfosit dan jaringan ikat dalam waktu 3-10 minggu (Isselbacher, 2012).

2.1 5 Diagnosis TB Paru

Diagnosis TB paru berdasarkan pada gejala klinis yaitu, gejala respiratorik dan gejala sistemik. Gejala respiratorik ditandai dengan batuk selama lebih dari dua minggu. Pemeriksaan fisik ditemukan keadaan umum pasien konjungtiva mata pucat karena anemia, suhu tubuh subfebris dan badan kurus (Sudoyo, 2009)

2.1.6 Pemeriksaan Penunjang Lain

a. Uji Tuberkulin

Uji tuberkulin sangat berarti dalam mendeteksi infeksi tuberkulosis di daerah dengan prevalensi rendah. Di Indonesia, dengan prevalensi tuberkulosis

yang tinggi, pemeriksaan ini sebagai alat bantu diagnostik kurang berarti, terutama pada orang dewasa. Dasar tes tuberkulin adalah reaksi alergi tipe lambat yang menyatakan apakah seseorang individu pernah atau sedang mengalami infeksi *M. tuberculosis*, *M. bovis*, vaksinasi BCG dan *Mycobacteria* patogen lain. Teknik pemeriksaan yang digunakan adalah tes Mantoux yakni dengan menyuntikkan 0,1 cc tuberkulosis *Purified Protein Derivative* (P.P.D) intrakutan berkekuatan 5. Reaksi akan timbul setelah 48-72 jam setelah tuberkulin disuntikkan. Reaksi yang ditimbulkan berupa indurasi yang terdiri dari infiltrat limfosit yaitu reaksi antara antibodi dan antigen tuberkulin (Isselbacher, 2012).

2.2 Darah

Darah merupakan komponen esensial makhluk hidup, mulai dari binatang primitif sampai manusia (Bakta, 2006). Darah adalah jaringan cair yang terdiri atas dua bagian. Bahan interseluler adalah cairan yang disebut plasma dan di dalamnya terdapat unsur-unsur padat, yaitu sel darah. Volume darah secara keseluruhan kira-kira merupakan satu per dua belas berat badan atau kira-kira 5 liter. 55% bagian darah adalah cairan, sedangkan 45% sisanya terdiri atas sel darah (Pearce, 2008).

2.2.2 Fungsi Darah

Fungsi darah antara lain:

1. Sebagai alat pengangkut yaitu:
 - a) Mengambil O_2 atau zat pembakaran dari paru-paru untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh.

- b) Mengangkut CO₂ dari jaringan untuk dikeluarkan melalui paru-paru.
 - c) Mengambil zat-zat makanan dari usus halus untuk diedarkan dan dibagikan ke seluruh jaringan atau alat tubuh.
 - d) Mengangkut atau mengeluarkan zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh untuk dikeluarkan melalui kulit dan ginjal.
2. Sebagai pertahanan tubuh terhadap serangan penyakit dan racun yang akan mematikan tubuh dengan parantaraan leukosit, antibodi atau zat-zat anti racun.
3. Menyebarkan panas ke seluruh tubuh (Syaifuddin, 2006)

2.2.3 Sel Darah

Darah adalah jaringan terspesialisasi yang mencakup cairan kekuningan atau plasma darah yang didalamnya terkandung sel-sel darah. Sel-sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit) dan keping darah (trombosit).

a) Sel Darah Merah (Eritrosit)

Bentuk dari sel darah merah (eritrosit) berupa cakram kecil bikonkaf, cekung pada kedua sisinya sehingga dilihat dari samping nampak seperti dua buah bulan sabit yang saling bertolak belakang. Setiap milimeter kubik darah terdapat 5.000.000 sel darah. Sel darah merah jika dilihat satu persatu berwarna kuning tua pucat, tetapi dalam jumlah besar kelihatan merah dan memberi warna pada darah.

Sel darah merah berfungsi untuk mengikat oksigen dari paru-paru untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh dan mengikat karbondioksida dari jaringan tubuh untuk dikeluarkan melalui paru-paru.

b) Sel Darah Putih (Leukosit)

Leukosit berwarna bening atau tidak berwarna, bentuknya lebih besar dari sel darah merah, tetapi jumlahnya lebih kecil. Setiap milimeter kubik darah terdapat 6.000 – 10.000 (rata-rata 8.000) sel darah putih (Pearce, 2008).

Sel darah putih berfungsi sebagai serdadu tubuh yaitu membunuh dan memakan bibit penyakit atau bakteri yang masuk ke dalam jaringan RES (Sistem Retikuloendotelin). Tempat pembentukan sel darah putih ialah di dalam kelenjar limpa dan kelenjar limfe (Syarifuddin, 2006).

c) Trombosit (sel pembeku)

Merupakan sel kecil-kecil sepertiga dari ukuran sel darah merah. Setiap milimeter kubik darah terdapat 300.000 trombosit (Pearce, 2008). Trombosit berperan penting pembekuan darah (Syarifuddin, 2006).

2.3 Laju Endap Darah

Laju endap darah (LED) disebut juga *erythrocyte sedimentation rate* (ESR) atau *sedimentation rate (sed rate)* atau *bezinking-snelheid der erythrocyten* (BSE) adalah laju sel darah merah dalam darah yang telah diberi antikoagulan, dengan satuan millimeter per jam (mm/jam) (Kee, 2003).

Laju endap darah menggambarkan komposisi plasma serta perbandingannya antara eritrosit dan plasma. Laju endap darah dipengaruhi oleh berat sel darah dan luas permukaan sel serta gravitasi bumi. Semakin berat darah, semakin cepat laju endapnya dan semakin luas permukaan sel semakin lambat pengendapannya (Sutedjo, 2009).

LED pada umumnya digunakan untuk mendeteksi atau memantau adanya kerusakan jaringan, inflamasi dan menunjukkan adanya penyakit (bukan tingkat keparahan) baik akut maupun kronis, sehingga pemeriksaan LED bersifat tidak spesifik tetapi beberapa dokter masih menggunakan pemeriksaan LED untuk membuat perhitungan kasar mengenai proses penyakit sebagai pemeriksaan skrining (penyaring) dan memantau berbagai macam penyakit infeksi, autoimun, keganasan dan berbagai penyakit yang berdampak pada protein plasma (Nugraha, 2015).

2.3.1 Tahap-tahap pengendapan darah

Pengendapan eritrosit dalam penentuan LED berlangsung dalam 3 tahap yaitu:

1. Tahap pertama (pembentukan *roleaux*) yaitu penyusunan letak eritrosit (*rouleaux formation*) terjadi pada 15 menit pertama kecepatan sedimentasi masih lambat.
2. Tahap kedua (pengendapan cepat) yaitu tahap pengendapan eritrosit dengan kecepatan maksimal karena terjadi agregasi trombosit sehingga partikel-partikel eritrosit menjadi besar, berlangsung dalam kecepatan tetap selama 30 menit.
3. Tahap ketiga (pengendapan lambat atau pematatan) yaitu tahap pematatan eritrosit pada dasar tabung sehingga kecepatan pengendapan eritrosit mulai berkurang, berlangsung selama 15 menit.

2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi LED

Faktor – faktor yang mempengaruhi Laju Endap Darah menurut (Riswanto, 2013), yaitu:

1. Kemampuan eritrosit membentuk *rouleaux*

Rouleaux adalah gumpalan sel-sel darah merah yang disatukan bukan oleh antibodi atau ikatan kovalen, tetapi semata-mata oleh gaya tarik permukaan. Anisositosis (ukuran eritrosit bervariasi), pembentukan *rouleaux* terhambat, sehingga LED menurun.

2. Luas permukaan / ukuran eritrosit

Semakin luas permukaan eritrosit, LED semakin meningkat. Darah yang didominasi oleh mikrosit lebih lambat mengendap (LED rendah) dibandingkan normosit. Darah yang didominasi makrosit dan sferosit lebih cepat mengendap (LED meningkat) dibandingkan normosit.

3. Bentuk eritrosit

Sel sabit (*sickle cell*) gagal membentuk *rouleaux* sehingga LED-nya rendah.

4. Rasio eritrosit terhadap plasma

Anemia dapat meningkatkan LED. Polisitemia (jumlah eritrosit meningkat) akan menyebabkan LED rendah.

5. Konsentrasi makromolekul dalam plasma.

6. Peningkatan kadar globulin atau fibrinogen menyebabkan peningkatan pembentukan *rouleaux* sehingga pengendapan eritrosit juga lebih cepat (LED meningkat). Kadar kolesterol yang tinggi menyebabkan tarikan ke bawah atau gumpalan sel-sel darah merah sehingga pengendapan meningkat (LED

meningkat). Kadar fibrinogen rendah (misal pada bayi baru lahir), gula darah tinggi, albumin rendah dapat menyebabkan penurunan LED.

7. Viskositas (kekentalan) plasma

Viskositas plasma yang tinggi menetralkan tarikan ke bawah atau gumpalan sel-sel darah merah sehingga kecepatan pengendapan berkurang (LED rendah).

8. Kedudukan tabung

Peletakan tabung dalam posisi miring akan meningkatkan nilai LED. Tabung yang dimiring 3° akan mempercepat LED sebanyak 30% (Riswanto, 2013).

9. Variasi tabung

Nilai normal yang berbeda untuk beberapa metode disebabkan oleh variasi tabung. Pengendapan cepat terjadi pada tabung dengan ukuran besar. Ukuran diameter yang besar mengakibatkan kecepatan pengendapan eritrosit akan lebih cepat. Semakin tinggi kolom darah, semakin cepat fase pengendapan pertama akibat tertundanya pengisian sel-sel darah pada dasar tabung (Solichul Hadi, 2001).

10. Temperatur / Suhu

Suhu yang paling baik dalam pemeriksaan LED adalah 18°C - 27°C Pada suhu rendah viskositas meningkat dan LED menurun. Makin tinggi temperatur atau suhu ruang, maka laju endap darah makin meningkat (Gandasoebrata, 2013).

11. Faktor patologis

LED meningkat pada inflamasi akut, infeksi akut dan kronis, seperti TBC akut, penyakit hodgkins, kanker, *myeloma multiple*, dan anemia (Widodo, 2004).

2.3.3 Kesalahan Pemeriksaan LED

Kesalahan pada pemeriksaan LED menurut (Riswanto, 2013), yaitu:

1. Tahap Pra Analitik

a. Lama pembendungan

Menggunakan ikatan pembendung terlalu lama atau terlalu keras sehingga darah menjadi lebih kental.

b. Penggunaan antikoagulan

Ada 2 jenis antikoagulan EDTA yaitu EDTA konvensional dan EDTA *vacutainer*. Keduanya memiliki kandungan jenis garam yang berbeda. EDTA konvensional terbuat dari Na_2EDTA yang diencerkan dengan aquades. Sedangkan EDTA *vacutainer* mengandung jenis garam K_2EDTA . Takaran pemakaian antikoagulan EDTA yang ideal untuk 1 ml darah adalah sebanyak 1 mg. Pemakaian EDTA lebih dari 2 mg setiap ml darah mengakibatkan nilai LED menjadi lebih rendah.

c. Pipet westergren yang digunakan tidak bersih dan kering

1. Tahap Analitik

d. Letak posisi pipet

Pipet *westergren* harus diletakkan tegak lurus karena pipet yang diletakkan miring akan meningkatkan nilai LED.

- e. Pengisian tabung tidak tepat tanda 0 atau adanya gelembung udara yang akan mempengaruhi pembacaan.
- f. Adanya bekuan dapat mengakibatkan kesalahan hasil.
- g. Suhu
Semakin tinggi suhu yang digunakan dalam pemeriksaan akan meningkatkan nilai LED.
- h. Pembacaan lebih dari 1 jam akan menyebabkan nilai LED meningkat.

2. Tahap Pasca Analitik

Tahap Pasca Analitik dalam Sudiono (2005), yaitu:

- i. Kesalahan membaca hasil pemeriksaan.
- j. Kesalahan melaporkan hasil pemeriksaan.
- k. Kesalahan menuliskan hasil pemeriksaan.

2.3.4 Manfaat LED dalam Laboratorium Klinik

Laju Endap Darah memiliki 3 penggunaan utama yaitu:

- 1. Alat bantu untuk mendeteksi peradangan.
- 2. Pemantau aktivitas atau perjalanan penyakit.
- 3. Pemeriksaan penyaring (*screening*) untuk peradangan dan neoplasma yang tersembunyi (Riswanto, 2013).

2.3.5 Masalah klinis

- 1. Penurunan kadar LED: Polisitemia vera, anemia sel sabit, infeksi mononukleosis, defisiensi faktor V, artritis degeneratif, *angina pectoris*, gagal jantung kongestif (GJK).

2. Peningkatan kadar LED : Arthritis rematoid, demam reumatik, infark miokard akut, kanker (lambung, kolon, payudara, hepar dan ginjal), penyakit hodgkins, *mieloma multiple*, limfosarkoma, infeksi bakteri, *gout*, eritoblastosis fetalis, menstruasi, kehamilan trimester kedua dan ketiga, operasi, dan luka bakar (Sutedjo, 2012).

2.3.6 Metode Pemeriksaan

Prinsip pemeriksaan laju endap darah adalah darah terdiri dari sel- sel darah dan plasma yang mempunyai berat jenis yang berbeda yang diletakkan dalam tabung secara tegak lurus, karena pengaruh gaya berat, sel-sel darah akan mengendap, sehingga plasma darah akan memisah dan terletak di bagian atas dan sel darah di bagian bawah, di ukur tinggi kolom plasma. LED merupakan kecepatan pengendapan yang diketahui dengan mengukur jarak antara meniskus plasma dengan lapisan atas endapan eritrosit. Kecepatan pengendapan ini ditentukan oleh interaksi antara 2 gaya fisik yang berlawanan, yaitu tekanan ke bawah akibat gravitasi bumi dan tekanan ke atas akibat perpindahan plasma. Permukaan eritrosit mempunyai muatan negatif sehingga saling tolak menolak yang disebut *Zeta Potential* (Widodo, 2004).

Ada 3 metode pemeriksaan yaitu:

2.3.7 Wintrobe

Prinsip pemeriksaan *wintrobe* menggunakan darah EDTA yang dimasukkan kedalam tabung *wintrobe* dengan panjang 110 mm, dengan garis tengah bagian dalam 2,5 mm, dan memiliki skala 0-100 mm dalam posisi tegak lurus pada rak selama 1-2 jam.

Nilai normal: Pria : 0-10 mm/jam Wanita : 0-20 mm/jam

Kelebihan metode *wintrobe* :

1. Lapisan putih (*buffy coat*) terlihat jelas.
2. Intensitas warna plasma terang, sehingga mempermudah pemeriksaan.
3. Biaya lebih murah.

Kekurangann metode *wintrobe* :

1. Darah yang dipakai harus tercampur dengan benar (homogen).
2. Tidak boleh menggunakan darah tanpa anti koagulan.
3. Membutuhkan waktu yang lama untuk menegtahui hasil yaitu 1-2 jam.
4. Kemungkinan resiko terpajan pada petugas terhadap cemaran bahan infeksius lebih besar (Gandasoebrata, 2013).

2.3.8 *Westergren*

Prinsip pemeriksaan *westergren* mencampur darah EDTA dengan Na Citrat 3,8% dengan perbandingan 4:1 menggunakan tabung *westergren* dengan panjang 300 mm, dengan garis tengah bagian dalam 2,5 mm, dan memiliki skala 0-200 mm, dalam posisi tegak lurus pada rak *westergren* selama 1-2 jam.

Tabel 2.1 Nilai normal LED (Estridge BH, 2012).

Jenis Kelamin	Usia (tahun)	Niali LED (mm/jam)
Laki-laki	< 50	0-15
	> 50	0-20
Perempuan	< 50	0-20
	> 50	0-30
	Anak-Dewasa	0-13

Kelebihan metode *westergren* :

1. Metode ini memiliki skala tabung yang panjang sehingga memungkinkan untuk menghitung skala pembacaan yang lebih besar.
2. Lebih mudah untuk mengisikan darah ke dalam tabung karena mulut tabung yang lebar.
3. Bila dilakukan dengan benar, memungkinkan kita dalam melakukan evaluasi secara realistis pada kelainan-kelainan yang berat.
4. Biaya lebih murah.

Kekurangan metode *westergren* :

1. Pemasangan tabung yang tidak tegak lurus akan memberikan hasil yang berbeda.
2. Darah yang digunakan untuk pemeriksaan metode ini lebih banyak, sehingga dalam kasus tertentu tidak bisa dilakukan pemeriksaan LED.
3. Metode pemeriksaan *westergren* tidak bisa dilakukan untuk pembacaan hematokrit karena darah untuk pembacaan ini diencerkan.
4. Membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui hasil yaitu 1-2 jam.
5. Kemungkinan resiko terpajan pada petugas terhadap cemaran bahan infeksius lebih besar (Gandasoebrata, 2013).

2.3.9 Metode Otomatis

Salah satu alat yang digunakan untuk pemeriksaan LED secara otomatis adalah *Humased 20*, di puskesmas Kedungmundu menggunakan otomatis *ESR*. Alat ini untuk menentukan tingkat LED dengan menganalisa secara otomatis dalam waktu 30 menit. Komponen alat terdiri dari :

1. Tabung *ESR*

Tabung *ESR* adalah tabung yang didalamnya telah terisi Na Citrat 3,8 % sebanyak 0,5 ml dan mempunyai segel paten, merupakan tabung yang tidak hampa udara dengan kedua ujung yang tertutup dan salah satunya dapat dibuka. Tabung Humased panjangnya 115 mm dengan diameter 13 mm dan pada tabung bagian atas terdapat garis sebagai batas isi sampel. Isi tabung kurang lebih 2 ml.

ESR adalah penganalisa otomatis dengan akses acak untuk menentukan LED dan merupakan alat tertutup. Alat ini dikalibrasi atau diukur untuk pengoperasian dengan tabung-tabung Humased yang tidak hampa udara. Alat ini dapat menguji 5 sampel secara bersamaan. Masing-masing tabung dilengkapi dengan sensor infra merah dan sumber cahaya infra merah.

ESR tidak memerlukan tombol atau pengoperasian komputer dan hasil diperoleh setelah 30 menit. Hasil dapat diperlihatkan dalam kesetaraan *westergren* mm/jam yang nilainya menghubungkan 1 dan 2 jam manual.

Alat *ESR* dapat menghemat waktu 5 kali lebih cepat dari pada LED manual. Humased hasilnya akurat dan secara sempurna berhubungan dengan metode referensi *westergren*.

Prinsip pemeriksaan *ESR* yaitu penurunan eritrosit dari sampel darah dengan antikoagulan yang telah diendapkan kemudian dibaca oleh detektor berupa cahaya yang terletak didalam mekanikal sensor untuk mengetahui batas plasma dengan sel darah yang kemudian oleh *reader* diterjemahkan menjadi heksadesimal format yang kemudian keluar pada *print out* sebagai hasil.

Cara kerja *ESR* ketika instrumen diaktifkan dengan menekan tombol ON yang berada di sisi belakang instrumen maka layar LCD akan menyala. Setelah layar LCD menyala tekan tombol *service* dan selanjutnya menekan tombol *setting-time* untuk mengatur waktu pemeriksaan. Kemudian nomor sampel diinput dengan cara menekan tombol *number* dan menginput *nomor hole* yang dipakai sebagai nomor sampel dan selanjutnya tabung sampel dimasukkan sesuai *nomor hole* yang telah diinput. Setelah 30 menit hasil akan tercetak secara otomatis oleh *printer* internal instrumen.

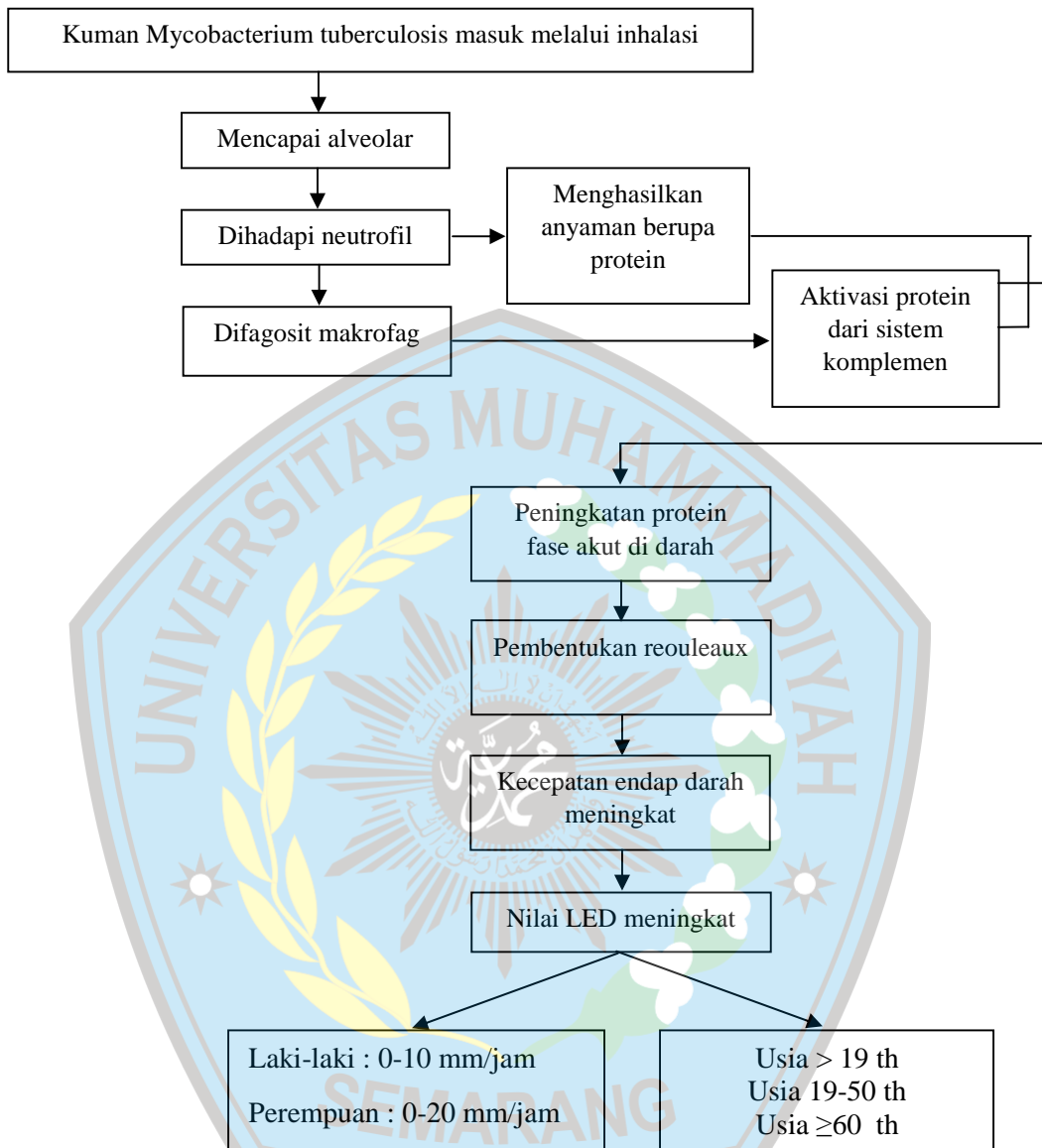
Kelebihan metode otomatis dengan *ESR* :

1. Prosedur kerjanya lebih praktis.
2. Tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui hasil yaitu 30 menit.
3. Kemungkinan resiko terpajan pada petugas terhadap bahan infeksius lebih kecil.

Kekurangan metode otomatis dengan *ESR* :

1. Penggunaan sampel darah lebih banyak yaitu 3 ml.
2. Biaya lebih mahal
3. Harga alat mahal
4. *Maintenance* dan servis alat rumit
5. Sering terjadi kesalahan pembacaan bila optik kotor/ *expired* (User's Manual, 2008).

2.4 Kerangka Teori



Gambar 2.4 Kerangka Teori