

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tuberkulosis

1. Definisi Tuberkulosis

Tuberkulosis adalah penyakit yang diderita manusia sama tuanya dengan sejarah manusia. Penemuan lesi pada tulang belakang mummy yang sesuai dengan tuberkulosis paru ditemukan di *Haidelberg*, diduga berasal dari tahun 5000 SM (Masriadi, 2017). Penyakit tuberkulosis adalah suatu penyakit infeksi kronik yang menyerang hampir semua organ tubuh manusia dan yang terbanyak adalah paru-paru. Penyakit ini banyak ditemukan di daerah urban pada tempat tinggal/lingkungan yang padat penduduknya (Bahar dkk, 2014).

Peningkatan kasus tuberkulosis secara global telah banyak menginfeksi penduduk di berbagai negara. Berdasarkan data Global Tuberculosis Report (2019) menyatakan bahwa kasus tuberkulosis terdapat di wilayah Asia Tenggara (44%), Afrika (24%), dan Pasifik Barat (18%) dengan bagian kecil di wilayah Timur Mediterania (8%), Amerika (3%), dan Eropa (3%). Prevalensi di Indonesia juga sangat tinggi, dimana kasus tuberkulosis di Indonesia termasuk dalam negara penyumbang kasus tuberkulosis terbanyak ketiga sebesar 8% dari total keseluruhan kasus di dunia, negara India (27%) dan China (9%) (WHO, 2019).

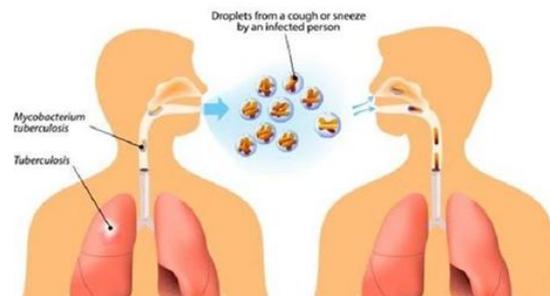
2. Epideomiologi

Angka kesakitan dan kematian akibat penyakit tuberkulosis di Negara industri menunjukkan adanya penurunan, tetapi grafik menetap dan meningkat di daerah pada tahun 1980-an dengan prevalensi HIV yang tinggi. *Morbidity* tinggi biasanya terdapat pada kelompok masyarakat dengan sosial ekonomi rendah dan lebih tinggi pada daerah perkotaan daripada pedesaan.

WHO melaporkan bahwa India merupakan negara dengan kasus tuberkulosis paru terbanyak di dunia yakni 2,3 juta kasus, diikuti Cina sebanyak 1 juta kasus, kemudian Afrika Selatan dengan 490.000 kasus, disusul Indonesia dan Pakistan di urutan 4 dan 5 dengan masing-masing 450.000 dan 400.000 kasus (Masriadi, 2017).

3. Etiologi

Tuberkulosis adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh kuman dari kelompok *Mycobacterium* atau *Mycobacterium Tuberculosis*. Terdapat beberapa spesies *Mycobacterium*, antara lain: *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium Africanum*, *Mycobacterium Bovis*, *Mycobacterium Leprae*, yang juga dikenal sebagai bakteri tahan asam (BTA).



Gambar 1. Tuberkulosis Paru
Sumber: (Hospital, 2020).

Mycobacterium Tuberculosis termasuk bakteri Aerob yang sering menginfeksi jaringan yang memiliki oksigen tinggi. *Mycobacterium Tuberculosis* merupakan batang tahan asam gram positif, serta dapat diidentifikasi dengan pewarnaan asam yang secara mikroskopis disebut basil tahan asam (BTA) dinding sel M. Tuberculosis kaya lipid dan lapisan tebal peptidoglikan yang mengandung asam peptidoglikan yang mengandung asam mikolik yang menyebabkan pertumbuhan *Mycobacterium Tuberculosis* menjadi lambat.

Secara umum sifat kuman tuberkulosis paru antara lain adalah sebagai berikut:

1. Berbentuk panjang dengan panjang 1-10 mikron, 0,2-0,6 mikron.
2. Bersifat tahan asam dalam pewarnaan dengan metode Zield Neelsen.
3. Memerlukan biakan khusus untuk biakan, antara lain *Loweinstein Jensen Ogawa*.
4. Kuman nampak berbentuk batang berwarna merah dalam pemeriksaan dibawah mikroskop.
5. Tahan terhadap suhu rendah sehingga dapat bertahan hidup dalam angka waktu lama pada suhu antara c sampai minus c.
6. Kuman sangat peka terhadap panas, sinar matahari dan sinar *Ultraviolet* (Bahar, dkk, 2014). Pada pembedahan berbentuk kokoid, berfilamen, tidak berspora dan tidak bersimpai. Kuman ini tahan terhadap asam; etil alkohol 95% mengandung 3% asam hidroklorat (asam penghubung alkohol) dengan cepat dapat menghilangkan warna semua bakteri kecuali *Mycobacterium Tuberculosis* (Bantuan, 2014).

4. Patogenesis

Patogenesis terjadinya infeksi tuberkulosis dimulai dari masuknya *Mycobacterium tuberculosis* yang terdapat dalam percik renik, karena ukurannya sangat kecil ($<5 \mu\text{m}$) maka bakteri tersebut dapat mencapai alveolus. Selanjutnya terjadi proses fagositosis oleh makrofag, sebagian bakteri akan mati sedangkan sebagian lagi akan terus berkembang biak dalam makrofag dan akhirnya menyebabkan lisis makrofag. Setelah itu *mycobacterium tuberculosis* membentuk lesi disebut fokus primer atau Ghon. Dari fokus primer, *mycobacterium tuberculosis* menyebar melalui saluran limfe menuju kelenjar limfe regional. Penyebaran ini menyebabkan terjadinya inflamasi pada saluran limfe (limfangitis), dan di kelenjar limfe (limfadenitis). Gabungan antara fokus primer, limfangitis, dan limfadenitis dinamakan kompleks primer. Pada saat terbentuknya kompleks primer akan terbentuk imunitas seluler dan dinyatakan infeksi primer telah terjadi.

Selama masa inkubasi, sebelum terbentuk imunitas seluler, dapat terjadi penyebaran limfogen dan hematogen. Penyebaran hematogen yang paling sering terjadi adalah penyebaran hematogenik tersamar (*occult hematogenic spread*). Melalui cara ini, kuman tuberkulosis menyebar secara sporadik dan sedikit demi sedikit sehingga tidak menimbulkan gejala klinis. Kuman tuberkulosis kemudian bersarang pada berbagai organ tubuh dengan vaskularisasi baik, paling sering di apeks paru, limpa, dan kelenjar limfe superfisialis. Selain itu, dapat juga bersarang di organ lain seperti otak, hati, tulang, ginjal dan lain-lain. Pada umumnya, kuman disarang tersebut tetap hidup, tetapi tidak aktif (tenang). Sarang di apeks paru disebut dengan fokus simon, yang kemudian hari dapat mengalami reaktivasi dan terjadi tuberkulosis apeks paru saat dewasa (Finnell, 2019).

Secara imunopatogenesis, setelah terinhalasi di paru, kuman TB mempunyai beberapa kemungkinan. Kemungkinan pertama, respon imun awal penjamu secara efektif membunuh semua kuman TB, sehingga TB tidak terjadi. Kedua segera setelah infeksi terjadi multiplikasi, pertumbuhan kuman tuberkulosis dan muncul manifestasi klinis, yang dikenal sebagai tuberkulosis primer. Ketiga, kuman tuberkulosis dalam keadaan dorman, terjadi infeksi laten dengan uji tuberkulin positif sebagai satu-satunya manifestasi. Keempat, kuman tuberkulosis kerangkalaten tumbuh dan muncul manifestasi klinis, disebut sebagai reaktivasi TB (TB *pasca primer*) (Bozzano & Marras, 2014).

5. Mekanisme Pembentukan Antibodi Pada Infeksi Tuberkulosis

Penyebaran bakteri tuberkulosis melalui tuberkulosis tranmisi droplet dari percikkan air ludah baik dihasilkan dari batuk ataupun bersin oleh orang yang terinfeksi akan mengeluarkan percikan droplet kemudian di hirup oleh orang sehat. Jadi secara tidak langsung di transmisi dari bakteri tuberkulosis (*mycobacterium tuberkulosis*) adalah melalui inhalasi atau hirupan melalui saluran nafas. Sehingga imun pertama kali bekerja yaitu *innate imunity* yaitu pada bagian saluran nafas karena melalui saluran pernapasan. Mekanisme sistem imunitas dalam tubuh yaitu pertama

diperankan oleh sistem imun mukosa atau sebagai sistem pertahanan imun barrier (utama). Setelah mikroorganisme masuk maka akan bertemu MALT (*Mucosa Associated Lymphoid Tissue*). Ada beberapa macam MALT salah satunya sel goblet (musin). Sel goblet merupakan sel yang memberikan perlindungan pada saluran pernapasan sehingga dapat mengganggu bakteri tuberkulosis (*mycobacterium tuberculosis*). Namun MALT ada juga di NALT (*Nasal Associated Lymphoid Tissue*), LALT (*Larynx Associated Lymphoid Tissue*), BALT (*Bronchus Associated Lymphoid Tissue*) sehingga akan menghasilkan reaksi imunitas. Salah satu reaksi imunitas yang dihasilkan adalah sekresi imunoglobulin A (sIgA). IgA yang merupakan imunitas lokal yang dihasilkan oleh sel M (mukosa) untuk menetralkan antibodi sehingga terjadi respon imun seperti batuk ataupun bersin (Tandjungbulu, 2021).

6. Tuberkulosis Pada Anak Dan Dewasa

Faktor resiko infeksi tuberkulosis yang pertama adalah usia. Anak berusia ≤ 5 tahun lebih besar berisiko mengalami infeksi sehingga menjadi sakit tuberkulosis karena imunitas selulernya belum berkembang sempurna (*imatur*). Dengan bertambahnya usia, resiko sakit tuberkulosis ini akan berkurang secara bertahap. Sedangkan pada anak yang berusia dibawah umur 5 tahun berisiko lebih tinggi mengalami tuberkulosis diseminate (seperti TB *miller* dan meningitis TB), dengan angka morbiditas dan mortalitas yang tinggi, mayoritas anak tertular tuberkulosis dari pasien tuberkulosis dewasa, sehingga dalam penanggulangan tuberkulosis anak, penting untuk mengerti gambaran epidemiologi tuberkulosis pada orang dewasa. Infeksi tuberkulosis anak dan pasien tuberkulosis anak terjadi akibat kontak dengan orang dewasa sakit tuberkulosis aktif. Diagnosis tuberkulosis pada dewasa mudah ditegakkan dari pemeriksaan sputum yang positif. Sulitnya konfirmasi diagnosis pada anak mengakibatkan penanganan tuberkulosis anak terabaikan.

7. Tanda – tanda dan Gejala Tuberkulosis Paru

Tanda dan gejala awal penyakit tuberkulosis paru seperti demam 40 – 40 derajat celcius, serta ada bakti/dahak darah, sesak nafas dan nyeri dada, malaise, keringat malam, suara khas pada perkusi dada, bunyi dada, peringatan sel darah putih dengan dominiasi limfosit (Nanda, 2015).

Keluhan yang dirasakan pasien tuberkulosis dapat bermacam-macam atau mulai banyak pasien ditemukan tuberkulosis paru tanpa keluhan sama sekali dalam pemeriksaan kesehatan. Keluhan yang terbanyak adalah:

1. Demam. Biasanya *Subfebril* menyerupai demam influenza. Tetapi kadang panas mencapai 40-41 derajat. Serangan demam pertama dapat sembuh sebentar kemudian dapat timbul kembali.
2. Batuk/batuk darah. Batuk terjadi karena adanya iritasi pada bronkus. Batuk ini diperlukan untuk membuang produk-produk radang keluar.
3. Sesak nafas. Pada penyakit yang ringan belum dirasakan sesak nafas. Sesak nafas akan ditemukan pada penyakit yang sudah lanjut yang infiltrasinya sudah meliputi setengah bagian paru-paru.
4. Nyeri dada. Nyeri dada timbul apabila infiltrasi radang sudah sampai ke pleura sehingga menimbulkan pleuritis.
5. Malaise. Gejala malaise sering ditemukan berupa *Anoreksia* tidak ada nafsu makan, badan makin kurus, sakit kepala, meriang, nyeri otot dan keringat malam (Bahar dkk, 2014).

8. Pemeriksaan Tuberkulosis Paru

1. Skrining

Skrining adalah suatu kegiatan untuk mengidentifikasi dan memisahkan orang yang tampak sakit, tetapi kemungkinan berisiko yang terkena penyakit dari mereka yang mungkin tidak terkena penyakit. Selain itu, skrining juga disebut penyaringan penyakit yaitu salah satu metode dalam epidemiologi untuk menemukan penyakit secara aktif pada orang-orang tanpa gejala (*Asimtomatis*) dan nampak sehat (Mardiah, 2019).

Pada tahapan skrining salah satu metode yang paling efektif digunakan yaitu metode imunokromatografi yang dapat mengdiagnosis tuberkulosis dengan cepat, sederhana, dan berguna, serta memiliki tingkat validitas yang tinggi (Gustiani dkk, 2014).

2. Penegakan Diagnosis

Penegakan diagnosis pada tuberkulosis paru ada 2 metode, yaitu:

a. Perwarnaan BTA metode *Ziehl-Neelsen*

Mycobacteria, nocardia dan rodococcus merupakan kuman tahan asam. Derajat ketahanannya tertinggi pada *mycobacteria*. Dengan demikian pewarnaan BTA dengan cara *ziehl-neelsen* ataupun auramin juga mendeteksi spesies *mycobacteria* lain. Namun karena prevelensi infeksi oleh *mycobacteria* yang bukan *mycobacterium tuberculosis* (MOTT/NTM) saat ini sangat rendah, maka hasil positif mengarah pada *mycobacterium tuberculosis*. Yang perlu diwaspadai adalah BTA lingkungan yang banyak mencemari air.

Kelebihan : Murah dan mudah dilakukan

Kekurangan: Pewarnaan *ziehl-nelsen* mendeteksi spesies *mycobacteria* (Kemenkes RI, 2017).

b. Kultur dengan metode *mycobacteria growth indicator tube* (MGIT)

Suatu senyawa fluoresensi dalam silikon di dasar tabung dengan ukuran 16 x 100 mm. Senyawa yang berfluoresensi tersebut sensitif dengan adanya oksigen yang terlarut dengan *broth*. Pada mulanya, sejumlah besar oksigen yang terlarut memadamkan, emisi dari senyawa, sehingga hanya sedikit senyawa yang berfluoresensi bisa dideteksi. Kemudian, mikroorganisme yang secara aktif bernafas akan memakai oksigen tersebut dan fluoresensi dapat diamati dengan memakai lampu UV gelombang panjang (lampu *woos*) atau *transilluminaor* UV 365 nm.

Pertumbuhan juga dapat dideteksi dengan melihat adanya kekeruhan tidak homogen atau butiran-butiran kecil atau lempengan

didalam medium kultur. Komponen medium adalah senyawa-senyawa sangat penting untuk pertumbuhan *mycobacteria* yang cepat.

Kekurangan: Bakteri *mycobacterium* yang ingin di tanam di media cair adalah bakteri hidup dan jika hasilnya positif maka waktu penanamannya yaitu 4-7 hari (Kemenkes, 2017).

3. Monitoring

Pada tahap monitoring tuberkulosis menggunakan pemeriksaan TCM (Tes Cepat Molekuler) dengan GeneXpert. pemeriksaan TCM dengan GeneXpert merupakan satu-satunya pemeriksaan molekuler yang mencakup seluruh elemen reaksi yang diperlukan termasuk seluruh reagen yang diperlukan untuk proses PCR (Polymerase Chain Reaction) dalam satu cartridge. Pemeriksaan GeneXpert mampu mendeteksi DNA MTB kompleks secara kualitatif dari spesimen langsung, baik dari dahak maupun non dahak. Selain mendeteksi MTB kompleks, pemeriksaan GeneXpert juga mendeteksi mutasi pada gen *rpoB* yang menyebabkan resistensi terhadap rifampisin. Pemeriksaan GeneXpert dapat mendiagnosa TB dan resistensi terhadap rifampisin secara cepat dan akurat, namun tidak dapat digunakan sebagai pemeriksaan lanjutan (*monitoring*) pada pasien (Kemenkes RI, 2017).

Kelebihan TCM:

- a. Sensitivitas tinggi.
- b. Hasil pemeriksaan dapat diketahui dalam waktu kurang lebih 2 jam.
- c. Dapat digunakan untuk mengetahui hasil resistensi terhadap Rifampisin.
- d. Tingkat *biosafety* rendah.

Kekurangan TCM:

- a. Pemeriksaan TCM dengan Xpert MTB/RIF tidak ditunjukkan untuk menentukan keberhasilan atau pemantauan pengobatan.
- b. Hasil negatif tidak menyingkirkan kemungkinan TB. Pemeriksaan tersebut harus dilakukan sejalan dengan pemeriksaan biakkan MTB

untuk menghindari resiko hasil negatif palsu dan untuk mendapatkan isolat MTB sebagai bahan identifikasi dan uji kepekaan (Kemenkes RI, 2017).

9. Cara Menghindari Penularan

Menghindari penularan TB paru dapat dilakukan dengan cara:

1. Minum obat sesuai program yang sudah ditentukan.
2. Melakukan pemeriksaan/kontrol rutin.
3. Selalu menutup mulut dengan tisu bila batuk dan bersin, setelah itu masukkan tisu ke dalam plastik lalu dibuang.
4. Cuci tangan sesudah batuk dan bersin.
5. Tidak mengunjungi anggota keluarga atau mengundang anggota keluarga mengunjungi penderita TB.
6. Istirahat total.
7. Menggunakan jendela atau ventilasi agar sinar matahari masuk ke dalam ruangan.
8. Tidak menggunakan fasilitas transportasi umum (Rantini M, 2016).

10. Pengobatan

Pengobatan bertujuan untuk menyembuhkan, memperbaiki kualitas hidup, meningkatkan produktivitas, mencegah kematian, mencegah kekambuhan, memutus rantai penularan, dan mencegah terjadinya resisten kuman terhadap obat anti tuberkulosis.

Prinsip pengobatan tuberkulosis paru sesuai dengan pedoman nasional penanggulangan tuberkulosis Depkes RI (2016) adalah sebagai berikut:

1. Obat Anti Tuberkulosis (OAT) harus diberikan dalam bentuk kombinasi beberapa jenis obat, dalam jumlah cukup dan dosis yang tepat sesuai dengan kategori pengobatan.
2. Untuk menjamin kepatuhan menelan obat, dilakukan pengawasan langsung melalui *Directly Observed Treatment Shortcourse Chemotherapy* (DOTS) oleh Pengawas Minum Obat (PMO).

Pengobatan TB diberikan dalam 2 tahap awal yaitu tahap awal dan lanjutan.

a. Tahap Awal

Pada tahap awal, klien mendapat obat setiap hari dan perlu diawasi langsung untuk mencegah resistensi obat. Apabila pengobatan diberikan secara tepat, biasanya klien menular (BTA Positif) dapat menjadi tidak menular (BTA Negatif) dalam kurun waktu 2 bulan.

b. Tahap Lanjutan

Pada tahap lanjutan, klien mendapat jenis obat lebih sedikit dalam jangka waktu yang lebih lama. Tahap ini diperlukan dengan tujuan untuk membunuh kuman persister (*dormant*) sehingga mencegah terjadinya kekambuhan.

Program nasional pemberantasan TB di Indonesia sudah dilaksanakan sejak tahun 1950-an. Ada 6 macam obat esensial yang telah dipakai sbb: *Isoniazid* (H), *para Amini Salisilik Asid* (PAS), *Streptomisin* (S), *Etambutol* (E), *Rifampisin* (R), dan *pirazinamid* (P) (Widyanto, 2013).

b. Tinjauan Umum Tentang Antibodi

1. Definisi Antibodi

Antibodi merupakan campuran protein didalam darah dan disekresi mukosa menghasilkan sistem imun bertujuan untuk melawan antigen asing yang masuk kedalam sirkulasi darah. Antibodi dibentuk oleh sel darah putih yang disebut limfosit B. Antibodi dibedakan menjadi lima kelas, yaitu: IgM, IgG, IgA, IgE, IgD (Kholifah dkk, 2015).

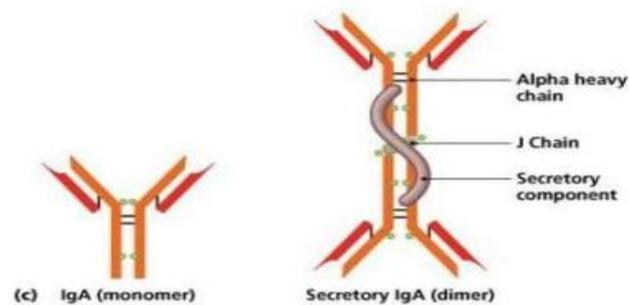
2. Macam-macam Antibodi

A. Imonoglobulin A (IgA)

IgA dengan berat molekul 165.000 dalton ditemukan dalam serum dengan jumlah sedikit, tetapi kadarnya dalam cairan sekresi saluran

nafas, saluran cerna, saluran kemih, air mata, keringat, ludah dan ASI lebih tinggi dalam bentuk IgA *sekretori*.

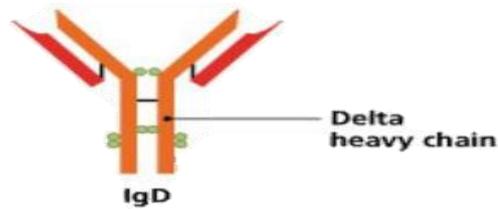
Waktu paruh IgA adalah 6 hari dan yang aktif adalah bentuk dimer (yy), Sedangkan yang monomer (y) tidak aktif. Jaringan-jaringan sekresi bentuk-bentuk dimer adalah sel epitel yang bertindak sebagai reseptor IgA, yang kemudian sel tersebut bersama IgA masuk ke dalam *lumen* (Darmono, 2016).



Gambar 2. Immunoglobulin A (IgA)
Sumber:(Baratawidjaja dkk, 2022).

B. Immunoglobulin D (IgD)

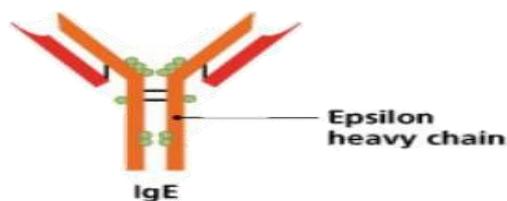
Dalam serum IgD ditemukan dalam kadar yang sangat rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh karena IgD tidak dilepas plasma dan rentan terhadap degradasi oleh proses *proteolitik*. IgD merupakan komponen permukaan utama sel B dan petanda dari *diferensiasi* sel B yang matang. IgD merupakan 1% dari total *immunoglobulin* dan ditemukan banyak pada membran sel B berasa IgD yang dapat berfungsi sebagai reseptor antigen pada aktivasi sel. IgD tidak mengikat komplemen, mempunyai aktifitas antibodi terhadap antigen berbagai makanan dan *autoantigen* seperti komponen nukleus. IgD juga diduga dapat mencegah terjadinya toleransi imun bila sel dihadapkan pada antigen, tetapi belum jelas mekanismenya (Garna, 2013).



Gambar 3. Immunoglobulin D (IgD)
Sumber:(Baratawidjaja dkk, 2022).

C. Immunoglobulin E (IgE)

Dalam serum IgE ditemukan dalam kadar rendah yang meningkat pada penyakit alergi seperti asma, rinitis alergi, dan *dermatitis atopi*. IgE mempunyai berat molekul 200.000 dalton. Sampai sekarang belum ditemukan sub kelas IgE. IgE disebut pula reagin dan merupakan IgE dengan jumlah paling sedikit dalam serum tetapi efeknya sangat efisien. Kadar IgE tinggi pada reaksi alergi, infeksi cacing, *skistosomiasis*, dan diduga berperan pada imunitas parasit (Garna, 2013).



Gambar 4. Immunoglobulin E (IgE)
Sumber:(Baratawidjaja dkk, 2020).

D. Immunoglobulin G (IgG)

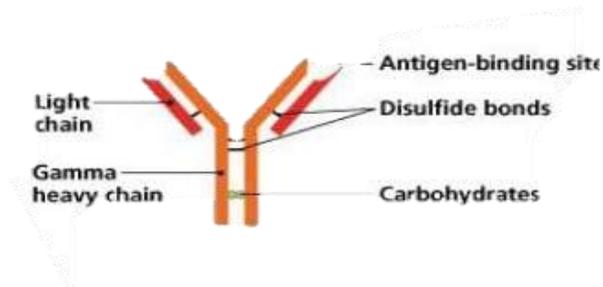
IgG merupakan komponen utama *imunoglobulin* serum yaitu 75% dari seluruh imunoglobulin serum. Berat molekulnya 160.000 dalton dan kadarnya dalam serum sekitar 13 mg/ml. IgG merupakan

immunoglobulin yang paling banyak ditemukan di dalam plasma dan cairan ekstraseluler.

- a. IgG dapat menembus plasenta masuk ke janin dan berperan pada imunitas bayi sampai umur 6-9 bulan.
- b. IgG dan komplemen bekerja saling membantu sebagai *opsonin* memudahkan (*fagositosis*) pada pemusnahan antigen.
- c. IgG juga berperan pada imunitas selular karena dapat merusak antigen sel melalui interaksi dengan sistem komplemen atau melalui efek sitolitik sel NK, eosinofil, netrofil. Kadar IgG meninggi pada infeksi kronis dan penyakit autoimun (Garna, 2013).

Dikenal 4 macam subklas yaitu IgG1, IgG2, IgG3 dan IgG 4 dan perbedaan dari keempatnya adalah terletak pada rantai H yang masing-masing dikenal 1, 2, 3, 4 dan perbedaan ini berkaitan dengan beberapa fungsi biologis (Garna, 2013).

Struktur dan fungsi IgG dapat dipecah oleh enzim pepsin dan papain menjadi beberapa fragmen yang mempunyai sifat biologi yang khas. Perlakuan dengan pepsin dapat memisahkan Fab2 dari daerah persambungan hinge (*engsel*). Karena Fab2 merupakan molekul bivalen, ia dapat mempresipitasi antigen. Enzim papain dapat memutus daerah hingga diantara CH1 dan CH2 untuk membentuk dua fragmen yang identik dan dapat bertahan dengan reaksi antigen-antibodi dan juga non antigen-antibodi fragmen yaitu daerah *fragmen crystalizable* (Fc). Bagian Fc ini adalah glikosilat yang mempunyai banyak fungsi efektor (yaitu: binding komplemen, binding dengan sel reseptor pada makrofag dan monosit dan sebagainya) dan dapat digunakan untuk membedakan satu kelas antibodi dengan antibodi lainnya (Darmono, 2016).

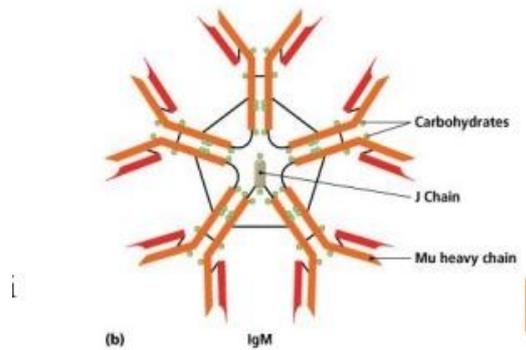


Gambar 5. Immunoglobulin G (IgG)
Sumber: (Baratawidjaja dkk, 2022).

E. Immunoglobulin M (IgM)

IgM ditemukan pada permukaan sel B yang matang dan mempunyai waktu paruh biologi 10 hari. Immunoglobulin ini hanya dibentuk oleh fetus. Peningkatan jumlah IgM mencerminkan adanya infeksi baru atau adanya antigen (*imunisasi/vaksinasi*). IgM merupakan *aglutinin* yang efisien dan merupakan *isohemaglutinin* alamiah. IgM sangat efisien dalam mengaktifkan komplemen (Darmono, 2016).

IgM mempunyai struktur pentamer dan merupakan *immunoglobulin* terbesar. IgM merupakan paling aktif dalam aktivasi komplemen jalur klasik. 50 Molekul IgM diikat oleh rantai J. Kebanyakan sel B mengandung IgM pada permukaan sebagai reseptor antigen. IgM dibentuk terlebih dahulu pada respon imun primer terhadap kebanyakan antigen. Kebanyakan antibodi alamiah seperti *isoaglutinin*, golongan darah AB, antibodi *heterofil* adalah IgM. IgM dapat mencegah gerakan mikroorganisme patogen, memudahkan *fagositosis* dan merupakan *aglutinator poten* antigen (Garna, 2013).



Gambar 6. Immunoglobulin M (IgM)
Sumber: (Baratawidjaja dkk, 2022).

C. Tinjauan Umum Tentang Metode Immunokromatografi

1. Pengertian Immunokromatografi

Secara umum, imunokromatografi disusun oleh beberapa komponen yaitu, membran nitroselulosa sebagai membran kapiler, antibodi atau antigen spesifik yang difiksasi pada garis (*control*), antibodi yang dilabel dengan pewarna (Jayalie dkk, 2015). Immunokromatografi mempunyai dua jenis prinsip yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

1. Reaksi Langsung (*Double Antibody sandwich*)

Metode ini biasanya dipakai untuk mengukur susbtrat yang besar dan memiliki lebih dari satu epitop (Moamly, 2014). Bila sampel ditambahkan pada bantalan sampel, maka sampel tersebut secara cepat akan membasahi dan melewati bantalan konjugat serta melarutkan konjugat. Pada saat tersebut terjadi reaksi antara antigen dengan antibodi konjugat. Selanjutnya kompleks antigen-antibodi tersebut akan bergerak mengikuti aliran dari sampel sepanjang strip membran, sampai mencapai daerah tes. Pada daerah ini, kompleks antigen-antibodi akan terikat dengan antibodi penangkap dan akan membentuk garis berwarna. Kompleks antigen-antibodi yang berlebihan dan tidak terikat pada daerah tes akan terus bergerak sampai mencapai daerah kontrol. Pada daerah ini kompleks antigen-

antibodi atau antibodi konjugat akan terikat dengan antibodi poliklonal dan membentuk garis berwarna.

2. Reaksi Kompetitif (*Competitive Inhibition*)

Sering dipakai untuk melacak molekul kecil dengan epitop tunggal yang tak dapat mengikat dua antibodi sekaligus (Moamly, 2014). Reagen deteksi yang digunakan adalah analit yang terikat pada koloid emas atau mikro partikel berwarna. Apabila sampel dan reagen melewati daerah dimana reagen penangkap di mobilisasi, sebagian dari substrat dan reagen pendeteksi akan terikat pada daerah tes. Makin banyak substrat yang terdapat di dalam sampel, makin efektif daya kompetisinya dengan reagen pendeteksi. Interpretasi hasil pemeriksaan menggunakan imunokromatografi tergolong mudah. Hasil pemeriksaan dinyatakan positif jika terbentuk dua garis berwarna, yaitu pada daerah tes dan daerah kontrol. Hasil dinyatakan negatif jika hanya ada satu garis berwarna yang terbentuk, yaitu pada daerah kontrol. Garis pada daerah kontrol harus selalu terbentuk untuk menunjukkan bahwa proses pemeriksaan berjalan dengan baik. Jika garis kontrol tidak terbentuk maka proses pemeriksaan harus diulang kembali menggunakan imunokromatografi yang baru.

2. Imunokromatografi Tuberkulosis Paru

Imunokromatografi adalah metode deteksi antigen atau antibodi spesifik pada sampel yang memanfaatkan prinsip reaksi imunologis, yaitu adanya ikatan antigen-antibodi. prinsip ini sama seperti ELISA *sandwich*, hanya saja reaksi imunologis terjadi sepanjang membran kapiler dengan bergantung pada migrasi mikro atau nano partikel sepanjang membran kapiler sehingga dapat diaplikasikan dalam bentuk *strip test*. Metode ini pertama kali digunakan untuk mendeteksi Hcg (*Human Chorionic Gonadotropin*) pada orang hamil, kemudian dikembangkan untuk mendeteksi adanya antigen spesifik, dan sekarang juga digunakan mendeteksi adanya antibodi spesifik (Jayalie dkk, 2015).

