

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Spermatozoa

1. Pengertian

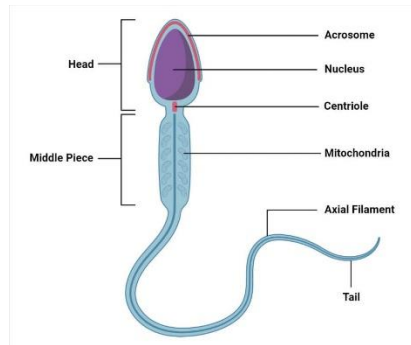
Spermatozoa merupakan sel sperma pria yang berperan dalam proses fertilisasi. Berbeda dengan sebagian besar sel pada organisme multiseluler, sel sperma terdiri dari kepala dan ekor yang memungkinkannya untuk bergerak bebas. Pada bagian kepala, sel sperma mengandung sedikit sitoplasma dan kaya akan kromosom. Seperti sel kelamin lainnya, sel sperma bersifat haploid dan membawa setengah dari jumlah kromosom (Krisna, 2018).

2. Struktur spermatozoa

Spermatozoa terdiri dari dua bagian fungsional utama, yaitu kepala dan ekor. Kepala spermatozoa berbentuk bulat telur dengan panjang sekitar 5 mikron, diameter 3 mikron, dan ketebalan 2 mikron. Bagian ini tersusun atas nukleus yang membawa informasi genetik dalam bentuk molekul DNA. Pada bagian anterior kepala terdapat akrosom, yaitu struktur berbentuk topi yang menutupi dua pertiga bagian depan kepala yang berisi sejumlah enzim hidrolitik. Enzim-enzim tersebut meliputi hialuronidase, akrosin, dan *Corona Penetrating Enzyme* (CPE), yang berperan penting dalam proses penetrasi ovum selama fertilisasi.

Ekor spermatozoa terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian tengah (*midpiece*), bagian utama (*principle piece*), dan bagian ujung (*endpiece*). Panjang total ekor sekitar 55 mikron, dengan diameter yang semakin mengecil ke arah ujung dengan bagian depan 1 mikron dan bagian ujung 0,1 mikron. Panjang bagian tengah adalah 5-7 mikron dengan ketebalan 0,5 mikron, sedangkan bagian ujung memiliki

panjang 4-5 mikron dengan ketebalan 0,3 mikron. Bagian-bagian ekor ini tidak dapat dibedakan dengan mikroskop cahaya, melainkan hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron (Syauqi, 2014).



Gambar 1 Struktur Spermatozoa (sumber: Microbenotes.com)

3. Proses spermatogenesis

Spermatogenesis merupakan proses pembentukan gamet pria berupa sperma yang berlangsung di dalam testis, tepatnya di tubulus seminiferus. Proses ini dimulai saat pubertas, ketika hormon gonadotropin mulai diproduksi secara maksimal untuk merangsang pembentukan spermatozoa.

Pada saat janin, sel germinal primordial akan bermigrasi ke rigi urogenital yang kemudian mengalami fase istirahat hingga pubertas. Saat lumen tubulus seminiferus terbentuk sempurna, sel-sel tersebut mulai terdiferensiasi menjadi spermatogonia tipe A dan B. Spermatogonia tipe A mengalami pembelahan mitosis dan membentuk spermatogonia tipe B, yang kemudian bergerak ke lumen dan berkembang menjadi spermatosit primer.

Selanjutnya spermatosit primer membelah secara meiosis I membentuk spermatosit sekunder, di mana pada tahap profase I memakan waktu sekitar 22 hari, sedangkan tahap selanjutnya berlangsung cepat. Spermatosit sekunder kemudian melanjutkan pembelahan meiosis II menjadi spermatid yang memiliki kromosom

haploid. Spermatid ini kemudian terdiferensiasi menjadi spermatozoa. Dalam satu siklus spermatogenesis, satu spermatosit primer dapat menghasilkan empat spermatozoa yang bersifat haploid (n). Proses ini berlangsung sekitar 64 hari di dalam testis, dengan produksi sekitar 300 juta spermatozoa baru setiap harinya (Syauqi, 2014).

B. Pemeriksaan Analisa Sperma

1. Pengertian

Pemeriksaan analisa sperma merupakan pemeriksaan laboratorium untuk mengevaluasi fungsi reproduksi dan patensi saluran genital yang bertujuan untuk memberikan perawatan yang tepat pada kasus fertilitas pria serta memantau respons terhadap terapi yang diberikan. Selain itu, analisa sperma juga berperan penting dalam mengevaluasi potensi fertilitas pada pria, sehingga dapat membantu dalam pemilihan metode penanganan yang sesuai bagi pasangan infertil. Selain itu, pemeriksaan ini juga digunakan untuk menilai efektivitas kontrasepsi pada pria, baik yang bersifat mekanis seperti vasektomi, maupun hormon (WHO, 2021).

2. Parameter pemeriksaan

Menurut WHO (2021), parameter pemeriksaan analisa sperma dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu parameter makroskopis yang mencakup karakteristik fisik cairan semen serta parameter mikroskopis yang menilai kualitas sperma secara seluler. Adapun penjelasan masing-masing parameter sebagai berikut.

a. Makroskopis

1) Volume

Volume merupakan jumlah cairan semen yang dikeluarkan saat ejakulasi. Adapun volume normal dari cairan semen adalah $\geq 1,4$ ml. Volume yang terlalu rendah (hipospermia) dapat mengindikasikan gangguan produksi atau obstruksi pada saluran ejakulasi.

2) Bau

Sperma normal memiliki bau khas seperti klorin atau bunga akasia. Bau yang tidak normal seperti amis dan busuk, dapat menunjukkan adanya infeksi pada saluran reproduksi.

3) Warna

Normalnya, semen berwarna putih mutiara. Warna semen kekuningan kemungkinan disebabkan oleh urine atau adanya infeksi, warna semen merah kecokelatan disebabkan adanya eritrosit, serta apabila semen terlihat bening kemungkinan terjadinya penurunan konsentrasi sperma.

4) pH

Normalnya semen memiliki pH berkisar antara 7,2 – 8,0. pH yang terlalu asam atau terlalu basa dapat mencerminkan gangguan pada vesikula seminalis atau adanya infeksi.

5) Viskositas

Viskositas mengacu pada kekentalan semen setelah likuifaksi alami. Normalnya semen akan mengalami likuifaksi dalam waktu 60 menit. Viskositas yang tinggi dapat mengganggu pergerakan sperma dan menyulitkan analisa mikroskopis.

b. Mikroskopis

1) Konsentrasi

Konsentrasi sperma adalah jumlah spermatozoa dalam 1 ml semen. Nilai normal konsentrasi sperma adalah ≥ 16 juta/ml. Apabila konsentrasi sperma rendah dari nilai normal disebut dengan oligospermia, dan jika tidak ditemukan sperma sama sekali pada cairan semen disebut dengan *azoospermia*.

2) Motilitas

Motilitas merupakan kemampuan sperma untuk bergerak secara aktif menuju sel telur. Motilitas sperma sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses pembuahan, karena hanya sperma yang memiliki kemampuan gerak progresif yang baik yang dapat mencapai dan membuahi sel telur. Adapun klasifikasi motilitas sperma yaitu:

- a) Gerak cepat (a): gerak menempuh jarak minimal 25 μm (atau $\frac{1}{2}$ panjang ekor) dalam 1 detik.
- b) Gerak lambat (b): gerak menempuh jarak 5 - < 25 μm (atau 1 panjang kepala hingga < $\frac{1}{2}$ panjang ekor) dalam 1 detik.
- c) Gerak di tempat (c): gerak berputar/di tempat atau menempuh jarak < 5 μm (atau kurang dari 1 kepala) dalam 1 detik.
- d) Imotil (d): tidak ada sperma yang bergerak

Motilitas sperma dapat dikatakan normal apabila motilitas progresif (a + b) $\geq 30\%$ dan total motilitas (a+b+c) $\geq 42\%$. Apabila motilitas progresif sperma < 30% dan motilitas total < 43% disebut dengan *asthenozoospermia*. Dan apabila sperma tidak bergerak seluruhnya disebut dengan *nekrozoospermia*.

3) Viabilitas

Viabilitas menunjukkan persentase sperma hidup dalam sampel. Biasanya diuji menggunakan pewarnaan *eosin-nigrosin* atau uji HOS (*Hypo-osmotic Swelling*). Persentase viabilitas normal sebesar $\geq 54\%$.

4) Morfologi

Morfologi merupakan evaluasi pada ukuran, bentuk, dan struktur dari sel sperma. Adapun nilai normal dari morfologi sperma menurut kriteria *strict kruger* adalah $\geq 4\%$. Apabila hasil morfologi $< 4\%$ disebut dengan *teratozoospermia*.

C. Faktor yang Mempengaruhi Motilitas Sperma

1. Faktor internal

a. Hormon

Adapun hormon yang mempengaruhi motilitas sperma yaitu hormon LH, FSH, dan Testosteron. Fungsi utama LH pada pria adalah untuk merangsang produksi testosteron oleh sel *leydig*, yang kemudian mengendalikan pembentukan sel *spermatogonia* dan proses spermatogenesis di dalam sel *sertoli* bersama hormon FSH. Apabila fungsi gonad terganggu, maka kadar hormon LH dan FSH akan meningkat.

Jika hormon tersebut meningkat tanpa disertai peningkatan testosteron, maka testis akan tidak memiliki kapasitas yang cukup untuk melakukan spermatogenesis secara normal. Selain itu, hormon LH juga dapat mempengaruhi pemanfaatan fruktosa, oksidasi glukosa, dan aktivitas *adenyl cyclase* pada sperma, yang merupakan mekanisme penting bagi sperma untuk memperoleh energi untuk bergerak (Zhao *et al.*, 2020).

b. Usia

Usia turut berpengaruh terhadap proses spermatogenesis yang memiliki peran dalam fungsi reproduksi. Seiring bertambahnya usia, motilitas sperma cenderung menurun. Penurunan ini berkaitan dengan penurunan fungsi kelenjar post-testikular akibat proses penuaan. Selain itu, perubahan usia juga dapat mempengaruhi fungsi mitokondria pada epididimis, yang penting dalam menunjang motilitas sperma (Efendi, dkk. 2021).

c. Stres oksidatif internal

Normalnya, ROS berperan penting dalam fungsi sperma, salah satunya adalah motilitas. Apabila terjadi ketidakseimbangan antara produksi ROS dan sistem pertahanan antioksidan tubuh, kadar ROS dapat meningkat sehingga menyebabkan stres oksidatif. Kondisi ini memicu perubahan molekuler yang merugikan termasuk peroksidasi lipid, fragmentasi DNA, dan oksidasi protein. Perubahan tersebut akan membahayakan fungsi fisiologis sperma dan menurunkan kemampuan motilitasnya (Wang *et al.*, 2025).

2. Faktor eksternal

a. Paparan suhu tinggi

Salah satu faktor eksternal yang dapat memengaruhi motilitas sperma adalah paparan suhu tinggi pada area skrotum. Umumnya suhu skrotum yang ideal lebih rendah sekitar 2-3°C dari suhu tubuh agar proses spermatogenesis berlangsung dengan optimal (Ozbek, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Emirza (2012) menunjukkan bahwa paparan suhu 40°C dapat menurunkan motilitas spermatozoa dengan efek yang semakin besar seiring peningkatan durasi paparan. Hal tersebut disebabkan oleh kerusakan enzim yang berperan dalam fungsi sperma.

Sebagian besar enzim dalam tubuh manusia bekerja secara optimal pada suhu 37°C, dan pada suhu yang tinggi enzim dapat mengalami denaturasi yang menyebabkan aktivitasnya menurun, sehingga motilitas sperma juga menurun.

Mekanisme penurunan motilitas sperma terjadi melalui gangguan pada aktivitas enzim *adenilat siklase* dalam sel leydig yang berperan penting dalam mengubah ATP menjadi cAMP yang memicu sekresi testosteron. Proses ini diawali dengan LH dari hipofisis berikatan dengan reseptor spesifik pada membran sel leydig. Suhu tinggi dapat menyebabkan denaturasi enzim, sehingga menghambat produksi testosteron. Selain itu, gangguan pada glikolisis mitokondria dan kurangnya pasokan glukosa dari epididimis juga ikut menghambat metabolisme energi spermatozoa, sehingga mengurangi energi untuk bergerak dan motilitas sperma menjadi berkurang (Erminza, 2012).

b. Gaya hidup

Gaya hidup seperti merokok juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi motilitas sperma. Penelitian yang dilakukan oleh Devy (2018) menunjukkan bahwa adanya hubungan antara motilitas sperma terhadap kebiasaan merokok dengan *p-value* 0,00. Pengaruh motilitas sperma pada perokok disebabkan karena adanya peningkatan radikal bebas dalam plasma semen. Radikal bebas (OH) dapat merusak tiga komponen utama molekul dalam sel tubuh, yaitu lipid, protein, dan DNA. Kerusakan pada lipid melalui proses oksidasi dan pada DNA melalui oksidasi dasar akan mengganggu integritas sel, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian sel.

3. Faktor teknis laboratorium

a. Suhu inkubasi semen

Suhu inkubasi semen sebelum dilakukan pemeriksaan merupakan salah satu faktor teknis laboratorium yang berpotensi memengaruhi kualitas motilitas sperma. Penelitian yang dilakukan oleh Krisna (2018) menyebutkan bahwa rata-rata motilitas sperma menurun setelah disimpan selama 1 jam pada suhu 4°C dan 37°C. Akan tetapi penyimpanan pada suhu 25°C selama 1 jam tidak menunjukkan penurunan motilitas.

Hal tersebut terjadi karena sel sperma sangat peka terhadap perubahan suhu lingkungan. Suhu yang terlalu rendah dapat menurunkan motilitas dan menyebabkan sperma tampak kurang aktif dan tidak optimal. Sementara itu, suhu yang terlalu tinggi dapat merusak protein pelindung pada sel sperma, sehingga motilitas menjadi rendah. Perubahan suhu selama proses likuifaksi juga dapat menyebabkan kerusakan protein pada sel sperma (Krisna, 2018).

b. Cara pengambilan sampel

Pengambilan sampel sperma menggunakan kondom dan pelumas yang mengandung spermisida dapat mempengaruhi motilitas sperma. Spermisida dapat ditemukan dalam pelumas atau kondom tertentu. Zat ini bekerja dengan cara merusak membran sel spermatozoa, sehingga dapat menghambat pergerakan serta menurunkan kemampuannya untuk fertilisasi (Xu *et al.*, 2022).

c. Waktu tunda pemeriksaan setelah ejakulasi

Waktu tunda dalam pemeriksaan semen setelah ejakulasi merupakan salah satu faktor teknis penting yang dapat memengaruhi motilitas sperma. Semakin lama semen dibiarkan pada suhu ruangan, maka semakin banyak spermatozoa yang

mengalami kematian akibat kerusakan membran plasma. Kerusakan ini mengganggu suplai energi sel sehingga mengurangi kemampuan sperma untuk bergerak secara aktif (Rondonuwu, 2016).

Secara fisiologis, sperma memperoleh energi dalam bentuk ATP yang diproduksi oleh enzim glikolisis dan mitokondria pada bagian *midpiece*. ATP ini dihasilkan melalui pemrosesan nutrisi dalam cairan semen seperti fruktosa, sorbitol, mannan, glukosa, piruvat, laktat, dan hidrosibutirat. Energi tersebut sangat penting untuk mendukung motilitas dan fungsi sperma pasca ejakulasi, sehingga apabila ATP cepat habis atau proses pembentukannya terganggu akibat penyimpanan tidak sesuai, maka motilitas sperma pun akan menurun signifikan (Ouitrakul *et al.*, 2018).