

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Dahak**

##### **1. Definisi**

Dahak/sputum merupakan cairan mukus yang disekresikan oleh saluran pernapasan, meliputi trakea, bronkus, dan paru-paru, yang umumnya dikeluarkan melalui mekanisme batuk. Dahak berasal dari saluran pernapasan bawah dan mengandung campuran mukus, sel-sel inflamasi, serta berbagai komponen biologis lainnya. Secara komposisi, dahak sebagian besar terdiri dari air, disertai komponen organik seperti karbohidrat, protein, dan glikoprotein yang berperan dalam memberikan sifat viskoelastik pada dahak (Shen *et al.*, 2025).

##### **2. Proses Pembentukan Sampel Dahak**

Pada orang dewasa normal, dahak diproduksi sekitar 100 mL per hari dan dibersihkan melalui mekanisme mukosilier. Apabila terjadi peningkatan produksi dahak akibat gangguan fisik, kimiawi, atau infeksi mikroorganisme patogen, maka pembersihan mukosilier menjadi tidak efektif sehingga dahak menumpuk dan merangsang refleks batuk sebagai mekanisme kompensasi tubuh (Abilowo *et al.*, 2023).

### **3. Dahak Sebagai Spesimen Mikrobiologi**

Sampel dahak memiliki peran penting dalam identifikasi mikroorganisme penyebab infeksi, baik bakteri maupun jamur, yang menginfeksi saluran napas bawah atau jaringan paru. Identifikasi mikroorganisme penyebab infeksi dilakukan melalui beberapa tahapan pemeriksaan laboratorium, yang diawali dengan pemeriksaan mikroskopis apusan sputum menggunakan pewarnaan Gram dan dilanjutkan dengan pemeriksaan kultur sputum (Shen *et al.*, 2025).

## **B. Pemeriksaan Pewarnaan Gram Dahak**

### **1. Definisi**

Pewarnaan Gram adalah teknik pewarnaan diferensial yang dikembangkan oleh Hans Christian Gram dan merupakan salah satu metode yang paling penting dalam mikrobiologi klinis. Teknik ini digunakan untuk membedakan mikroorganisme berdasarkan struktur dinding selnya menjadi Gram-positif dan Gram-negatif, di mana perbedaan kemampuan mempertahankan warna primer (crystal violet) selama proses dekolorisasi mencerminkan perbedaan komposisi peptidoglikan pada dinding sel masing-masing kelompok bakteri. Pewarnaan Gram sering menjadi tahap diagnostik awal pada pemeriksaan klinis, karena selain mengklasifikasikan bakteri, hasil pewarnaan juga memberikan gambaran morfologi dan jenis sel yang membantu evaluasi infeksi serta menjadi dasar pemilihan terapi awal sambil menunggu hasil kultur lanjutan dalam praktik mikrobiologi medis. Sel ragi jamur dalam

bahan klinis dapat dengan mudah dideteksi pada sediaan yang diwarnai menggunakan pewarnaan Gram (Tripathi *et al.*, 2025).

## **2. Komponen yang dapat Diamati pada Pewarnaan Gram Dahak**

Pewarnaan Gram pada sampel dahak memungkinkan pengamatan berbagai komponen seluler dan mikroorganisme yang berasal dari saluran pernapasan. Komponen yang dapat diamati meliputi sel epitel skuamosa, yang mencerminkan kualitas sampel dan kemungkinan kontaminasi saliva; sel inflamasi seperti leukosit, yang mengindikasikan adanya proses infeksi atau inflamasi; serta bakteri, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan reaksi Gram dan morfologinya. Selain itu, pewarnaan Gram juga dapat memperlihatkan elemen jamur, seperti sel ragi, blastospora, atau hifa (Tripathi *et al.*, 2025).

## **3. Jamur pada Pewarnaan Gram Dahak**

Pewarnaan Gram bukan merupakan metode yang dirancang khusus untuk identifikasi jamur, sehingga penggunaannya dalam pemeriksaan jamur bersifat terbatas dan hanya berfungsi sebagai pemeriksaan awal. Elemen jamur seperti sel ragi, blastospora, atau hifa dapat terwarnai dan dikenali secara morfologis, namun pewarnaan Gram tidak mampu memberikan identifikasi jamur hingga tingkat spesies. Selain itu, elemen jamur pada preparat Gram dapat menyerupai artefak atau komponen seluler lain, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi (Paray *et al.*, 2023).

## **C. Jamur pada Saluran Pernapasan**

### **1. Jamur sebagai Flora Normal**

Jamur merupakan salah satu mikroorganisme yang secara alami dapat ditemukan pada saluran pernapasan manusia tanpa selalu menimbulkan penyakit. Keberadaan jamur di saluran napas umumnya berasal dari inhalasi spora jamur yang tersebar luas di lingkungan, kemudian menetap sementara sebagai bagian dari flora normal, terutama pada individu dengan sistem imun yang baik. Dalam kondisi ini, jamur tidak menyebabkan respons inflamasi maupun gejala klinis dan hanya bersifat kolonisasi. Namun, keseimbangan antara mikroorganisme dan sistem pertahanan tubuh dapat terganggu pada kondisi tertentu, sehingga jamur yang sebelumnya bersifat komensal berpotensi berkembang menjadi patogen oportunistik (Rerung, 2024).

### **2. Mekanisme Masuknya Jamur ke Saluran Pernapasan**

Jamur patogen pada saluran pernapasan masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi spora yang tersebar di udara lingkungan. Spora jamur berukuran sangat kecil sehingga mudah terhirup dan dapat mencapai saluran pernapasan bagian bawah hingga alveoli. Pada individu sehat, spora yang terhirup umumnya dapat dieliminasi oleh mekanisme pertahanan paru, seperti sistem mukosilier, refleks batuk, serta aktivitas makrofag alveolar dan neutrofil. Namun, pada kondisi tertentu seperti gangguan sistem imun, kerusakan mukosilier, atau paparan spora dalam jumlah besar, sebagian spora dapat bertahan hidup, berkolonisasi

pada mukosa saluran pernapasan, dan berkembang menjadi infeksi. Spora yang berhasil mencapai alveoli dapat berkecambah menjadi hifa, berinteraksi dengan sel imun inang dan memicu respons inflamasi paru (Li *et al.*, 2019).

### **3. Kolonisasi Jamur dan Infeksi Jamur**

Kolonisasi jamur pada saluran pernapasan merupakan keadaan di mana jamur hadir dan menetap pada mukosa saluran napas tanpa menimbulkan respons inflamasi maupun gejala klinis pada pasien. Sebaliknya, infeksi jamur terjadi ketika jamur berkembang secara invasif, menembus jaringan, dan memicu respons imun tubuh yang ditandai dengan gejala klinis serta tanda peradangan (Tanaya and Qurrohman, 2025).

### **4. Kondisi Normal dan Patologis Jamur di Saluran Pernapasan**

Pada kondisi normal, keberadaan jamur di saluran pernapasan umumnya bersifat sementara dan tidak menimbulkan gangguan klinis karena masih dapat dikendalikan oleh mekanisme pertahanan tubuh. Kondisi patologis terjadi ketika keseimbangan ini terganggu, seperti pada penurunan sistem imun atau adanya penyakit penyerta, sehingga jamur dapat berkembang berlebihan dan berpotensi menimbulkan infeksi (Mamudi *et al.*, 2023).

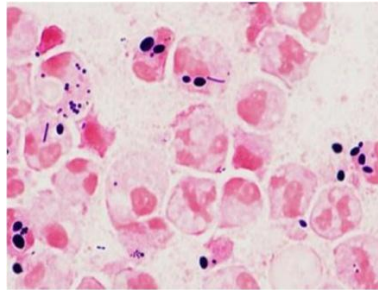
## **D. Bentuk Elemen Jamur pada Pewarnaan Gram**

### **1. Bentuk Elemen Jamur pada Pewarnaan Gram**

#### **a) Ragi (*yeast*)**

Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, sel ragi relatif mudah dikenali dan dibedakan dari komponen seluler lain yang ikut terwarnai, seperti sel

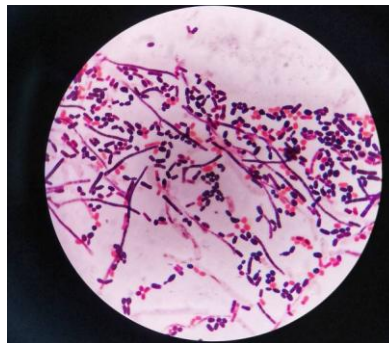
epitel, leukosit, eritrosit, dan bakteri. Sel ragi umumnya tampak berbentuk oval hingga bulat, berwarna ungu dan dapat ditemukan tunggal atau berkelompok serta dapat terlihat membentuk pseudohifa berupa struktur memanjang menyerupai benang (Cahyaningrum *et al.*, 2024).



**Gambar 2.1** Sel Ragi (Moss and Musher, 2021)

**b) Hifa**

Hifa jamur pada pewarnaan gram terlihat sebagai struktur memanjang menyerupai benang, bersepta, dan sering bercabang, serta tersusun di antara sel-sel epitel. Pada beberapa kondisi, hifa dapat terfragmentasi membentuk artrospora, yang tampak sebagai deretan sel pendek bersepta yang saling berdekatan (Haryati *et al.*, 2021).



**Gambar 2.2** Hifa Jamur (Malini, 2010)

### c) **Blastospora**

Blastospora merupakan bentuk sel jamur ragi yang terbentuk melalui proses pertunasan (budding). Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, blastospora tampak sebagai sel bulat hingga oval berwarna ungu (Gram-positif), dapat ditemukan tunggal, berpasangan, atau membentuk rangkaian pendek bila tunas tidak terlepas sempurna (Ayu *et al.*, 2023).

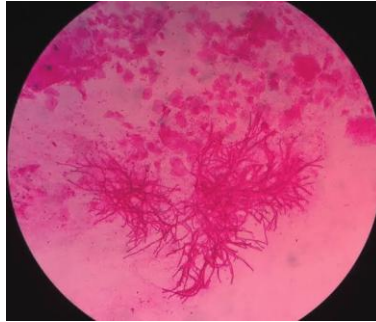


**Gambar 2.3** Blastospora (Ayu *et al.*, 2023)

## 2. Jenis Jamur yang Sering Ditemukan pada Dahak

### a) *Aspergillus* spp

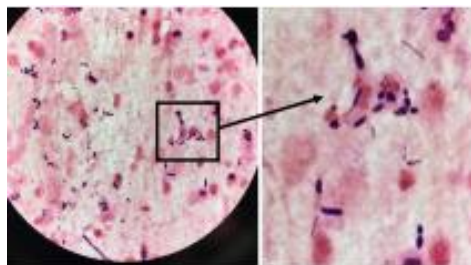
*Aspergillus* spp. merupakan spesies jamur filamen oportunistik yang sering menyebabkan infeksi saluran pernapasan, terutama pada pasien dengan gangguan sistem imun atau penyakit paru kronik seperti Pada individu yang telah memiliki asma, paparan spora *Aspergillus* spp. dapat memicu aspergillosis bronkopulmoner alergik (ABPA). Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, *Aspergillus* spp. dapat tampak sebagai struktur hifa bersepta berwarna ungu yang memanjang dan bercabang (Hapsah, 2025).



**Gambar 2.4** Gambaran hifa *Aspergillus* (Yu *et al.*, 2016)

**b) *Candida* spp**

*Candida* spp. merupakan spesies jamur ragi oportunistik yang dapat menjadi patogen pada kondisi tertentu, seperti penurunan imunitas atau penggunaan antibiotik jangka panjang menyebabkan komplikasi seperti trakeobronkitis dan pneumonia akibat *Candida*. Pada pemeriksaan pewarnaan Gram, *Candida* spp. tampak sebagai sel ragi oval berwarna yang dapat ditemukan tunggal, berpasangan, atau membentuk tunas, serta kadang terlihat pseudohifa sebagai rantai sel memanjang (Ciurea *et al.*, 2020)



**Gambar 2.5** *Candida tropicalis* (Moss and Musher, 2021)

**3. Makna Klinis Temuan Jamur pada Dahak**

Temuan jamur pada pemeriksaan pewarnaan Gram dahak umumnya diinterpretasikan secara hati-hati karena tidak selalu menunjukkan adanya infeksi jamur aktif. Interpretasi temuan jamur perlu mempertimbangkan kondisi

klinis pasien, termasuk status imunitas, penyakit penyerta, serta riwayat terapi. Temuan jamur pada pewarnaan Gram dahak lebih berperan sebagai informasi awal yang penting untuk menentukan perlunya pemeriksaan lanjutan, seperti kultur jamur atau pemeriksaan penunjang lainnya (Shajiei *et al.*, 2022).

## **E. Faktor yang Berhubungan Temuan Jamur pada Pewarnaan Gram Dahak**

### **1. Faktor Karakteristik Pasien**

#### **a) Umur**

Usia merupakan faktor yang berkontribusi terhadap kerentanan individu terhadap kolonisasi maupun infeksi jamur pada saluran pernapasan. Perubahan fisiologis yang berkaitan dengan proses penuaan, termasuk penurunan fungsi sistem imun dan berkurangnya efektivitas mekanisme pertahanan saluran napas, dapat meningkatkan risiko terjadinya kolonisasi jamur pada kelompok usia lanjut. Sebaliknya, pada kelompok usia muda dan dewasa, fungsi imun yang relatif lebih baik berperan dalam menekan perkembangan jamur sehingga kejadian infeksi jamur saluran pernapasan cenderung lebih rendah (Soedarsono *et al.*, 2020).

#### **b) Jenis Kelamin**

Beberapa penelitian menunjukkan adanya pola perbedaan insidens kolonisasi atau infeksi jamur antara jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Secara epidemiologis, data menunjukkan bahwa laki-laki sering memiliki prevalensi isolasi jamur respiratori yang lebih tinggi dibanding perempuan. Perbedaan kolonisasi atau infeksi jamur antara laki-laki dan perempuan

dipengaruhi kombinasi faktor biologis, hormonal, perilaku, dan lingkungan. Hormon seks seperti estrogen pada perempuan dapat meningkatkan respons imun terhadap jamur, sementara perilaku dan paparan lingkungan yang lebih tinggi pada laki-laki, misalnya merokok atau pekerjaan dengan debu/spora, meningkatkan risiko kolonisasi (Rao and McClelland, 2024).

## **2. Faktor Klinik**

### **a) Status Imunitas**

Status imunitas pasien merupakan faktor risiko utama dalam kolonisasi maupun infeksi jamur paru. Pada kondisi imunodefisiensi, seperti pada pasien dengan HIV/AIDS, penderita kanker yang menjalani kemoterapi, atau pasien yang menerima terapi imunosupresif jangka panjang, fungsi fagositik makrofag dan neutrofil yang biasanya menelan dan menghancurkan jamur menjadi menurun, produksi sitokin pro-inflamasi yang penting untuk aktivasi sel imun lain berkurang, dan kemampuan limfosit T untuk mengoordinasikan respon imun adaptif terhadap jamur juga melemah. Akibatnya, jamur oportunistik dapat bertahan dan berkembang biak di paru-paru, meningkatkan risiko kolonisasi yang progresif menjadi infeksi invasif (Li *et al.*, 2019).

### **b) Penyakit Penyerta**

Penyakit penyerta atau komorbid merupakan faktor risiko penting yang memengaruhi kolonisasi maupun infeksi jamur pada saluran pernapasan. Pasien dengan penyakit paru kronis seperti PPOK memiliki

risiko lebih tinggi terhadap kolonisasi dan infeksi jamur karena kerusakan struktural paru, termasuk kavitas atau bronkiektasis, yang menciptakan celah bagi jamur oportunistik. Selain itu, gangguan mukosiliar dan inflamasi kronis pada PPOK, ditambah dengan penggunaan kortikosteroid dapat menurunkan kemampuan fagosit dan respons imun lokal, sehingga spora jamur lebih mudah menetap dan berkembang menjadi infeksi jamur yang lebih berat (Mohamed *et al.*, 2016; Abebe *et al.*, 2017).

Kondisi komorbid lain seperti diabetes mellitus juga dikaitkan dengan peningkatan risiko aspergilosis invasif pada pasien kritis, di mana pasien dengan diabetes memiliki peluang lebih tinggi untuk mengembangkan aspergilosis paru berat dibanding pasien tanpa diabetes. Kondisi hiperglikemia pada pasien diabetes dapat menghambat fungsi regulator HIF-1 $\alpha$ , yang biasanya melindungi paru dari infeksi jamur, sehingga terjadi aktivasi berlebihan jalur NLRP3/IL-1 $\beta$ , bias diferensiasi sel T, dan produksi sitokin yang berlebihan. Mekanisme ini dapat melemahkan pertahanan imun yang seharusnya melawan jamur (Liu *et al.*, 2025).

Selain PPOK dan diabetes, tuberkulosis paru (TB) juga menjadi salah satu penyakit penyerta yang berperan penting dalam kolonisasi maupun infeksi jamur pada saluran pernapasan. Lesi kronis yang ditimbulkan TB pada jaringan paru menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan jamur oportunistik dan memperberat perjalanan penyakit. Pasien TB biasanya mengalami kerusakan jaringan paru, terbentuknya kavitas residu,

serta gangguan mekanisme mukosiliar, kondisi yang memungkinkan jamur menetap dan berkembang biak (Cioboata *et al.*, 2025).

### **3. Faktor Terapi dan Pengobatan**

#### **a) Penggunaan Antibiotik**

Penggunaan antibiotik, terutama dalam jangka panjang atau spektrum luas, dapat mengganggu keseimbangan flora normal saluran pernapasan. Mekanisme biologis yang mendasarinya adalah terapi antibiotik jangka panjang dapat mengganggu flora mikroba normal, mengurangi kompetisi terhadap jamur, dan dengan demikian memfasilitasi pertumbuhan jamur oportunistik di saluran pernapasan. (Abebe *et al.*, 2017)

#### **b) Penggunaan Kortikosteroid atau Imunosupresif**

Penggunaan kortikosteroid atau obat imunosupresif merupakan faktor risiko penting yang meningkatkan kejadian kolonisasi dan infeksi jamur pada saluran pernapasan. Secara imunopatogenik, kortikosteroid bereaksi melalui reseptor glukokortikoid dan menekan aktivitas gen pro-inflamasi seperti NF- $\kappa$ B, menghambat kemampuan leukosit untuk menghasilkan respon inflamasi efektif terhadap patogen oportunistik. Pada level seluler, kortikosteroid menurunkan jumlah monosit dan makrofag dalam sirkulasi, menghambat fusi fagosom-lisosom dalam makrofag selama fagositosis, serta mengurangi produksi sitokin pro-inflamasi penting, sehingga fungsi antifungal innate terganggu dan kapasitas tubuh untuk membersihkan jamur dari paru-paru melemah (Li *et al.*, 2023).

### c) Penggunaan Ventilator Mekanik

Penggunaan ventilator mekanik merupakan faktor risiko penting yang meningkatkan kolonisasi dan infeksi jamur pada saluran pernapasan, terutama pada pasien kritis yang menjalani ventilasi jangka panjang. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ventilasi mekanik jangka panjang (>7 hari) terkait erat dengan kolonisasi jamur di saluran napas karena adanya gangguan natural defense airway (seperti mukosiliar) dan penetrasi alat ke dalam traktus pernapasan, yang memudahkan organisme oportunistik seperti *Candida* spp. dan *Aspergillus* spp. untuk menetap dan berkembang biak (Chakraborti *et al.*, 2018).