

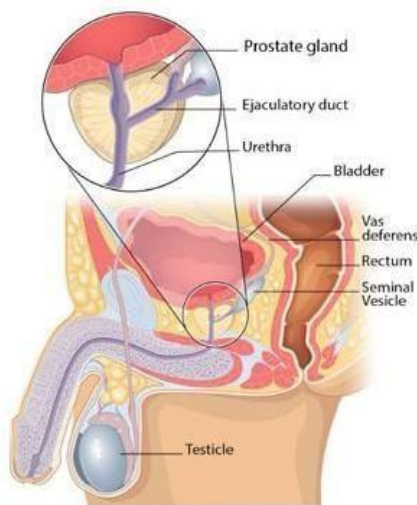
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prostat

1. Anatomi prostat

Prostat merupakan kelenjar asesori pada sistem reproduksi laki-laki yang terletak di bawah kandung kemih dan mengelilingi uretra pars prostatika (Tira dkk., 2025). Prostat berada tepat di bawah kandung kemih serta mengelilingi bagian awal uretra yang keluar dari vesika urinaria. Secara umum, kelenjar ini memiliki panjang sekitar 3 cm dengan berat kurang lebih 20 gram (Nasywa & Kharina, 2025). Prostat dilapisi oleh kapsul fibrosa yang di dalamnya terdapat pleksus pembuluh darah dan saraf, yang berhubungan erat dengan lapisan viseral fasia pelvis (Putra dkk., 2025). Kelenjar ini berperan penting dalam proses reproduksi, terutama dalam menghasilkan cairan prostat yang menjadi bagian dari cairan semen (Rizal, 2021). Cairan prostat mengandung berbagai enzim dan zat yang berfungsi menjaga viabilitas serta motilitas sperma (Putri, 2025). Secara anatomi, prostat terbagi menjadi beberapa zona, yaitu zona perifer, zona sentral, zona transisional, dan zona anterior fibromuskular, yang masing-masing memiliki karakteristik jaringan yang berbeda (Tira dkk., 2025).



Gambar 1 Anatomi Kelenjar Prostat

(Sumber : American Cancer Society 2023)

Zona perifer merupakan area yang paling sering menjadi lokasi terjadinya kanker prostat (Putra dkk., 2025). Hal ini berkaitan dengan struktur histologis dan aktivitas biologis sel epitel pada zona tersebut yang lebih rentan mengalami perubahan patologis (Nevita dkk., 2019). Sebagian besar keganasan prostat berasal dari zona perifer, sehingga area ini menjadi fokus utama dalam pemeriksaan diagnostik, termasuk biopsi dan evaluasi histopatologi (Tira dkk 2025). Pemahaman mengenai anatomi dan zonasi prostat sangat penting dalam menentukan lokasi pengambilan sampel jaringan (Putra dkk., 2025).

Kelenjar prostat memiliki hubungan anatomi yang sangat erat dengan kandung kemih dan sebagian berbagi sistem suplai darah yang sama (Perbawati dkk., 2025). Pembuluh darah utama yang mensuplai prostat adalah arteri vesika inferior, dengan kontribusi tambahan dari arteri pudenda interna serta arteri rektalis media. Sistem vena prostat membentuk suatu pleksus vena prostat yang bermuara ke vena iliaka interna. Pleksus vena ini juga berhubungan langsung dengan pleksus vena vertebralis di bagian lumbal bawah, kondisi yang menjelaskan mengapa

kanker prostat memiliki kecenderungan tinggi untuk menyebar hingga ke tulang belakang (Wirayanti & Susanti, 2025).

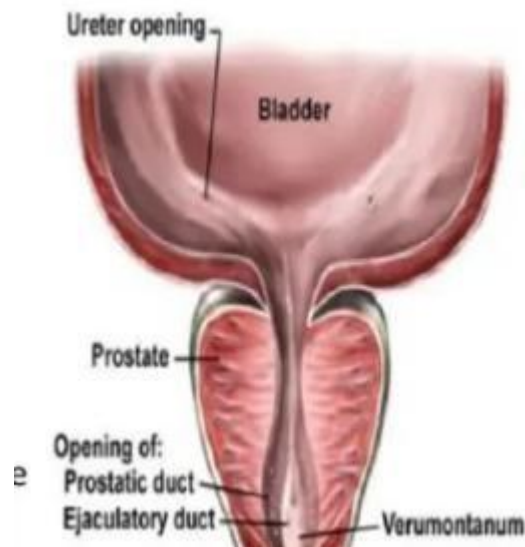
Kelenjar prostat berfungsi menghasilkan cairan bersifat alkali yang berperan melindungi sperma dari lingkungan vagina yang cenderung asam. Sekresi ini membantu menetralkan tingkat keasaman vagina, sehingga sperma dapat bertahan lebih lama dan memiliki peluang lebih besar untuk membuahi ovum. Selain itu, cairan prostat mengandung berbagai protein dan enzim yang berfungsi sebagai sumber nutrisi serta mendukung viabilitas dan motilitas sperma (Perbawati dkk., 2025).

2. Fisiologi prostat

Secara fisiologis, kelenjar prostat berperan penting dalam menunjang fungsi reproduksi pria melalui produksi dan sekresi cairan prostat yang menjadi bagian dari semen (Putra dkk., 2025). Aktivitas sekretorik prostat dipengaruhi oleh hormon androgen, terutama dihidrotestosteron (DHT), yang mengatur pertumbuhan, diferensiasi, dan fungsi sel-sel kelenjar. Cairan prostat bersifat alkali dan mengandung enzim, protein, serta zat bioaktif yang membantu menetralkan lingkungan asam pada saluran reproduksi wanita, menjaga viabilitas sperma, serta meningkatkan motilitasnya. Selain fungsi sekretorik, prostat juga memiliki peran dalam mekanisme ejakulasi melalui kontraksi otot polos stroma prostat yang membantu mendorong semen ke uretra, sehingga proses ejakulasi dapat berlangsung secara efektif dan terkoordinasi (Putra dkk., 2025).

Secara histologis, prostat tersusun atas kelenjar tubuloalveolar yang dilapisi oleh sel epitel sekretorik dan dikelilingi oleh stroma fibromuscular. Sel epitel ini memiliki fungsi utama dalam sekresi cairan prostat, sementara stroma berperan

dalam menjaga struktur dan kontraktilitas kelenjar. Perubahan pada keseimbangan proliferasi sel epitel dan stroma dapat memicu terjadinya kelainan patologis, termasuk hiperplasia prostat jinak maupun keganasan (Duarsa, 2020).



Gambar 2 Fisiologi Kelenjar Prostat
(Sumber : Kenhub. *Prostate : Anatomy, histology and function*)

Fungsi prostat sangat dipengaruhi oleh hormon androgen, terutama testosteron dan dihidrotestosteron (DHT). Hormon ini berperan dalam pertumbuhan, diferensiasi, dan pemeliharaan jaringan prostat (Aminah, 2025). Ketidakseimbangan hormonal, baik akibat faktor usia maupun faktor genetik, dapat memicu perubahan patologis pada jaringan prostat (Salsabila dkk., 2020). Oleh karena itu, faktor hormonal menjadi salah satu aspek penting dalam patogenesis penyakit prostat. Dengan bertambahnya usia, prostat cenderung mengalami perubahan struktural dan fungsional. Proses penuaan berkontribusi terhadap meningkatnya risiko gangguan prostat, termasuk kanker prostat (Duarsa, 2020). Kondisi ini menjadikan prostat sebagai organ yang memiliki relevansi klinis tinggi, khususnya pada populasi laki-laki usia lanjut, sehingga memerlukan pendekatan diagnostik yang akurat dan komprehensif (Aminah, 2025).

B. Kanker Prostat

1. Patologis

Kanker prostat merupakan keganasan yang berasal dari sel epitel kelenjar prostat dan umumnya diklasifikasikan sebagai adenokarsinoma. Kanker ini berkembang secara perlahan pada tahap awal, namun dapat bersifat agresif pada sebagian kasus (Ananda dkk., 2024). Secara patologis, >95% kanker prostat adalah adenokarsinoma, yaitu kanker yang berkembang dari sel epitel kelenjar penghasil cairan prostat. Perjalanan penyakit yang sering kali tanpa gejala pada fase dini menyebabkan kanker prostat kerap terdiagnosis pada stadium lanjut, sehingga meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas. Beban penyakit ini semakin meningkat seiring bertambahnya usia harapan hidup penduduk dan meningkatnya kesadaran terhadap deteksi kanker (Handayani, 2022). Di negara berkembang, termasuk Indonesia, keterlambatan diagnosis masih menjadi tantangan utama dalam penanganan kanker prostat.

2. Penyebab

Faktor risiko kanker prostat meliputi usia lanjut, faktor genetik, ras, serta pengaruh hormonal. Riwayat keluarga dengan kanker prostat meningkatkan risiko terjadinya penyakit ini, yang menunjukkan adanya peran faktor genetik dalam patogenesisnya (Safriadi dkk., 2022). Selain itu, paparan androgen dalam jangka panjang juga berkontribusi terhadap pertumbuhan dan progresivitas sel kanker prostat. Manifestasi klinis kanker prostat sangat bervariasi, mulai dari tanpa gejala hingga keluhan saluran kemih bawah seperti kesulitan berkemih, aliran urin lemah, dan nyeri (Dewi dkk., 2024). Pada stadium lanjut, kanker prostat dapat bermetastasis ke tulang dan organ lain, menyebabkan nyeri tulang, penurunan berat

badan, dan gangguan sistemik. Variabilitas gejala ini menegaskan pentingnya pemeriksaan penunjang dalam menegakkan diagnosis.

3. Stadium

Stadium kanker prostat ditentukan berdasarkan sistem *Tumor Node Metastasis* (TNM) yang mempertimbangkan ukuran dan penyebaran tumor, keterlibatan kelenjar getah bening, serta adanya metastasis, serta dikaitkan dengan kadar *Prostate Specific Antigen* (PSA) (Ichsan dkk., 2025). Pada stadium I, kanker masih terbatas di dalam kelenjar prostat dan umumnya belum menimbulkan gejala klinis, dengan kadar *Prostate Specific Antigen* (PSA) yang relatif rendah serta sel kanker yang bersifat kurang agresif (Fidi dkk., 2025). Stadium II ditandai dengan pertumbuhan kanker yang masih berada di prostat, namun ukurannya lebih besar atau memiliki sifat keganasan yang lebih tinggi, sehingga kadar *Prostate Specific Antigen* (PSA) cenderung meningkat dan risiko progresivitas menjadi lebih besar (Satrio dkk., 2025). Pada stadium III, kanker mulai menyebar ke jaringan sekitar prostat, seperti vesikula seminalis, dan biasanya disertai keluhan berkemih akibat gangguan aliran urin. Stadium IV merupakan tahap lanjut, di mana sel kanker telah menyebar ke kelenjar getah bening atau organ jauh, terutama tulang, paru-paru, dan hati, sehingga dapat menimbulkan gejala sistemik seperti nyeri tulang, kelelahan, dan penurunan berat badan (Fidi dkk., 2025).

4. Pemeriksaan

Pemeriksaan kanker prostat dilakukan melalui serangkaian evaluasi klinis, laboratoris, dan penunjang untuk menegakkan diagnosis serta menentukan stadium penyakit (Ichsan dkk., 2025). Pemeriksaan awal umumnya meliputi pengukuran kadar *Prostate Specific Antigen* (PSA) melalui tes darah, di mana peningkatan PSA

dapat mengindikasikan adanya kelainan pada prostat. Selain itu, pemeriksaan colok dubur atau *Digital Rectal Examination* (DRE) dilakukan untuk menilai ukuran, bentuk, dan konsistensi prostat secara langsung. Diagnosis pasti ditegakkan melalui biopsi prostat, yang merupakan standar emas, dengan tujuan mengidentifikasi gambaran histopatologis serta menentukan skor *Gleason* sebagai penanda agresivitas kanker. Untuk menilai luas penyebaran penyakit, digunakan pemeriksaan pencitraan seperti USG transrektal, MRI prostat untuk evaluasi penyebaran lokal, serta CT-scan atau bone scan guna mendeteksi adanya metastasis ke organ lain (Aminah, 2025).

Diagnosis pasti kanker prostat tidak dapat ditegakkan hanya berdasarkan gejala klinis atau pemeriksaan laboratorium, melainkan memerlukan konfirmasi melalui pemeriksaan histopatologi. Pemeriksaan ini menjadi standar baku emas dalam memastikan adanya keganasan, menentukan derajat diferensiasi tumor, serta menjadi dasar dalam penentuan strategi terapi yang tepat (Safriadi dkk., 2022).

C. Pemeriksaan Dan Kualitas Histopatologi Pada Kanker Prostat

1. Pemeriksaan histopatologi kanker prostat

Pemeriksaan histopatologi merupakan metode diagnostik utama dalam penegakan diagnosis kanker prostat. Pemeriksaan ini dilakukan dengan mengevaluasi jaringan prostat yang diperoleh melalui biopsi atau prosedur pembedahan (Ulfaningtyas dkk., 2021). Melalui pemeriksaan mikroskopik, dokter patologi anatomi dapat mengidentifikasi perubahan morfologi sel dan jaringan yang mengarah pada keganasan. Proses pemeriksaan histopatologi dimulai dari fiksasi jaringan menggunakan larutan formalin untuk mempertahankan struktur seluler (Virgiawan dkk., 2024). Tahap ini sangat penting karena fiksasi yang tidak adekuat

dapat menyebabkan distorsi jaringan dan memengaruhi hasil pemeriksaan. Setelah fiksasi, jaringan diproses melalui dehidrasi, clearing, dan embedding sebelum dilakukan pemotongan tipis menggunakan mikrotom.

Sediaan jaringan yang telah dipotong kemudian diwarnai, umumnya menggunakan pewarnaan Hematoksilin dan Eosin (HE) (Utami dkk., 2025). Pewarnaan ini memungkinkan visualisasi inti sel, sitoplasma, dan struktur jaringan secara jelas (Perbawati dkk., 2025). Pada kanker prostat, pemeriksaan histopatologi bertujuan untuk mengidentifikasi pola pertumbuhan kelenjar, tingkat diferensiasi sel, serta invasi jaringan sekitarnya. Salah satu aspek penting dalam pemeriksaan histopatologi kanker prostat adalah penentuan *Gleason score*. Skor ini digunakan untuk menilai derajat keganasan berdasarkan pola histologis tumor dan memiliki nilai prognostik yang tinggi. *Gleason score* berperan penting dalam menentukan pilihan terapi dan memprediksi perjalanan penyakit (Nurprilinda dkk., 2025). Dengan demikian, pemeriksaan histopatologi tidak hanya berfungsi sebagai alat diagnostik, tetapi juga sebagai dasar dalam perencanaan terapi dan evaluasi prognosis pasien kanker prostat. Akurasi hasil pemeriksaan sangat bergantung pada kualitas teknis sediaan jaringan yang dihasilkan.

Parameter histopatologi kelenjar prostat meliputi beberapa aspek penting yang digunakan untuk menilai derajat keganasan dan perilaku biologis tumor (Ichsan dkk., 2025). Penilaian ini mencakup arsitektur kelenjar, karakteristik seluler, pola pertumbuhan tumor, sistem penilaian *Gleason* atau *Grade Group*, derajat diferensiasi sel, serta adanya infiltrasi jaringan sekitar dan invasi perineural maupun vaskular. Arsitektur kelenjar prostat menggambarkan susunan dan bentuk kelenjar pada jaringan prostat (Tira dkk., 2025). Pada prostat normal, kelenjar tersusun rapi

dan teratur, sedangkan pada kanker prostat arsitektur kelenjar menjadi tidak teratur, menyatu, atau bahkan menghilang sama sekali, mencerminkan tingkat keganasan sel.

Atipia sel ditandai dengan perubahan morfologi sel, khususnya pada inti sel (Putra dkk., 2025). Atipia ini meliputi ukuran inti yang membesar, pleomorfisme atau variasi bentuk dan ukuran inti yang tidak seragam, serta hiperkromasia yaitu pewarnaan inti yang lebih gelap akibat peningkatan kandungan DNA, yang menandakan aktivitas proliferasi sel abnormal.

Pola pertumbuhan tumor menunjukkan cara sel kanker berkembang dan menyebar di jaringan prostat (Putra dkk., 2025). Pola ini dapat berupa kelenjar kecil terpisah, kelenjar yang saling menyatu, hingga pertumbuhan solid tanpa pembentukan kelenjar, yang umumnya berkorelasi dengan tingkat agresivitas tumor.

Gleason score atau *Grade Group* merupakan sistem penilaian derajat keganasan kanker prostat berdasarkan pola arsitektur kelenjar yang dominan dan sekunder (Fidi dkk., 2025). Skor *Gleason* berkisar dari 6 hingga 10, kemudian dikelompokkan menjadi *Grade Group* 1 sampai 5, di mana semakin tinggi nilainya menunjukkan kanker yang semakin agresif dan prognosis yang lebih buruk.

Derajat diferensiasi sel menggambarkan sejauh mana sel kanker masih menyerupai sel prostat normal (Satrio dkk., 2025). Sel yang berdiferensiasi baik masih mempertahankan ciri kelenjar normal, sedangkan sel yang berdiferensiasi buruk menunjukkan kehilangan struktur dan fungsi normal, menandakan keganasan yang lebih tinggi. Infiltrasi jaringan sekitar mengacu pada kemampuan sel kanker untuk menembus dan menyebar ke jaringan di sekitarnya, seperti kapsul prostat,

jaringan lemak periprostata, atau organ terdekat, yang menunjukkan sifat invasif tumor.

Invasi perineural atau vaskular adalah temuan penting dalam histopatologi, di mana sel kanker ditemukan menyusup di sekitar saraf atau masuk ke pembuluh darah dan limfe. Temuan ini berkaitan dengan peningkatan risiko penyebaran lokal maupun metastasis jauh, serta memiliki nilai prognostik yang signifikan.

2. Kualitas histopatologi

Kualitas histopatologi mengacu pada mutu teknis sediaan jaringan yang dihasilkan melalui proses laboratorium patologi anatomi. Kualitas ini mencakup aspek fiksasi, pemrosesan jaringan, pemotongan, serta pewarnaan (Utami dkk., 2025). Sediaan histopatologi yang berkualitas baik harus mampu menampilkan struktur jaringan dan sel secara jelas tanpa artefak yang mengganggu interpretasi. Ketidaktepatan dalam salah satu tahap pembuatan sediaan dapat menimbulkan berbagai artefak, seperti lipatan jaringan, robekan, ketebalan potongan yang tidak seragam, atau pewarnaan yang kurang optimal (Fidi dkk., 2025). Artefak tersebut dapat menyulitkan dokter patologi anatomi dalam menilai morfologi jaringan dan berpotensi menurunkan akurasi diagnosis.

Kualitas sediaan histopatologi memiliki hubungan erat dengan keandalan hasil pemeriksaan. Sediaan yang tidak memenuhi standar mutu sering kali memerlukan pemotongan ulang atau pewarnaan ulang (Sebayang dkk., 2023). Proses pengulangan ini tidak hanya meningkatkan beban kerja laboratorium, tetapi juga dapat memperpanjang waktu penyelesaian pemeriksaan atau TAT. Kualitas sediaan menjadi sangat penting karena penilaian derajat keganasan dan *Gleason score* sangat bergantung pada kejelasan struktur histologis.

Kesalahan dalam interpretasi akibat sediaan yang buruk dapat berdampak pada penentuan terapi yang kurang tepat, sehingga memengaruhi luaran klinis pasien. Oleh karena itu, pengendalian mutu dalam pembuatan sediaan histopatologi merupakan bagian integral dari pelayanan patologi anatomi. Penerapan standar prosedur operasional yang konsisten dan evaluasi kualitas sediaan secara berkala diharapkan dapat meningkatkan akurasi diagnosis serta efisiensi pelayanan, termasuk dalam upaya menekan keterlambatan TAT (Rabia dkk., 2024).

D. *Turn Around Time (TAT)*

Turn Around Time (TAT) merupakan salah satu indikator kinerja yang paling penting dalam layanan laboratorium patologi anatomi karena menggambarkan kecepatan dan efisiensi proses pemeriksaan dari awal hingga akhir (Kamil dkk., 2025). TAT didefinisikan sebagai waktu total sejak sampel diterima oleh laboratorium hingga laporan final ditandatangani oleh dokter spesialis patologi anatomi. Bagi pasien dan tenaga medis, TAT yang cepat sangat krusial karena hasil histopatologi menjadi dasar dalam menentukan diagnosis penyakit, tingkat keparahan, serta arah penatalaksanaan lebih lanjut. Hal ini terutama relevan dalam kasus kanker prostat, di mana penundaan hasil dapat memengaruhi keputusan terapi. Standar waktu penyelesaian pemeriksaan histopatologi telah ditetapkan oleh berbagai lembaga akreditasi untuk menjaga mutu layanan. Menurut *College of American Pathologists (CAP)*, rentang TAT ideal untuk pemeriksaan rutin histopatologi berada pada kisaran 4– hari kerja, bergantung pada kompleksitas kasus dan ketersediaan sumber daya laboratorium. Standar ini digunakan secara luas sebagai acuan internasional dan menjadi tolak

ukur yang digunakan oleh banyak rumah sakit dan institusi kesehatan untuk mengevaluasi efisiensi kerja laboratorium.

Turn Around Time (TAT) dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk beban kerja laboratorium (Rabia dkk., 2024). Volume sampel yang tinggi tanpa peningkatan jumlah tenaga atau peralatan yang memadai dapat memperlambat seluruh proses pemeriksaan. Ketidakseimbangan antara jumlah sampel dan kapasitas laboratorium sering menjadi penyebab utama keterlambatan, terutama pada rumah sakit dengan tingkat kunjungan tinggi. Beban kerja yang berlebihan juga dapat meningkatkan risiko kesalahan teknis. Selain beban kerja, ketersediaan dan kondisi peralatan laboratorium turut berpengaruh terhadap kecepatan penyelesaian pemeriksaan. Peralatan seperti mesin tissue processor, mikrotom, water bath, dan alat pewarna otomatis harus berfungsi optimal. Gangguan teknis, kerusakan alat, atau kurangnya perawatan berkala dapat menyebabkan penundaan pada berbagai tahap pemrosesan jaringan. Laboratorium dengan peralatan modern dan otomatisasi yang baik biasanya memiliki TAT lebih singkat karena proses berjalan lebih konsisten.

Turn Around Time (TAT) tidak hanya berpengaruh pada efisiensi laboratorium, tetapi juga berdampak langsung pada pengalaman pasien. TAT yang lama sering kali menimbulkan kecemasan pada pasien dan keluarga, terutama karena hasil histopatologi sangat menentukan keputusan medis (Mumtaz dkk., 2024). Oleh karena itu, laboratorium patologi anatomi harus berupaya menjaga TAT tetap dalam batas standar sambil memastikan kualitas sediaan. TAT merupakan indikator yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis, struktural, dan manajerial.

Upaya untuk memperbaiki TAT harus dilakukan secara menyeluruh melalui peningkatan kualitas sediaan, optimalisasi peralatan, perbaikan workflow, serta penguatan manajemen mutu. Efisiensi TAT yang baik tidak hanya meningkatkan kualitas layanan laboratorium, tetapi juga mendukung penanganan pasien secara cepat, tepat, dan aman dalam konteks pelayanan kesehatan modern.

Kualitas sediaan histopatologi memiliki hubungan yang sangat erat dengan kecepatan penyelesaian pemeriksaan atau TAT. Sediaan yang kurang baik misalnya terdapat lipatan, ketebalan irisan tidak seragam, pewarnaan tidak homogen, atau munculnya artefak teknis dapat menghambat proses pembacaan oleh patolog (Jeyapal *et al.*, 2021). Ketika patolog mengalami kesulitan dalam mengevaluasi struktur jaringan akibat masalah teknis tersebut, laboratorium harus melakukan langkah tambahan seperti pemotongan ulang, pewarnaan ulang, atau bahkan pemrosesan ulang sampel. Proses reproses inilah yang secara langsung berkontribusi pada meningkatnya waktu penyelesaian pemeriksaan. Fraggetta *et al.* (2021) menegaskan bahwa setiap kesalahan teknis pada tahapan histologi berpotensi memperpanjang alur kerja laboratorium secara signifikan. Permasalahan seperti irisan yang terlalu tebal, jaringan yang terlipat, atau kualitas pewarnaan yang buruk dapat mengganggu jadwal pembacaan dan pelaporan hasil, terutama pada laboratorium dengan beban kerja tinggi. Pada pelayanan klinis, peningkatan TAT bukan hanya berdampak pada efisiensi laboratorium, tetapi juga pada proses pengambilan keputusan klinis pasien.

Pada kasus-kasus keganasan, termasuk kanker prostat, *Turn Around Time* (TAT) yang terlalu lama dapat menunda penentuan terapi yang tepat seperti

prostatektomi, terapi hormonal, atau radioterapi (Desai dkk, 2021). Keterlambatan ini dapat memengaruhi prognosis pasien serta menghambat percepatan pengobatan. Oleh karena itu, pemenuhan standar kualitas teknis sediaan histopatologi menjadi aspek yang sangat penting dalam menjaga ketepatan waktu pelaporan hasil. Dengan kata lain, semakin baik kualitas teknis sediaan, semakin besar kemungkinan TAT tercapai sesuai standar pelayanan laboratorium patologi anatomi.

Penelitian Browning *et al.* (2024) menunjukkan bahwa penilaian kualitas sediaan histopatologi menggunakan sistem AI “*PathProfiler*” mampu mendeteksi artefak secara lebih cepat dan akurat, sehingga mengurangi kebutuhan pembuatan ulang *slide* dan meningkatkan efisiensi alur diagnostik. Hasil serupa diperkuat oleh Jurgas *et al.* (2024) yang menemukan bahwa metode deteksi artefak melalui teknik *artifact-augmentation* efektif meningkatkan *quality control* pada *whole-slide images*, sehingga mencegah *slide* berkualitas rendah masuk proses pemeriksaan dan berpotensi mempercepat penyelesaian kasus. Patil *et al.* (2023) juga menegaskan pentingnya kontrol kualitas yang terstruktur melalui pendekatan *human-in-the-loop*, karena intervensi manusia dalam validasi *slide* digital terbukti meningkatkan konsistensi kualitas sediaan dan mengurangi kesalahan teknis yang dapat memperpanjang TAT. Pada aspek proses laboratorium, Harris dkk. (2023) menunjukkan bahwa perbaikan protokol preparasi jaringan mampu menurunkan jumlah *slide* yang harus diulang dan menstabilkan TAT, menegaskan bahwa kualitas sediaan sangat memengaruhi kecepatan hasil histopatologi. Temuan ini sejalan dengan audit Hettiarachchi dan de Silva (2022/2023), yang melaporkan bahwa variasi kualitas preparasi, artefak teknis, serta kebutuhan pembuatan ulang

slide merupakan faktor signifikan yang menyebabkan keterlambatan TAT pada layanan histopatologi. Secara keseluruhan, rangkaian penelitian ini konsisten menunjukkan bahwa kualitas sediaan histopatologi memiliki hubungan erat dengan TAT, karena kualitas yang buruk akan menimbulkan proses ulang dan memperpanjang waktu penyelesaian diagnosis.

E. Faktor Penghambat Kualitas Sediaan Histopatologi dan *Turn Around Time*

Kualitas sediaan histopatologi dan ketepatan TAT merupakan dua aspek yang saling berkaitan dalam pelayanan patologi anatomi. Berbagai faktor penghambat dapat memengaruhi kedua aspek tersebut, baik pada tahap pra-analitik, analitik, maupun pasca-analitik. Pada tahap pra-analitik, kendala yang sering terjadi meliputi keterlambatan fiksasi jaringan setelah pengambilan spesimen, kesalahan identifikasi sampel, serta informasi klinis yang tidak lengkap. Penundaan fiksasi dapat menyebabkan autolisis dan degradasi jaringan sehingga struktur histologis menjadi kurang jelas dan berpotensi menurunkan kualitas sediaan. Selain itu, ukuran jaringan yang tidak sesuai atau penggunaan volume fiksatif yang tidak adekuat dapat menghambat penetrasi formalin secara optimal (Wijayati & Ayuningtyas, 2021).

Pada tahap analitik, kualitas sediaan sangat dipengaruhi oleh proses pemrosesan jaringan di laboratorium. Kendala seperti gangguan pada *tissue processor*, kualitas parafin yang kurang optimal, serta ketajaman pisau mikrotom yang menurun dapat menimbulkan artefak berupa lipatan, robekan, kompresi jaringan, maupun ketebalan irisan yang tidak seragam. Variasi pada proses pewarnaan, termasuk konsentrasi reagen yang tidak stabil dan waktu pewarnaan

yang tidak konsisten, juga dapat menghasilkan pewarnaan yang tidak homogen dan menyulitkan interpretasi mikroskopik. Kondisi tersebut sering kali menyebabkan kebutuhan pemotongan ulang atau pewarnaan ulang slide yang secara langsung berkontribusi terhadap perpanjangan TAT (Utami *et al.*, 2025).

Selain faktor teknis, keterbatasan sumber daya manusia dan tingginya beban kerja laboratorium menjadi hambatan penting. Jumlah tenaga analis dan dokter patologi anatomi yang tidak seimbang dengan volume sampel dapat memperlambat proses pemrosesan jaringan, pembacaan slide, serta pelaporan hasil. Gangguan peralatan laboratorium, keterbatasan fasilitas otomatisasi, serta kurangnya pemeliharaan alat juga dapat menyebabkan penundaan pada berbagai tahapan pemeriksaan (Sebayang *et al.*, 2023).

Pada tahap pasca-analitik, keterlambatan verifikasi hasil, proses pelaporan yang masih manual, serta kendala pada sistem informasi laboratorium turut memengaruhi ketepatan waktu penyelesaian pemeriksaan. Selain itu, koordinasi antar unit pelayanan dan komunikasi antara klinisi dengan laboratorium yang kurang optimal dapat memperpanjang waktu distribusi hasil kepada pasien (Lestari & Mulyawati, 2025).

Secara keseluruhan, berbagai faktor penghambat tersebut menunjukkan bahwa kualitas sediaan histopatologi memiliki hubungan erat dengan TAT. Sediaan dengan kualitas yang kurang baik cenderung memerlukan proses ulang sehingga memperpanjang alur diagnostik. Oleh karena itu, pengendalian mutu pada setiap tahapan pemeriksaan histopatologi menjadi sangat penting untuk menjaga akurasi diagnosis sekaligus memastikan TAT tetap sesuai standar pelayanan laboratorium, termasuk pada fasilitas pelayanan kesehatan seperti RSUD Wangaya sebagai lokasi